

LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES
ET LES HOMMES

JEAN TALBOT

PROFESSEUR HONORAIRE À L'UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE (PARIS VI)
ANCIEN DIRECTEUR DE L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE CHIMIE DE PARIS

LES
ÉLÉMENTS
CHIMIQUES
ET LES
HOMMES

*FAITS,
TRAITS ET PORTRAITS
DES ACTEURS DE LA DÉCOUVERTE
DES CORPS SIMPLES DE LA CHIMIE*

SIRPE éditeur, Paris
MCMXCV

ISBN 2-906643-09-2

Édité par SIRPE, 76 rue de Rivoli, F-75004 Paris

Imprimé en France par l'Imprimerie Nouvelle, 45800 Saint-Jean-de-Braye

N° Imprimeur : 26766. N° Editeur : 10. Dépôt légal : 2^{ème} trimestre 1995

© SIRPE, Paris, 1995

Tous droits, en particulier celui de la traduction en toute langue étrangère, réservés. Toute reproduction, même partielle, de cet ouvrage est interdite sans l'autorisation expresse de l'éditeur. Toute copie ou reproduction par quelque procédé que ce soit, photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constituerait une contrefaçon passible des peines prévues par la Loi du 11 mars 1957 sur la protection des droits d'auteur.

AVANT-PROPOS

À L'OCCASION D'UN CONGRÈS, d'un colloque ou d'une journée d'étude, je ne sais plus exactement, je me trouvai un jour amené à prendre la parole pour remercier les auditeurs d'avoir choisi de participer à nos travaux dont ils avaient pu mesurer tout l'intérêt et les perspectives qu'ils offraient pour l'organisation d'un nouveau congrès, d'un colloque ou d'une journée d'étude, sur un sujet qui s'imposait de lui-même.

Les participants étaient pour la plupart des métallurgistes et des spécialistes des études sur la corrosion métallique, on dit quelquefois des corrosionnistes, connaissant parfaitement leur discipline, qu'il s'agisse d'ingénieurs, d'universitaires ou de chercheurs.

Revenons à ce colloque. Plutôt que de faire, comme il est coutume, une analyse des beaux travaux qui avaient été présentés, je choisis de raconter des anecdotes en rapport avec notre commune activité, convaincu que cela présente un intérêt certain, même si c'est considéré très souvent comme de la "petite histoire". Est il une meilleure référence que celle de Henry Le Châtelier* qui écrit dans son livre "Leçons sur le carbone" à propos des méthodes pédagogiques de Henri Sainte-Claire Deville* : *« En fait, les anecdotes tenaient une large place et Sainte-Claire Deville prenait prétexte de ces anecdotes, par exemple l'histoire du chien et de l'os ou celle du phosphore noir, pour montrer combien sont nombreuses les circonstances dont dépend le succès de l'expérience chimique, même la plus simple, combien nombreuses sont les causes d'erreurs dans les conséquences que nous tirons de nos expériences »*.

Le Châtelier ajoute : « *Tandis que nous écoutions en souriant ces histoires et les jugions bien peu sérieuses, notre intelligence se trouvait à notre insu façonnée dans un certain moule dont l'empreinte devait subsister pour notre existence entière. C'est le but essentiel de l'enseignement oral ; pour apprendre uniquement les listes de faits, les livres suffisent* ».

Il se trouve que je me suis intéressé depuis près de trente ans au grand chimiste Louis Nicolas Vauquelin* pour une raison qui est toute simple : je suis né dans un village du Calvados situé à quelques kilomètres de Saint-André d'Hébertot où il naquit et passa sa jeunesse. De plus, j'ai toujours admiré l'ampleur et la qualité de ses travaux d'analyste et la grandeur de ses qualités morales. Je fus donc amené tout naturellement à parler du chrome, découvert par Vauquelin, ce métal qui est à la base de la conception des aciers dits inoxydables, et je posais la question : Est-il nécessaire de vous demander qui a découvert le chrome ? Personne parmi ces spécialistes de l'anticorrosion ne put me donner la réponse qui convenait, à mon grand étonnement. L'expérience répétée dans d'autres assemblées de corrosionnistes aboutit au même résultat.

C'est un fait, on connaît bien des choses sur les grands écrivains, les peintres ou les musiciens à qui l'on doit en grande partie la formation de notre culture littéraire ou artistique, mais il est moins dans nos habitudes de nous intéresser à la vie et aux travaux de grands savants qui ont non seulement transmis leur savoir, mais également contribué à rendre meilleure notre condition humaine, qu'il s'agisse de notre vie quotidienne ou de notre santé, et aussi de notre culture. Il ne peut être tenu à l'écart de celle-ci tout ce qui concerne la science et la technique. Au siècle où nous vivons et qui est caractérisé par elles, ce serait ridicule, même si on déplore quelquefois que les découvertes scientifiques aient engendré des conséquences catastrophiques pour l'homme. Mais, n'y a-t-il pas eu des théories socio-philosophiques qui se soient révélées elles aussi catastrophiques pour l'humanité ?

Cette étude a pour objet de passer en revue les éléments actuellement connus et d'indiquer pour chacun d'eux, lorsque la chose est possible, à quelle date, par qui et comment ils ont été découverts. Je ne me suis donc pas fait une obligation pour cet exposé de suivre avec rigueur la classification de Mendéléev*. Cependant, j'ai essayé de tenir le plus grand compte de l'existence des différents groupes et familles d'éléments. Pour chacun des éléments, le symbole et le numéro atomique figurent au début du paragraphe qui le concerne.

Mais ne convenait-il pas de souligner que la connaissance des éléments est inséparable de celle des chimistes qui ont le plus contribué

à nous les faire connaître? Je me propose donc de donner une brève biographie de ceux qui ont pris une part prépondérante dans cette grande œuvre. On trouvera en outre, rassemblé dans un même chapitre, un rappel de la vie des plus grands d'entre eux qui, souvent sans découvrir de nouveaux éléments, ont contribué pour une part essentielle à la conception et à la diffusion des théories nouvelles rendues nécessaires par la découverte même de nouveaux éléments. Leur nom est suivi d'un astérisque dans le texte, qui renvoie à ce chapitre spécial.

Enfin, dans une dernière partie, pour mieux situer le cadre dans lequel travaillaient les chimistes des siècles passés, j'ai rassemblé divers renseignements qui concernent notamment la genèse et le développement de l'enseignement de la chimie dans notre pays ainsi que certaines techniques de laboratoire qui, dès leur naissance, furent particulièrement fructueuses.

Il ne s'agit donc pas ici d'une histoire de la chimie à visée plus ou moins épistémologique. Mais j'ai pensé que ceux qui ont beaucoup fait pour le progrès de nos connaissances méritaient d'être honorés et qu'il convenait que leur nom soit rappelé de temps en temps.

La classification périodique de Mendéléév est un des moments les plus hauts de l'histoire des éléments chimiques. Elle est à la fois la vision holistique de la réalité que constituent tous ensemble les éléments chimiques connus et inconnus et la justification des réflexions et des efforts sans lesquels leur découverte n'aurait pas l'histoire que nous lui connaissons.

Ce bref examen des travaux qui devaient aboutir à cette classification nous a paru fournir le meilleur référentiel pour aborder ici les histoires de la découverte des éléments dans leurs relations réciproques.



1

LA CLASSIFICATION PÉRIODIQUE UN FIL CONDUCTEUR

AU FUR ET À MESURE DE LA DÉCOUVERTE des éléments, le besoin s'est fait sentir d'en établir une classification logique. Déjà, l'existence parmi les éléments de triades comme Cl, Br, I ou Li, Na, K avait été montrée dès 1807 par l'allemand Johann Döbereiner (1780-1849). D'autres triades furent ensuite mises en évidence, puis des regroupements de plus de trois éléments. Ce sont les valeurs du poids atomique et de la densité qui étaient choisies comme critères, notamment par Julius Meyer (1830-1895). Dumas* prit une part importante dans le regroupement des éléments, en particulier des métalloïdes, dont le caractère acide de la plupart des combinaisons oxygénées est très net alors que les métaux donnent naissance à des oxydes basiques. L'analogie des propriétés chimiques avait conduit Dumas à classer les métalloïdes en quatre groupes :

- fluor, chlore, brome, iode,
- oxygène, soufre, sélénium, tellure,
- azote, phosphore, arsenic, antimoine,
- bore, carbone, silicium.

Alexandre Beguyer de Chancourtois (1820-1886) était professeur de géologie à l'école des mines de Paris. Il eut l'idée de placer sur une hélice, tracée sur un cylindre vertical, les symboles des éléments classés par ordre de valeur croissante des poids atomiques. La directrice du cylindre était divisée en seize parties égales, le poids atomique de l'oxygène étant égal à 16. Il observa que Li, Na, K, dont les poids atomiques

* L'astérisque à la suite du nom d'un chimiste renvoie au texte le concernant dans le chapitre 5 "Brèves biographies de chimistes ayant contribué à la découverte des éléments chimiques".

sont respectivement de 7, 23 et 39 se retrouvaient sur une même verticale et O, S, Se et Te sur une autre verticale. Il en déduisit que "les propriétés des substances sont des propriétés des nombres". La "vis tellurique" de Chancourtois, qui commence à introduire l'idée de périodicité, fit long feu. L'anglais John Alexander Reina Newlands (1837-1898) observa en 1864 qu'après des périodes de sept éléments, on retrouvait des propriétés physiques et chimiques voisines. C'était sa "loi des octaves", ainsi appelée par analogie avec les gammes musicales. Son travail fut accueilli ironiquement par la Royal Society. On lui demanda même s'il n'obtiendrait pas semblable résultat en classant les éléments par ordre alphabétique. Et ses travaux tombèrent dans l'oubli.

Julius Lothar Meyer publia en 1858 une "Moderne Theorien der Chemie" dans laquelle figurait sa première table périodique, qui était encore incomplète. En 1868, alors qu'il était professeur à Carlsruhe, il traça la courbe donnant, pour chaque élément, le rapport poids atomique/densité en fonction du poids atomique. La courbe est en dents de scie et les éléments qui ont les mêmes propriétés s'y logent à des emplacements identiques. Il traça d'autres courbes montrant que la fusibilité, la volatilité, la malléabilité, les caractéristiques électrochimiques étaient des propriétés périodiques.

C'est en 1869 que Mendéléev publia son premier travail sur le sujet. Il disposait des 63 éléments alors connus et il conçut un tableau tenant compte de sa conviction que les propriétés des éléments dépendaient d'une manière périodique de leurs masses atomiques. Ce tableau, revu à plusieurs reprises, comportait six colonnes verticales, chacune d'elles correspondant à une "famille" d'éléments présentant entre eux une ressemblance chimique certaine. Dans les séries horizontales se retrouvent les éléments relativement proches par leurs poids atomiques mais dont les propriétés évoluent graduellement.

Mendéléev accompagnait son tableau des commentaires suivants :

- Les éléments disposés d'après la grandeur de leur poids atomique présentent une périodicité des propriétés.
- Les éléments qui se ressemblent par leurs fonctions chimiques présentent des poids atomiques voisins (Pt, Ir, Os) ou bien croissant uniformément (K, Rb, Cs).
- La disposition des éléments ou de leurs groupes d'après la grandeur du poids atomique correspond à leur valence.
- Les corps simples les plus répandus sur la terre ont un poids atomique faible et tous les éléments à poids atomique faible sont caractérisés par des propriétés bien tranchées. Ce sont des éléments typiques.
- La grandeur du poids atomique détermine le caractère de l'élément.
- Il faut s'attendre à la découverte de plusieurs corps simples encore

ÉTAT EN 1869 DE LA CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DE MENDÉLÉEV					
I	II	III	IV	V	VI
			Tl = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104.4	Pt = 197.4
			Fe = 56	Ru = 104.4	Ir = 198
			Ni = Co = 59	Pd = 106.6	Os = 199
H = 1			Cu = 63.4	Ag = 108	Hg = 200
	Be = 9.4	Mg = 24	Zn = 65.2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27.4	? = 68	Ur = 116	Au = 197 ?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sb = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sn = 122	Bi = 210
		O = 16	S = 32	Se = 79.4	Te = 128 ?
	F = 19	Cl = 35.5	Br = 80	J = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85.4	Cs = 133	Tl = 204
		Ca = 40	Sr = 87.6	Ba = 137	Pb = 20
		? = 45	Ce = 92		
		? Er = 56	La = 94		
		? Yt = 60	Di* = 92		
		? In = 75.6	Th = 118 ?		

* Di est la didyme dont on sait que ce n'est pas un élément mais un mélange de Sm, Nd et Pr.

inconnus ressemblant par exemple à Al et Si, et ayant un poids atomique compris entre 65 et 75.

- La valeur du poids atomique d'un élément peut quelquefois être corrigée si l'on connaît ses analogues. Ainsi, le poids atomique de Te n'est pas 128, mais doit être compris entre 123 et 126.

- Certaines analogies des éléments peuvent être découvertes d'après la grandeur du poids de leurs atomes.

Le génie de Mendéléev l'avait conduit, pour tenir compte des propriétés chimiques des couples Ar-K, Co-Ni, I-Te et Th-Pa et aussi des erreurs de mesure de leur masse atomique, à ne pas suivre scrupuleusement l'ordre des masses atomiques alors connues, et surtout à ménager des cases vides pour lesquelles il donnait les propriétés des éléments qui devaient les occuper, à la manière de l'astronome Le Verrier (1811-1877) dont les calculs permirent la découverte, en 1846, de Neptune. Cette hypothèse se révéla tout à fait justifiée puisque le gallium (découvert par Lecoq de Boisbaudran en 1875) correspondait exactement à son "éka-aluminium"¹, le scandium (découvert en 1879 par Nilson) à son "éka-bore" et le germanium (en 1886 par Winckler) à son "éka-sili-

1. En sanskrit, "éka" signifie "un" et "dvi", "deux".



DIMITRI IVANOVITCH MENDELÉEV (1834-1907).

cium". Les trois autres éléments manquants sont l'"éka-manganèse" (le technécium, produit artificiellement par Perrier et Segré), le "dvi-manganèse" (le rhénium, découvert par Noddack, Tacke et Berg) et l'"éka-tantale" (le polonium, découvert par Marie Curie). Pour que l'iode soit sur la même ligne que F, Cl et Br, le tellure est placé avant lui. Te est alors situé sur la même ligne que O, S et Se avec lesquels il a des analogies chimiques. La connaissance de la structure électronique des atomes a permis par la suite de justifier cette entorse à la règle. Lord Rutherford of Nelson montra en 1913 que le classement des éléments suivant leur nombre d'électrons était identique à celui proposé par Mendéléev.

Il y eut des controverses sur le nom de celui qui avait permis l'obtention d'une classification cohérente. Le travail de Meyer qui, le premier, faisait intervenir les poids atomiques, date de 1868, et est donc antérieur à celui de Mendéléev. Des retards dans l'édition firent qu'il ne parut qu'en 1870, c'est à dire postérieurement à celui de Mendéléev. Il n'y a cependant pas de doute sur les prévisions géniales du savant russe ni sur le fait que la connaissance plus précise de la structure de l'atome a donné plus de force encore à ses travaux et à leurs conséquences.

Dans sa conception actuelle, la classification périodique comporte des groupes ou colonnes constitués par des familles, c'est à dire par des éléments ayant des propriétés chimiques voisines (par exemple la famille des métaux alcalins Li, Na, K, Rb, Cs, Fr) et des périodes, lignes horizontales qui vont de la colonne I des alcalins à celle des gaz inertes ou gaz rares. Le numéro atomique Z d'un élément est le nombre total des électrons qui gravitent autour de son noyau.

Les électrons sont répartis en couches successives K, L, M, N qui comportent respectivement au maximum 2, 8, 18 et 32 électrons.

Lorsque la couche externe est saturée, il s'agit d'un gaz inerte ou gaz rare. Ces gaz, qui sont monoatomiques, occupent la dernière colonne de droite de la classification. On l'appelle colonne 0 car elle a été inscrite en dernier lieu. L'élément qui suit un gaz inerte se situe dans la première colonne de gauche de la classification et ouvre une nouvelle période dans laquelle chaque élément gagne un électron périphérique quand on passe d'une colonne à la suivante. Ainsi, le néon $Z = 10$ ($K = 2$, $L = 8$) est suivi par le sodium $Z = 11$ ($K = 2$, $L = 8$, $M = 1$), lui-même suivi par le magnésium $Z = 12$ ($K = 2$, $L = 8$, $M = 2$). Les propriétés d'un élément sont en relation directe avec la configuration de sa couche électronique externe. C'est ce qui explique la grande stabilité des gaz inertes dont les atomes possèdent une couche externe saturée. Dans une colonne, tous les éléments ont le même nombre d'électrons sur la couche périphérique. Dans la colonne suivante, ils possèdent un électron de plus sur cette couche. Ainsi, Li, Na et K ont un électron sur la couche périphérique et Be, Mg et Ca en ont deux.

La plus grande partie des éléments qui constituent la classification périodique sont les métaux, c'est à dire des éléments dont les caractéristiques principales sont leur éclat métallique, leur structure, leur bonne conductibilité électrique et thermique, leur ductilité et leur malléabilité. Ils sont situés à gauche et au centre de la classification. Depuis la colonne du scandium jusqu'à celle du zinc inclusivement, répartis en trois séries complètes de dix éléments chacune (numéro atomique de 21 à 30, de 39 à 48 et de 57 à 80), on trouve les métaux de transition qui sont caractérisés, pour beaucoup d'entre eux, par leurs couches électroniques internes incomplètes, par la couleur de leurs composés et par leurs propriétés magnétiques. Les quatorze éléments des terres rares ou lanthanides (numéro atomique 58 à 71) sont classés à part car leur structure électronique correspond au remplissage progressif d'un sous-niveau resté vide. Il en est de même pour les actinides et transuraniens (numéro atomique 90 et au delà).

Les éléments, beaucoup moins nombreux, situés à droite de la classification ne possèdent pas les propriétés métalliques. Ce sont les "non-métaux". Il existe également des éléments dont les propriétés se classent entre celles des métaux et des non-métaux, et qui prennent place dans la classification entre ces deux catégories d'éléments. On les appelle "éléments intermédiaires" ou quelquefois "métalloïdes", terme qui était précédemment utilisé pour désigner tous les éléments autres que les métaux, et dont l'emploi n'est pas recommandé. Il s'agit de Si, Ge, As, Se, Sb et Te. Cette distinction entre éléments dépend des conditions de température et de pression, au moins pour certains d'entre eux: le phosphore, par exemple, est conducteur sous haute pression.

CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS (NUMÉRO ATOMIQUE ET SYMBOLE)

GROUPE →	Ia	IIa	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	VIII	IB	IIb	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	0		
PÉRIODE ↓																		
1	1 H															2 He		
2	3 Li	4 Be										5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg										13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	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
5	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
6	55 Cs	56 Ba	57 La	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
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Unq	105 Unp	106 Seaborgium	107 Nielsbohrium	108 Hassium	109 Meitnerium	110 ?	111 ?							
				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	71 Lu	
				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	103 Lr	

LA CLASSIFICATION PÉRIODIQUE - UN FIL CONDUCTEUR

Le pharmacien Döbereiner était le fils d'un cocher et avait appris la chimie en partie dans les pharmacies, en partie à l'Université. Il avait acquis une grande réputation d'homme et de scientifique qui lui valut d'être nommé en 1810 professeur extraordinaire de chimie à l'université d'Iéna et de gagner l'estime du Grand-Duc et de Goethe. Il montra en 1823 le rôle catalytique du platine.

Newlands était le fils d'un pasteur. Il fit ses études au Royal College of Chemistry. Sa mère étant italienne, il s'engagea sous Garibaldi, participa à la libération de l'Italie et revint en Angleterre où il fut chimiste dans une raffinerie de sucre.

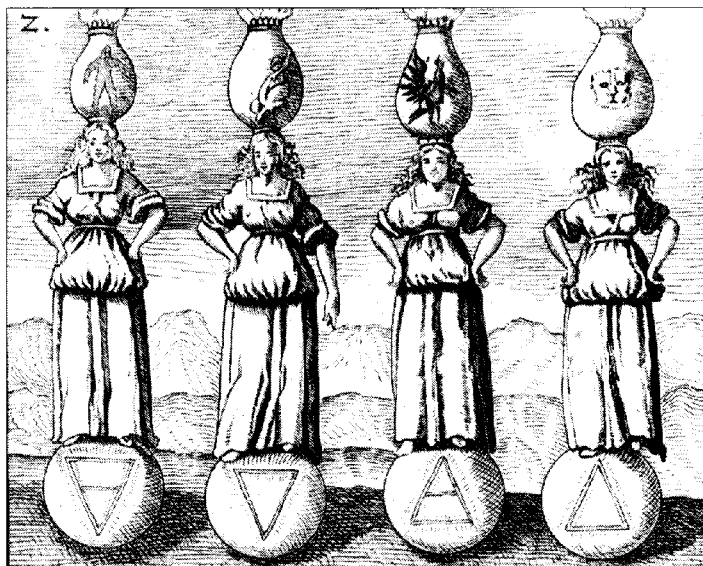
Fils d'un physicien et d'une mère qui travaillait au laboratoire avec son époux, Meyer naquit à Varel-sur-Jade dans le Grand-Duché d'Oldenbourg. Bien qu'il ait obtenu le titre de docteur en médecine en 1854 à l'Université de Würzburg, il était très attiré par la recherche scientifique. Il se rendit donc à Heidelberg, bénéficia des enseignements de Kirchhoff et, en 1858, fut nommé privat-docent de physique et de chimie à Breslau. Il montra que l'oxygène et le gaz carbonique du sang y donnent des combinaisons dissociables. Meyer finit sa carrière comme professeur puis recteur de l'université de Tübingen. Il était célèbre et de nombreux étudiants et étrangers travaillèrent dans son laboratoire.

Le tableau périodique des éléments qui est présenté ici ne mentionne que le symbole des éléments et leur numéro atomique. Ceux-ci sont rappelés au début du paragraphe qui concerne chaque élément. Leur masse atomique est indiquée dans l'index des éléments p. 225.



2

DE L'ANTIQUITÉ AU XVII^{me} SIÈCLE: LA LONGUE MARCHÉ



SYMBOLES ANTIQUES DES QUATRE ÉLÉMENTS.
De gauche à droite : la terre, l'eau, l'air et le feu.

LORSQUE LE JEU CONSISTAIT À OBTENIR et à transformer la matière sans chercher à comprendre les processus. 6000 ans avant Jésus-Christ, il s'agissait déjà de chimie, en particulier de métallurgie ou "art du feu". Toutes les hypothèses faites sur l'origine du mot "chimie" confirment cette référence aux métaux. Il viendrait d'"alchimie" dérivant lui-même de l'arabe *al kimiya*. Ce mot aurait une origine soit grecque *χυμη* (fusion du métal), soit égyptienne *chemi* (plomb fondu), soit chinoise *chip-i* ou *kim la* (jus d'or).

Homère, cinq siècles avant J.-C., et un siècle plus tard Empédocle (environ 490-435 avant J.-C.), Platon (428-348 av. J.-C.) et Aristote (384-322 av. J.-C.), proclamèrent l'existence de quatre éléments: air, eau, terre et feu. Le sens du mot élément à cette époque n'a évidemment aucun rapport avec celui qu'on lui donne actuellement. Durant le moyen âge, les substances furent classées en fumées, esprits, eaux, huiles, pierres, ce qui n'apporta rien d'important à la chimie mais

GEBER L'ALCHIMISTE (VIII^{ème} siècle).

témoigne d'une sensibilité à "l'état de la matière". Par contre, différentes opérations, comme la distillation, la calcination, la sublimation, réalisées au laboratoire, prirent de plus en plus de place dans les mains des expérimentateurs. Tout cela était d'une très grande importance en donnant à ceux-ci une inestimable connaissance de la matière et commençait à annoncer la naissance de la chimie.

Jabir Ibn Hayyan (Geber l'alchimiste, vers 776) fit une classification des minéraux. Elle comprenait les cinq "esprits", ou substances qui peuvent se volatiliser par le feu (soufre, arsenic, mercure, ammoniac et camphre), ensuite les sept substances métalliques qui peuvent être déformées par martelage (argent, cuivre, étain, fer, or, plomb et karsini qui serait peut-être le bronze), enfin les corps minéraux qui résistent ou non au feu mais qui sont pulvérisés par martelage.

Il ne faut pas ignorer l'apport aux sciences et aux techniques des peuples du Moyen-Orient, notamment dans le domaine de la métallurgie dans lequel ils eurent souvent une grande influence sur les savants des pays européens. On peut même dire que, après la naissance du Prophète, les Arabes, qui étaient installés de l'Espagne aux Indes, reprirent pour quelques siècles le flambeau de la science et de la technique quelque peu abandonné par les grecs et les romains. L'orientaliste Louis Sédillot (1808-1875) écrivit: « *On ne peut citer aucun expérimentateur chez les Grecs alors qu'on les compte par centaines chez les Arabes* ».



PHILIPPE THÉOPHRASTE PARACELSE BOMBAST DE HOHENHEIM (1493-1541).

Puis, au XVI^{ème} siècle, l'alchimie ajouta trois nouveaux "éléments principes" aux quatre précédents. Ce choix manifestait une connaissance des états physiques et des propriétés générales de la matière. Ainsi, le mercure symbolisait la propriété métallique et l'état liquide, le soufre la combustion et le sel la solubilité.

Paracelse (1493-1541), de son vrai nom Bombast de Hohenheim, médecin et alchimiste suisse dont on a dit qu'il fut le titulaire de la première chaire de chimie créée dans le monde, à Bâle en 1527, alors qu'il s'agissait sans doute d'une chaire de médecine et de physique, personnage éminent, joua un rôle essentiel à cette époque et contribua très largement au passage progressif de l'alchimie vers la chimie. Il aurait donné de la chimie cette définition: «l'art qui, par la résolution des mixtes, en sépare le pur de ce qui est impur». C'est lui qui créa la "chimiatrie" ou "iatrochimie", du grec ιατρος (médecin). Il s'agit de la théorie médicale qui fonde toute thérapeutique sur l'action chimique des médicaments. Nos organes sont sensibles aux éléments et aux "éléments principes". Cette théorie fut chassée par l'"animisme" de Georg Ernst Stahl (1650-1734), dont on reparlera à propos de la théorie du "phlogistique" qui fait de l'âme le principe des phénomènes biologiques, qu'ils soient normaux ou pathologiques. La chimiatrie reprit toute son importance avec Lavoisier* (1743-1794) grâce à l'assimilation qu'il faisait de la respiration à la combustion.

Paracelse était un personnage haut en couleurs. Il visita pratiquement tous les pays d'Europe, mais aussi l'Égypte et la Turquie. A trente ans, il avait déjà fait des guérisons considérées comme miraculeuses. Il écrivit plus de 350 textes en suisse-allemand, alors que l'habitude voulait que ce fut en latin. Ils étaient destinés aux médecins afin de les inciter à étudier la chimie pour extraire les parties les plus actives des substances naturelles, animales, végétales ou minérales. Il avait un langage très cru et, dit-on, ne montait jamais en chaire sans être à moitié ivre. Il mourut à Salzbourg le 24 septembre 1541.

LES MÉTAUX ET LES NON-MÉTAUX ANCIENS

On admet maintenant qu'à la fin du XVII^{ème} siècle, douze éléments étaient connus, pour la plupart depuis l'antiquité. Il n'est pas possible de donner les noms de ceux qui ont contribué à leur découverte. Quelques renseignements peuvent cependant être fournis à leur sujet. Ces douze éléments étaient :

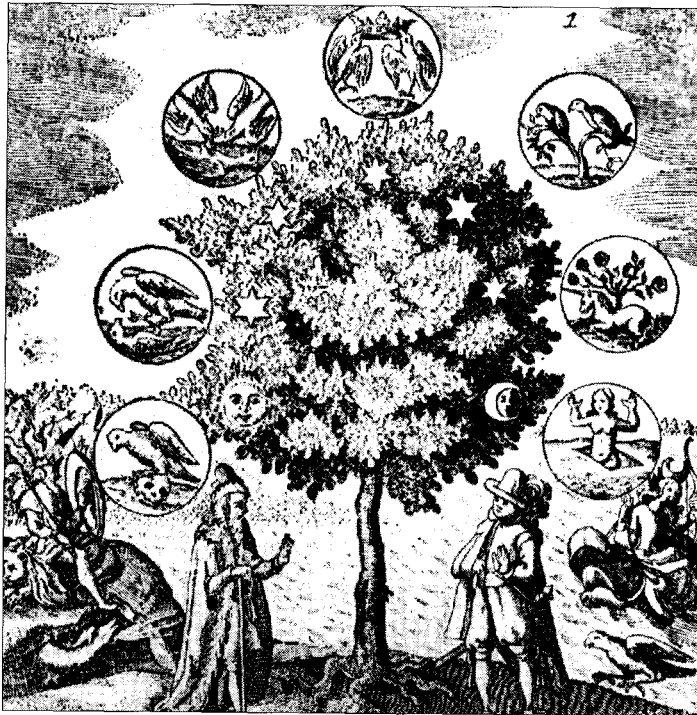
	ÉLÉMENT	NOM ¹
Métaux :	Argent	<i>Lune</i>
	Cuivre	<i>Vénus</i>
	Étain	<i>Jupiter</i>
	Fer	<i>Mars</i>
	Mercure	<i>Mercure</i>
	Or	<i>Soleil</i>
	Plomb	<i>Saturne</i>
Non-métaux :	Antimoine	
	Arsenic	
	Carbone	
	Phosphore	
	Soufre	

1. Noms prêtés par les Chaldéens aux métaux montrant la référence sacrée attachée à la matière.

LES MÉTAUX ANCIENS

Argent

Ag (47). Le nom de ce métal a pour origine le mot latin *argentum* qui vient du grec *αργυρος* (argent), lequel dérive de *αργος* (blanc). Il est rarement présent dans la nature à l'état non combiné. Des blocs pesant 800 kg ont toutefois été découverts au Pérou. Le minerai principal est le



LES SEPT MÉTAUX SYMBOLISÉS.

sulfure, souvent combiné au sulfure de plomb. Le caractère inoxydable de l'argent, qui explique son utilisation pour la fabrication des pièces de monnaie, rend assez simple son extraction qui se fait par cyanuration ou par coupellation. Cette opération consiste à chauffer à l'air le minerai Ag-Pb dans une coupelle d'os aggloméré. Pb s'oxyde en PbO qui est absorbé par la coupelle poreuse et Ag reste inaltéré. En Egypte, vers 1350-1450 avant J.-C., l'argent était plus rare et plus cher que l'or.

Selon l'historien latin Publius Annacus Florus (1^{er} siècle), l'argenterie était connue 120 ans avant J.-C. Alésia était considérée comme la capitale des bronziers-argenteurs. Ceux-ci utilisaient l'amalgame d'argent. Au XVIII^{ème} siècle, à Sheffield, Thomas Bollover réussit le placage d'argent par "colaminage" de cuivre entre deux feuilles minces d'argent. La loi de brumaire, dans son article 14, imposa aux fabricants d'objets en argent, ou plaqués, de les poinçonner avec indication de la teneur en argent.

La photosensibilité du chlorure d'argent rendit possible, au XIX^{ème} siècle, l'invention de la photographie par Nicéphore Niepce (1765-1833) et Louis Daguerre (1789-1851), le premier n'ayant cependant pas connu la fixation de l'image obtenue.

Cuivre

Cu (29). Il se trouve à l'état natif, en particulier en Égypte et en Amérique du Nord dans la région des grands lacs. Connu par les Égyptiens 4000 ans avant J.-C., il était extrait principalement dans l'île de Chypre dont le nom vient de "cyprès", arbres qui y poussent en grand nombre. C'est peut-être la raison pour laquelle le métal fut appelé *cyprium* puis *cuprum* et cuivre. Auparavant, les grecs le nommaient χαλκος (*calcos*). Dans la traduction latine de la Bible, la Vulgate, on le désigne sous le nom de *aes* (airain). En fait, ces deux noms se rapportent non pas au cuivre mais à ses alliages, le bronze ou airain (Cu-Sn), et le laiton ou cuivre jaune (Cu-Zn). On pense généralement que l'origine du bronze est le fruit du hasard. Cet alliage fut très utilisé, ce qui conduisit les historiens à appeler "âge de bronze" la période allant d'environ 1800 à 700 avant notre ère.

Les principaux minerais de cuivre sont des sulfures, notamment la chalcopryrite ou pyrite cuivreuse. La belle couleur du métal et de ses alliages, même lorsqu'ils sont superficiellement corrodés avec formation de malachite $\text{CuCO}_3\text{-Cu(OH)}_2$, le vert de gris, a toujours eu pour effet d'inciter les artistes et les artisans à en faire une très large utilisation.

Étain

Sn (50). On le rencontre rarement à l'état natif. Il est connu depuis la plus haute antiquité, mais il a souvent été confondu avec le plomb. Les auteurs anciens l'appelaient *plumbum album*, plomb blanc, *stannum*, mot latin qui a donné le symbole Sn, ou "cassitéros". Ce dernier nom rappelle, selon les uns, les îles Cassitérides, hypothétiques îles britanniques, selon les autres des territoires situés "au delà de la Méditerranée, vers l'ouest". Il s'agit de l'Espagne et de la Bretagne, où les Phéniciens allaient chercher ce métal. Au début de notre ère, l'étain était toujours appelé *plumbum album* et le plomb *plumbum nigrum*, plomb noir. Son seul minerai est l'oxyde d'étain SnO_2 , la cassitérite.

Les latins attribuent aux Bituriges Vivisci, Gaulois d'Aquitaine, la découverte de l'art d'étamer par le feu, pour protéger "au trempé" dans l'étain fondu, le cuivre des ustensiles de cuisine contre la formation de "vert de gris", ou le fer contre la rouille, mais aussi pour la fabrication de miroirs et... de fausse monnaie! En fait, il est vraisemblable que la technique avait été amenée jusqu'en Gaule par les grandes invasions d'Asie. On en trouve d'ailleurs des preuves du Caucase à l'Himalaya. La fabrication du "fer blanc" a vraisemblablement été créée à Nuremberg au XIV^{ème} siècle. La technique fut tenue secrète dans les forges de Saxe. C'est René Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757), célèbre métal-



UNE FONDERIE DE CUIVRE AU XVI^{ème} SIÈCLE.

lurgiste et bien connu pour son thermomètre à alcool (1730), qui redécouvrit la technique de fabrication et la diffusa en France.

Fer

Fe (26). Son nom qui vient du latin *ferrum* s'écrivait également "ferr" au moyen âge. Il n'existe pas à l'état libre sur la terre. Par contre, il se trouve à l'état natif dans les météorites où il est toujours accompagné de nickel et de cobalt. Les Sumériens lui attribuaient une valeur supérieure à celle de l'or. Il apparaît très tard dans la métallurgie, longtemps après l'or, le cuivre et ses alliages. Les Égyptiens fabriquaient des objets en fer 25 siècles avant J.-C., mais ce métal était déjà utilisé en Chine. Par suite de sa corrodabilité, il est rare de découvrir des objets en fer datant de la plus haute antiquité alors qu'on en trouve en or, argent ou cuivre et leurs alliages. De plus, les difficultés rencontrées pour le travailler ont retardé son utilisation. Cependant, on connaissait la grande dureté du fer et même l'intérêt de la trempe de l'acier, alliage fer-carbone connu en Grèce 500 ans avant J.-C. D'après Littré, le mot acier fut utilisé dès le XI^{ème} siècle dans le Roman de Renard. Il vient du latin "acies" (pointe, tranchant).

On connaît les aimants depuis toujours. Plusieurs origines sont proposées pour le nom qu'ils ont reçu. Il viendrait du terme grec μαγνησ (magnes). C'est ainsi que s'appelait un berger qui, conduisant son troupeau sur le mont Ida, aurait été bloqué au sol par les clous de ses chaussures et le fer de sa houlette attirés par des pierres magnétiques. Magnes, ou pierre d'aimant, pourrait tirer son nom de celui de l'île grecque Magnésie qui en contient beaucoup. On dit aussi qu'un aimant naturel est une pierre attirant le fer, donc "aimant" le fer, *adamentum* en latin.

Référence est faite au fer dans les livres de Moïse et dans l'Odyssée. L'âge de fer se situe entre 700 et 50 avant J.-C. Dans la Bible, Job dit: «*Oh, mes paroles sont maintenant écrites. Elles sont maintenant imprimées dans un livre. Elles sont gravées avec une plume de fer*».

Le fer a souvent été utilisé comme symbole pour admirer ou vilipender ce qu'il met à la disposition de l'homme. Dans son livre "Le Savoir... Fer", Jacques Corbion donne des extraits de textes quelquefois anciens, qui disent ce que l'on peut penser du fer. En voici quelques exemples :

— Le fer est souvent pris comme symbole de robustesse, de dureté, d'opiniâtreté, de rigueur excessive, d'inflexibilité, ce que les qualités physiques du métal ne confirment d'ailleurs qu'incomplètement. Tant dans la tradition biblique que dans la Chine ancienne, le fer s'oppose au



CRIBLAGE DES MINÉRAIS AU XVI^{ème} SIÈCLE.

cuivre ou au bronze, comme métal vulgaire au métal noble, comme l'eau au feu, le nord au sud, le noir au rouge, le yin au yang.

— La vulgarité de ce métal n'est pas une notion constante : le fer a eu au contraire chez de nombreux peuples une valeur sacrée, soit que, d'origine météorique, il ait été considéré comme tombé du ciel, soit que, d'origine terrestre, il confirme les données de l'embryologie traditionnelle.

— Le fer a régné pendant des millénaires. Le fer, c'est l'arme, l'outil ; davantage l'arme que l'outil ? Le fer a été accusé de nationalisme et d'impérialisme.

— Martial Deherrypon écrit en 1890 dans son livre "Les merveilles de la chimie" : *« Lorsque le fer n'existait pas encore, la race humaine était physiquement et moralement dans l'état le plus misérable ; elle était également peu nombreuse car la nature, qui fonctionne toujours dans un ordre et un équilibre parfaits, ne saurait accorder une grande fécondité à une espèce animale sans lui reconnaître à l'avance des aptitudes et des ressources suffisantes pour assurer sa conservation ».*

— L'importance du fer dans la civilisation islamique se retrouve dans le chapitre coranique 57 : *« Dieu envoya sur terre le fer dans lequel réside une force sacrée et une grande utilité pour le genre humain ».*

— En 1937, dans la préface de l'album édité par l'Office Technique pour l'Utilisation de l'Acier (OTUA) à l'occasion de l'Exposition Internationale des Arts et Techniques, Paul Valéry (1874-1946) commençait ainsi son texte: « *Que serions nous sans l'acier? (...) L'acier affûte, coupe, fend, fraise, lie, lime, perce, pince, rabote, scie, taraude, vrille, il vibre, il s'aimante, il se tend, il contient, soutient, retient* ».

La critique la plus vive qui est faite au fer réside dans son aptitude particulière à se corroder assez rapidement au contact d'une atmosphère humide, avec formation de rouille. Cette propriété a eu pour effet de susciter de nombreux travaux sur sa protection contre la corrosion, qu'il s'agisse de revêtements, de procédés métallurgiques ou électrochimiques. Il existe toutefois une construction en fer qui résiste très bien à la corrosion depuis son érection qui date probablement du IV^{ème} siècle: c'est la colonne de Delhi, en Inde, dont la surface est simplement un peu ternie. Dressée sous le règne du roi Varman, cette colonne a la forme d'un fût de 7,50 m de haut. Les Indiens avaient déjà, à cette époque, une bonne connaissance de l'élaboration du fer. La réduction du minerai au charbon de bois permettait d'obtenir un métal très pauvre en soufre, ce qui expliquerait la bonne tenue à la corrosion de la colonne. Il est cependant vraisemblable que l'absence de pollution de l'air ambiant et aussi la nature du climat local, qui a pour effet d'empêcher la condensation de vapeur d'eau à la surface du fer, suffisent à interpréter le phénomène.

Mercure

Hg (80). Dans l'antiquité, les chinois et les indiens le connaissaient. Il a été retrouvé dans des tombeaux égyptiens datant de 1500 à 1600 ans avant J.-C. L'existence de ce métal, qu'il appelait argent liquide, est signalée par Théophraste d'Erèse (372-287 av. J.-C.), disciple de Platon puis d'Aristote qui l'avait surnommé le "divin parleur". Il s'intéressait surtout à la botanique. Dans le premier siècle de notre ère, le grec Dioscorides appela ce métal $\nu\delta\rho\rho\gamma\gamma\rho\sigma$ de $\nu\delta\omega\rho$ (eau) et $\alpha\rho\gamma\gamma\rho\sigma$ (argent), ce qui donna *hydrargyrum* en latin et le symbole Hg. Pline (23-79) distingua le mercure extrait du cinabre, sulfure rouge HgS, du mercure natif qu'il nomma *argentum vivum*, d'où le nom de vif argent en français et de *quecksilber* en allemand. Mais, les alchimistes ayant consacré le nom de "mercure", celui-ci a été conservé en français. La racine *hydrargyrum* se retrouve encore dans le mot "hydrargyrisme" ou "hydrargie" qui désigne toujours l'intoxication par les préparations mercurielles.

Le mercure était utilisé dès l'antiquité pour l'argenterie, la dorure ou la récupération des métaux correspondants. C'était l'amalgamation. Mais pour les alchimistes, c'est dans la conception de la vie qu'il jouait



REPRÉSENTATION ALLÉGORIQUE
DE L'ATTAQUE DE L'OR PAR L'EAU RÉGALE.

un grand rôle : l'un des principes des métaux et de tous les êtres. Pour certains, le cinabre n'était autre que la pierre philosophale, substance qui permettait de transmuter en or les métaux courants et ainsi de procurer la richesse. Pour d'autres, cette propriété était celle du soufre.

Or

Au (79). Ce nom vient du latin *aurum*. L'or se rencontre dans la nature presque uniquement à l'état natif. C'est un métal très répandu dans tous les points du globe, mais rarement en blocs de grand volume. On en a cependant trouvé qui pesaient près de 100 kg. Il est le plus souvent disséminé dans des filons de quartz, dans des schistes argileux et dans des alluvions qui proviennent de la désagrégation de ces roches. Les alchimistes le comparaient au soleil, ce monde d'or suivant leurs croyances, et lui attribuaient de grandes vertus. C'est la raison pour laquelle ils tentèrent la transmutation en or des autres métaux. En fait, ils ne croyaient pas vraiment à cette transmutation. L'un d'eux a écrit : *« Il (l'or de transmutation) ne réjouit pas le cœur de l'homme, il ne guérit pas la lèpre et il irrite les plaies, toutes choses que ne fait pas l'or ordinaire. Leur or n'avait que la couleur, l'éclat et le nom d'or ».*

Plomb

Pb (82). Ce nom vient du latin *plumbum*. Souvent confondu avec l'étain (*plumbum album*), c'est le *plumbum nigrum*. Il était utilisé dans l'antiquité car il est largement distribué dans la nature, principalement à l'état de sulfure, la galène PbS, mais aussi sous forme de carbonate, la céruse PbCO₃, quelquefois de PbO appelé massicot lorsqu'il n'a pas été fondu, litharge quand il l'a été, et de minium Pb₃O₄. De plus, son bas point de fusion, 327°C, facilite sa mise en forme. Les Babyloniens

gravaient des inscriptions sur de minces plaques de plomb et les Romains l'utilisaient pour fabriquer des écritoires, des monnaies et des conduites d'eau. Il fut longtemps employé pour des usages domestiques, notamment les ustensiles de cuisine, ce qui eut pour effet de provoquer de nombreux cas de saturnisme par action, sur le système digestif, du plomb ou de ses sels. Cette maladie, qui a sévi très longtemps, provoque des coliques, dites saturnines ou de plomb, qui étaient souvent mortelles.

LES NON-MÉTAUX ANCIENS

Le carbone et le soufre étaient connus depuis des temps très reculés. Ils occupent une place particulière parmi les non-métaux "anciens" parce qu'ils se rencontrent à l'état natif dans de nombreuses parties du monde.

Carbone

C (6). Du latin *carbo*, charbon. C'est l'un des éléments les plus répandus dans la nature. Sous forme de charbon et de suie, il était sans doute connu dans la préhistoire. A l'époque de Pline, on savait fabriquer le charbon de bois par une méthode voisine de celle utilisée de nos jours. Le graphite, aussi appelé improprement "plombagine" ou "mine de plomb", se trouve en amas isolés. Le diamant, dont Smithson Tennant (1761-1815) montra en 1797 qu'il s'agissait d'une variété de carbone, est mentionné dans les livres de l'Ancien Testament ainsi que dans les anciens textes hindous. Dans l'antiquité, il était considéré comme de la silice très pure, le cristal de roche. Mais, en 1777, le suédois Torgren Bergman (1735-1784) prouva qu'il n'en contenait pas. En 1773, Lavoisier et ses collaborateurs montrèrent que le diamant était combustible, ce qui avait été prédit par Sir Isaac Newton (1643-1727), et que le produit de la combustion était de "l'air fixe", c'est à dire du dioxyde de carbone. C'est Henri Moissan* (1852-1907) qui réussit à faire la première synthèse du diamant. Il savait que le graphite pouvait être obtenu en mettant à profit la solubilité du carbone dans les métaux, le fer en particulier. Il eut l'idée de travailler avec de la fonte à très haute pression et à très haute température. La pression très élevée était obtenue par refroidissement rapide à volume constant de la fonte liquide qui, comme l'eau, cherche à se dilater lors de sa solidification. Le four électrique qu'il venait de concevoir lui permettait d'atteindre une température très élevée. La synthèse du diamant fut annoncée à l'Académie des sciences le 6 février 1893.

Soufre

S (16), du latin *sulfur*. Pline a décrit l'utilisation du soufre pour des usages médicaux et le blanchiment des vêtements. L'italien Georg Bauer dit Agricola (1494-1555), considéré par certains comme le fondateur de la minéralogie, consacra beaucoup d'efforts à ce que l'on appellerait de nos jours la technologie chimique, par exemple comment fabriquer et utiliser les allumettes. A propos de la poudre, il écrivit : *«Le soufre est également fabriqué pour faire partie de cette poudre, l'exécrable invention qui projette les instruments en fer, en laiton et en pierre, d'un nouveau genre»*.

La compréhension des textes anciens est rendue difficile par le fait que le nom "soufre" a souvent été employé pour désigner toutes les substances combustibles. Au VIII^{ème} siècle, Geber croyait que l'or était constitué de soufre et de mercure. Cet érudit eut une influence certaine et, quelques siècles plus tard, on lui attribua à tort des écrits qui sont maintenant connus sous le nom de "pseudo Geber".

Les alchimistes arabes ont eu un rôle important dans la période moyenâgeuse, notamment en attachant une grande place aux applications médicales et pharmaceutiques. Abu Jafar Abdallah al Mansur (710-775), calife de Bagdad, a mentionné l'emploi du soufre comme antidote aux empoisonnements par les métaux.

Antimoine

Sb (51). Le nom vient du grec $\sigma\tau\mu\mu$, en latin *stibium*, d'où le symbole Sb, puis *antimonium*. En fait, ces termes désignent le sulfure d'antimoine Sb_2S_3 , la stibine. Il est vraisemblable que les anciens ne connaissaient pas l'antimoine mais plutôt ce sulfure dont se servaient les courtisanes d'Orient pour embellir leurs sourcils. Marcellin Berthelot* (1827-1907) était d'un avis contraire car l'analyse d'un vase offert au Louvre, en provenance des ruines de Tello, actuellement Lagash en Mésopotamie, lui montra qu'il était en antimoine contenant seulement des traces de fer. Les Chaldéens et les Romains connaissaient le moyen d'extraire l'antimoine du minerai, mais, ne sachant pas distinguer les métaux entre eux, ils l'appelaient plomb.

L'ouvrage le plus ancien sur l'antimoine, datant peut être du XV^{ème} siècle, est "Le char triomphal de l'antimoine" écrit par le moine bénédictin Basile Valentin, dont l'existence réelle est d'ailleurs mise en doute. L'antimoine libre ou "régule d'antimoine"* y est présenté. C'est en fait du sulfure dont on sait qu'il peut avoir plusieurs couleurs et plu-

*régule: substance métallique non ductile.

sieurs oxydes. De nombreuses applications de l'antimoine à la médecine furent proposées. Il y eut alors tant d'abus que la faculté de Paris en fit interdire l'usage par arrêté du Parlement en 1566. L'interdiction ne fut levée que cent ans plus tard.

Le premier livre à caractère vraiment scientifique est le "Traité de l'antimoine contenant l'analyse chimique de ce minéral", écrit par Nicolas Lémery* (1645-1715) qui, auteur d'un "Cours de chimie" en 1675, eut une influence marquante sur le développement de la discipline.

Arsenic

As (33). Cet élément se rencontre le plus souvent dans la nature à l'état d'arséniures (NiAs , CoAs_2). Les sulfures d'arsenic As_2S_2 réalgar, et As_2S_3 orpiment, étaient connus par les grecs sous le nom de $\alpha\rho\sigma\epsilon\nu\kappa\omicron\nu$, de $\alpha\rho\sigma\epsilon\nu$ (mâle) et $\mu\kappa\alpha\omega$ (dompter). L'arsenic fut probablement reconnu par A. Magnus (1193-1280) en 1250. L'arsenic blanc désignait l'anhydride arsénieux As_2O_3 . En 1594, Schroeder montra que cet arsenic était en fait l'oxyde ou "régule" d'arsenic. Le suédois Georg Brandt (1694-1768) fit le premier l'étude des propriétés caractéristiques de l'arsenic.

Pour les alchimistes, de même que le cuivre, consacré à Vénus, était le "principe femelle" ou "principe passif", l'arsenic était le "principe mâle" ou "principe actif". Leur union qui donne le "cuivre blanc" était souvent présentée comme le résultat de la transmutation du cuivre en argent. L'arsenic poison, si commun jadis? En fait, c'est As_2O_3 qui était utilisé. Il s'agissait de "l'arsenic sublimé".

Phosphore

P (15). Contrairement aux autres éléments "anciens", on sait qui a découvert le phosphore. C'est probablement le premier homme, dans l'histoire de la chimie, au nom duquel il est possible d'associer celui d'un élément. Il s'agit de Hennig Brand, médecin à Hambourg, mort en 1692, dont on a dit qu'il fut «*un étrange physicien ne connaissant pas un mot de latin*». La transmutation étant le rêve des alchimistes, il espérait trouver un liquide permettant de transformer l'argent en or. Il choisit l'urine humaine comme matière première, et, en 1669, obtint une substance blanche ressemblant à de la cire, qui brillait d'un bel éclat dans l'obscurité de son laboratoire et s'enflammait spontanément à l'air. Il tint secret le mode de préparation de ce corps.

Après des tentatives rocambolesques mais vaines pour obtenir de Brand son secret de fabrication et sachant cependant que le liquide utilisé était de l'urine, le grand chimiste Johann Kunkel (1630-1702)

entreprit de préparer lui même le fameux corps dont les propriétés intriguaient tellement les alchimistes d'alors. Il réussit à y parvenir par calcination de l'urine évaporée. Il apprit à manipuler le phosphore, puis écrivit un livre intitulé : "Traité du Phosphorus Mirabilis et ses merveilleuses pillules blanches". Cette découverte eut un grand retentissement et le duc Jean Ferdinand de Hanovre accorda à Kunkel une pension viagère.

A la même époque, le grand chimiste Robert Boyle (1627-1691), pionnier de la chimie des gaz, utilisa une méthode analogue, indépendamment de Kunkel et, en 1771, Lavoisier fit des expériences sur la combustion du phosphore, dans le cadre de ses études sur l'oxydation dans l'air.

Après que le suédois Johann Gottlieb Gahn (1745-1818) ait montré en 1774 que le phosphore était un constituant important des os, Carl Wilhelm Scheele* (1742-1786) réussit à l'extraire en 1775. Le phosphore était resté une curiosité jusqu'à cette date.

En 1841, Jöns Berzélius* (1779-1848) montra que, après avoir été chauffé, le phosphore blanc se transformait en phosphore rouge qui est amorphe et stable. Cette découverte conduisit à la mise au point en 1831 par Charles Sauria (1812-1895) des allumettes fonctionnant "par friction". Leur tête ne contenait pas de phosphore. On les allumait en les frottant sur une partie de la boîte recouverte de phosphore rouge, de verre pilé et de colle. Ces allumettes dites "de sûreté" supplantèrent petit à petit les allumettes au phosphore blanc, beaucoup plus dangereuses, qui disparurent au moment de la guerre de 1914. Avant l'utilisation de phosphore, l'extrémité des allumettes était enrobée de soufre et de chlorate de potassium.

Il est vraisemblable qu'au XIV^{ème} siècle, Alchid Béchir ait préparé du phosphore par une méthode analogue à celle utilisée trois siècles plus tard. Cet élément qu'il avait appelé "escarboucle", c'est à dire "ce qui brille comme un charbon ardent", était obtenu par distillation d'urine additionnée d'argile, de chaux et de charbon.

Le nom de phosphore rappelle que cet élément émet de la lumière par oxydation lente à l'air, à la température ordinaire. Il vient du grec φως (lumière) et φοροσ (porteur).

Le phosphore noir n'existe pas. Le Châtelier* (1890-1936) raconte qu'un assistant de Thénard*(1777-1857) en préparait chaque année devant les étudiants, avec succès croyait-il, en utilisant toujours le même ballon de verre. Un jour, le ballon fut cassé et il devint impossible de reproduire l'expérience. La formation du corps appelé phosphore noir était due, en fait, à la présence de traces de mercure dans le vieux ballon.



LABORATOIRE D'ALCHIMISTE.

L'ALCHIMIE. QUE FAUT-IL EN PENSER ?

Le nom d'alchimie fut donné par les arabes, après la chute d'Alexandrie, à l'art sacré des prêtres égyptiens, baptisé ensuite par les grecs "science hermétique" ou "philosophie hermétique", enseignée aux hommes par le dieu Hermès Trismégiste. Le qualificatif "hermétique" définit cette science tenue secrète comme il rappelle, dans le langage actuel, le soin avec lequel est conçue une fermeture étanche.

L'alchimie est le plus souvent considérée comme une sorte de sorcellerie, de charlatanisme, dont le but est d'obtenir de l'or par transmutation des métaux, "le grand œuvre", et ainsi d'acquérir la richesse. Les hommes qui s'y intéressaient pouvaient être très différents, savants ou illettrés, laïcs ou religieux. En fait, les vrais alchimistes voulaient appor-

ter des preuves à leur théorie qui était la recherche de la perfection de soi-même, et c'est la raison pour laquelle ils gardaient leurs travaux jalousement secrets de façon à ce qu'ils ne tombent pas aux mains des "souffleurs" qui n'étaient que de vulgaires empiriques à la moralité souvent contestable. Cette philosophie hermétique, transmise de maître à élève, permettait de comprendre l'origine et l'avenir de l'univers, la constitution de la matière.

Les objectifs principaux de l'alchimie pratique étaient la transmutation des métaux et la médecine. Les métaux étaient considérés comme vivants et, grâce à la "pierre philosophale", devaient se retrouver en bonne santé, sous forme d'or, ce métal parfait. Dans l'esprit des alchimistes, la transmutation repose sur l'unité de principe de la matière qui est maintenant bien admise.

Parmi les découvertes de techniques et d'éléments ou composés nouveaux dus aux alchimistes, on peut citer la distillation, la coupellation de l'or et de l'argent, la réduction de différents oxydes et sulfures, la préparation d'oxydes de plomb comme le minium et le massicot, celle d'huiles essentielles, du calomel, des acides chlorhydrique, sulfurique et nitrique, du phosphore. Basile Valentin découvrit l'antimoine et montra son rôle en métallurgie et en médecine: il indiqua le moyen d'extraire l'alcool du vin et des boissons fermentées, le déplacement par le fer du cuivre en solution, ce qui constitue l'ébauche de la galvanoplastie. Paracelse préconisa l'utilisation de médicaments simples comme l'opium et certaines préparations mercurielles.

Doctrine hermétique puisqu'inspirée par Hermès, l'inventeur de toutes les sciences, doctrine ésotérique puisque transmise de façon occulte, sans textes écrits, par initiation, l'alchimie, par ses observations, ses manipulations, ses découvertes, a largement contribué à la naissance et au développement de la chimie et de la médecine modernes.



3

NAISSANCE DE LA CHIMIE MODERNE: LE DIX-HUITIÈME SIÈCLE

AU COURS DU DIX-HUITIÈME SIÈCLE, les chimistes bénéficiaient de l'héritage que leur avaient laissé les alchimistes, en particulier d'un grand nombre d'observations et de techniques expérimentales. Mais ils ne possédaient pas de fil conducteur pour franchir l'obstacle qui les empêchait d'avancer dans la connaissance de la matière. C'est alors que le médecin allemand Georg Ernst Stahl émit une théorie selon laquelle tous les corps combustibles étaient composés de "phlogistique", du grec φλογίζειν (enflammer), et d'un radical particulier non combustible. Pour élaborer sa théorie qui fut adoptée pendant un siècle, Stahl était parti des idées de l'un des derniers alchimistes, Jean Joachim Becher (1635-1682) qu'il considérait comme son maître.

Joachim Becher naquit en 1635 à Epire (Speyer) en Rhénanie. Son père mourut alors qu'il n'avait que 13 ans et il dut donner des leçons de lecture et d'écriture pour aider sa mère à élever ses frères. C'est la nuit qu'il lisait pour s'instruire. Il réussit à être nommé dans une chaire à Mayence en 1666, mais il ne l'occupait que peu de temps car il était d'un caractère difficile et instable. Il s'installa ensuite à Munich où un beau laboratoire avait été mis à sa disposition. S'étant fâché avec le Chancelier de Bavière, il partit pour Vienne où il tomba rapidement en disgrâce. Commença alors tout un périple qui le mena successivement en Suède, en Hollande où il proposa aux États Généraux une méthode pour retirer l'or des dunes, en Italie et, en 1680, en Angleterre où il explora les mines de Cornouailles et d'Ecosse. Il mourut en 1682.



GEORG ERNST STAHL. (1660-1734).

Plus théoricien qu'expérimentateur, il proposa trois éléments entrant selon lui, dans la composition des métaux : une terre vitrifiable, une terre subtile, mercurielle, et un principe igné combustible. Ce dernier principe servit vraisemblablement de base à la théorie du phlogistique. Il est le même dans tous les métaux, la matière terreuse varie suivant la nature du métal. La contradiction qui existait entre le fait qu'un métal était plus léger que la chaux dont il provenait et la théorie du phlogistique naissante n'étaient pas de nature à ébranler la conviction des chimistes d'alors, leur argumentation reposant sans doute davantage sur des conceptions philosophiques que sur des faits bien établis.

Georg Ernst Stahl naquit à Anspach, en Bavière, en 1660. Après des études de médecine à Iéna, il devint médecin à la cour de Saxe-Weimar en 1687 puis professeur de médecine à l'université de Halle, et enfin à Berlin en 1716. Il mourut en 1734. C'était un professeur éminent qui eut des élèves comme Pott (1692-1777) et Margraff* (1709-1782).

On pourrait, avec Ferdinand Hoeffler (1811-1878), l'un des premiers historiens des sciences, résumer ainsi la théorie de Stahl : *« Tous les corps se composent d'un principe inflammable ou phlogistique, et d'un autre élément qui varie avec les espèces. Plus un corps est combus-*

tible ou inflammable, plus il est riche en phlogistique. Le charbon, les huiles, la graisse, le soufre... sont les substances les plus riches en phlogistique; ce sont aussi les plus propres à communiquer ce principe inflammable à d'autres qui en manquent. Suivant cette théorie, un métal est un corps composé, constitué par une chaux et du phlogistique. Celui-ci est le même dans tous les métaux. Lorsqu'on chauffe le métal, son phlogistique se dégage et la chaux reste; c'est pourquoi on désigne cette opération sous le nom de calcination, de calx (chaux). Voulez-vous rendre à cette chaux sa ductilité, son élasticité, sa malléabilité? Rendez-lui son phlogistique. Comment donnerez vous à ces chaux du phlogistique? En les chauffant avec du charbon, des graisses, en un mot avec des substances qui abondent en phlogistique».

La connaissance des gaz se précisant petit à petit, on vit apparaître des expressions comme "air phlogistiqué" pour l'azote, "air déphlogistiqué" pour l'oxygène, "air inflammable" pour l'hydrogène, "air fixe" pour le dioxyde de carbone. L'ensemble des recherches qui se poursuivaient apporta des résultats nouveaux que les chimistes d'alors tiennent à "faire entrer" dans la théorie du phlogistique qu'ils ne voulaient ou ne pouvaient abandonner. Il s'ensuivit un imbroglio dans lequel chacun essayait de s'y retrouver. Enfin Lavoisier vint qui, malgré l'opposition de savants reconnus, devait renverser cette théorie en lui substituant celle de la combustion. Il appelait le phlogistique «*ce Protée qui change de forme et d'allure suivant les circonstances*». Mais la théorie du phlogistique n'avait cependant pas été inutile, en développant notamment les techniques de laboratoire.

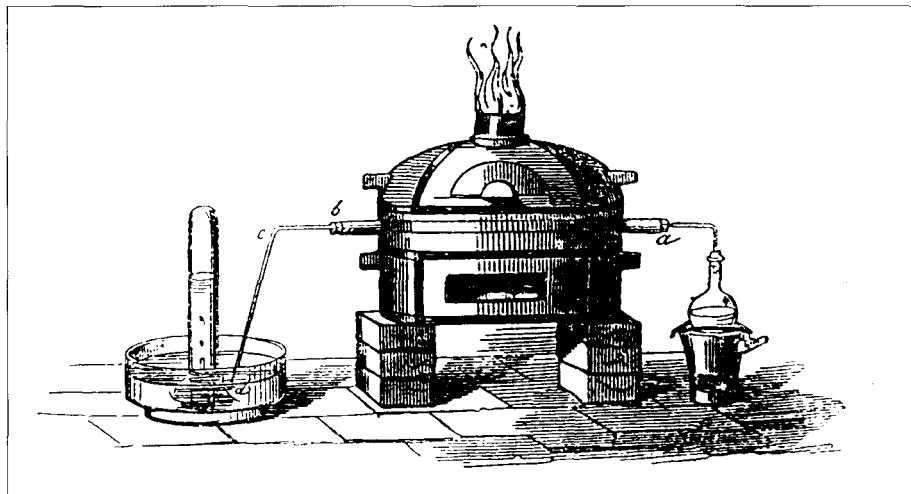
Au cours du XVIII^{ème} siècle, 19 éléments furent découverts.

LES CONSTITUANTS DE L'AIR ET DE L'EAU

Hydrogène

H (1), du grec υδωρ (eau) et γεννω (j'engendre). Bien que son existence ait été signalée ou entrevue précédemment par d'autres chimistes, il est admis qu'il fut identifié en 1765 par l'anglais Henry Cavendish* (1731-1810).

On savait que l'attaque du fer par l'acide sulfurique dilué donnait un "air", terme que l'on utilisait alors pour désigner un gaz. Cependant, c'est Cavendish qui l'a distingué des autres gaz et appelé "air inflammable à partir des métaux". Contrairement à la plupart des chimistes



PRÉPARATION DE L'HYDROGÈNE (1784).

de son époque, il effectuait des mesures quantitatives, notamment pondérales. C'est lui qui proposa l'utilisation de la cuve à mercure pour la manipulation des gaz solubles dans l'eau. Il indiqua différentes méthodes de préparation de l'hydrogène et certaines des propriétés de ce gaz. Il pensait cependant qu'il se formait à partir du métal plutôt qu'à partir de l'acide. En 1781, Cavendish observa la formation d'eau par combustion d'hydrogène dans l'air sous l'effet d'une décharge électrique, démontrant ainsi que l'eau n'était pas un élément mais un composé résultant de l'union de l'hydrogène avec l'oxygène de l'air.

En dehors de la chimie, Cavendish fit également des recherches dans des domaines comme l'électrostatique, l'astronomie, la minéralogie, mais leurs résultats ne furent retrouvés dans ses archives que cent ans plus tard car il ne les publia jamais.

Lavoisier donna de ses propres expériences faites en 1783 une interprétation claire et quantitative, et, selon Berthelot, fut le premier à proclamer publiquement la composition de l'eau. Avec l'un de ses collaborateurs qui fut également l'auteur d'études géométriques importantes, le Capitaine de Génie Jean-Baptiste Meusnier de La Place (1754-1793), qui voulait utiliser l'hydrogène pour le gonflement des aérostats, Lavoisier chercha le meilleur moyen pour préparer ce gaz. La très célèbre expérience réalisée au laboratoire de l'Arsenal, proche de la Bastille, consistait à faire passer de l'eau dans le canon d'un fusil chauffé au rouge. L'eau n'ayant pas réagi avec le fer était condensée dans un serpentín et recueillie dans un ballon tandis que l'hydrogène formé était récupéré dans une éprouvette préalablement remplie d'eau. On connaissait donc la quantité d'eau ayant réagi et la quantité d'hydrogène prove-

M É M O I R E

Où l'on prouve par la décomposition de l'Eau, que ce Fluide n'est point une substance simple, & qu'il y a plusieurs moyens d'obtenir en grand l'Air inflammable qui y entre comme principe constituant.

Par M.^{rs} MEUSNIER & LAVOISIER.

DEPUIS qu'on connoît l'expérience dans laquelle un mélange d'air inflammable & d'air déphlogistiqué, fait suivant les proportions convenables, ne produit en brûlant que de l'eau très-pure, à peu-près égale en poids à celui des deux airs réunis, il étoit difficile de ne pas reconnoître dans cette production d'eau, une preuve presque évidente que ce fluide, mis de tout temps au rang des substances simples, est réellement un corps composé; & que les deux airs, du mélange desquels il résulte, en fournissent les principes constituans. M. Lavoisier en tira cette conséquence dans un Mémoire qu'il lut à la dernière séance publique de cette Académie, en annonçant avec M. de la Place qu'ils avoient les premiers obtenu ainsi une quantité d'eau assez considérable pour la soumettre à quelques épreuves chimiques; * & en admettant quelque exactitude dans la détermination du poids des airs employés dans cette expérience, on ne voit pas comment il seroit possible de l'infirmer: on a cependant élevé des doutes sur cette réduction entière de deux fluides aëriiformes en eau; & malgré les soins apportés par M. Lavoisier, pour assurer, autant qu'il est possible, la précision d'une expérience aussi délicate; malgré la conformité du résultat obtenu à peu-près en même temps par M. Monge,

Lû
le 21 Avril
1784.

* Ce Mémoire se trouve dans ce même volume. C'est par erreur qu'il a été imprimé postérieurement à celui-ci.

MÉMOIRE DE MEUSNIER ET LAVOISIER SUR LA COMPOSITION DE L'EAU (1784).

nant de sa décomposition. La synthèse de l'eau était aussitôt faite en inflammant, avec une étincelle électrique, l'hydrogène recueilli. Il s'agissait donc d'expériences quantitatives mettant en œuvre des mesures de volumes et des pesées d'une très grande précision. Il faut signaler que le célèbre mathématicien et physicien Pierre Simon Laplace (1748-1827) collabora avec Lavoisier pour ses premières recherches sur la composition de l'eau et que le grand mathématicien Gaspard Monge (1748-1818), sans connaître les travaux précédents, avait, quelques mois auparavant, effectué la synthèse de l'eau.



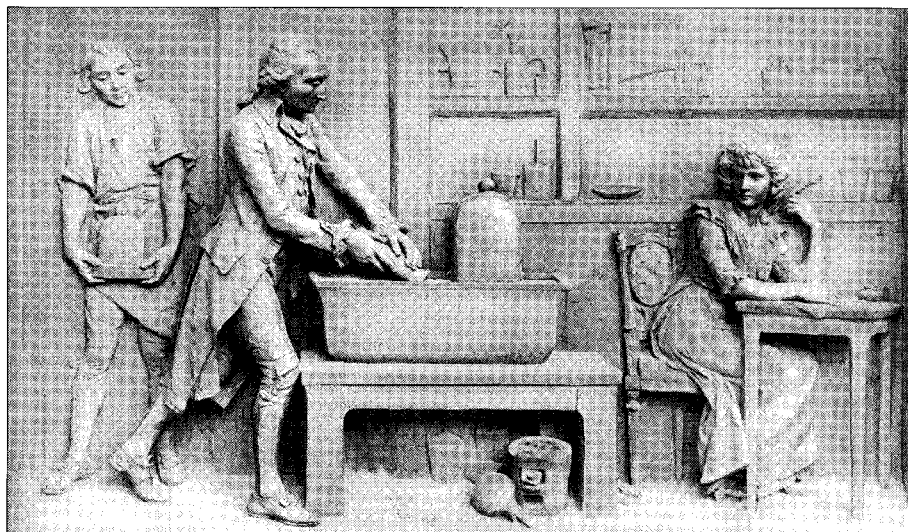
PIERRE SIMON LAPLACE (1748-1827).

L'hydrogène qui bout à 22°K . fut liquéfié en 1898 par Sir James Dewar (1842-1923). Il a deux isotopes, le deutérium (D), hydrogène lourd, isotope 2, et le tritium (T), isotope 3. Le premier est un isotope stable. Son noyau (deuton) est composé d'un proton et d'un neutron. L'américain Harold C. Urey (1893-1981) l'a découvert par spectroscopie optique en 1932. Il obtint à ce titre le prix Nobel de chimie en 1934. Le second est radioactif. Son noyau (triton) est formé d'un proton et de deux neutrons. C'est le grand chimiste anglais Sir Ernest Rutherford (1871-1937) et ses élèves qui, en 1934, ont les premiers effectué une transmutation produisant du tritium en bombardant avec des deutons des composés deutériés. Rutherford avait obtenu le prix Nobel de chimie en 1908 pour ses recherches sur la désintégration des éléments et la chimie des substances radioactives.

L'"eau lourde" formée de deutérium et d'oxygène fut découverte par Urey dont l'attention avait été attirée par le fait que l'eau restant dans les électrolyseurs ayant très longtemps fonctionné avait une masse spécifique plus élevée que celle de l'eau introduite dans l'appareil. Elle sert de modérateur dans certaines piles atomiques.

Oxygène

O (8). La découverte de l'oxygène a fait l'objet de nombreux écrits et sa paternité a été controversée. On signale une mention qui serait relative à ce gaz dans un livre chinois du VII^{ème} siècle avant J.-C. Léonard de Vinci (1452-1519) déclara que l'air n'était pas un élément.

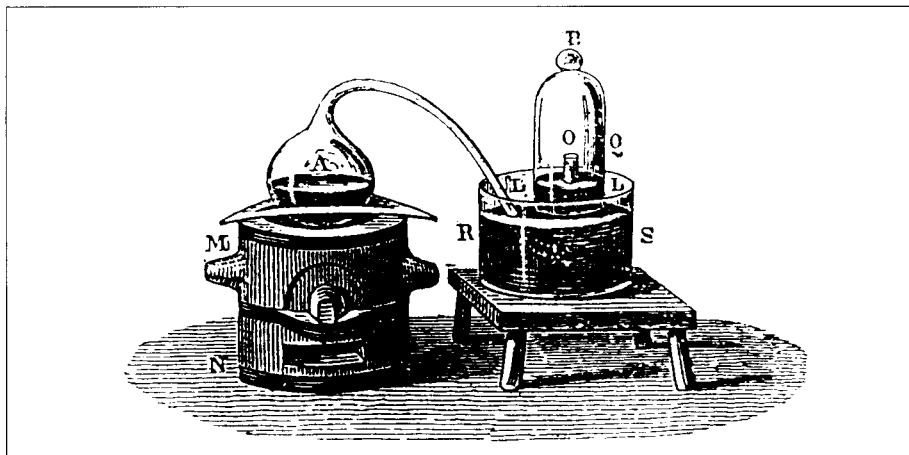


UN HAUT-RELIEF DU MONUMENT PARISIEN EN L'HONNEUR DE LAVOISIER.
ÉDIFIÉ EN 1900 PLACE DE LA MADELEINE. DÉTRUIT EN 1940.

L'artiste a représenté le savant procédant à ses expériences sur l'analyse de l'air
tandis que sa femme prend des notes.

Robert Boyle, surtout connu pour la loi Boyle-Mariotte sur les gaz parfaits, $pV = Cte$, avait une très bonne maîtrise de la manipulation des gaz. Il montra que seule une partie de l'air est utilisée dans la combustion ou la respiration. John Mayow (1641-1679) et Robert Hooke (1634-1703) appelèrent ce principe "nitre aérien". Pierre Bayen (1725-1798), pharmacien militaire, montra que le mercure calciné se combinait avec un gaz et augmentait de poids, sans toutefois faire une étude du gaz concerné.

Il est vraisemblable que c'est l'anglais Joseph Priestley* (1733-1804) qui, le premier, fit l'expérience qui conduisit à la découverte de l'oxygène. Le 1^{er} août 1774, il put recueillir du gaz déphlogistiqué en chauffant de l'oxyde de mercure grâce à une lentille. En effet, puisque le gaz nouveau est capable d'entretenir les combustions, même plus vivement que l'air, c'est qu'il a une grande avidité pour le phlogistique, donc qu'il est déphlogistiqué. Scheele avait réussi en 1773 à obtenir de l'"air déphlogistiqué" par chauffage de carbonate d'argent ou de mercure, de l'oxyde de mercure, du nitre et du nitrate de magnésium, d'un mélange de bioxyde de manganèse et d'acide arsénieux. Ses résultats furent publiés dans son livre "L'air et le feu", envoyé à l'éditeur en 1775, mais paru seulement en 1777, c'est à dire après les publications de Priestley et Lavoisier, ce qui eut pour effet de les mettre un peu à l'écart.

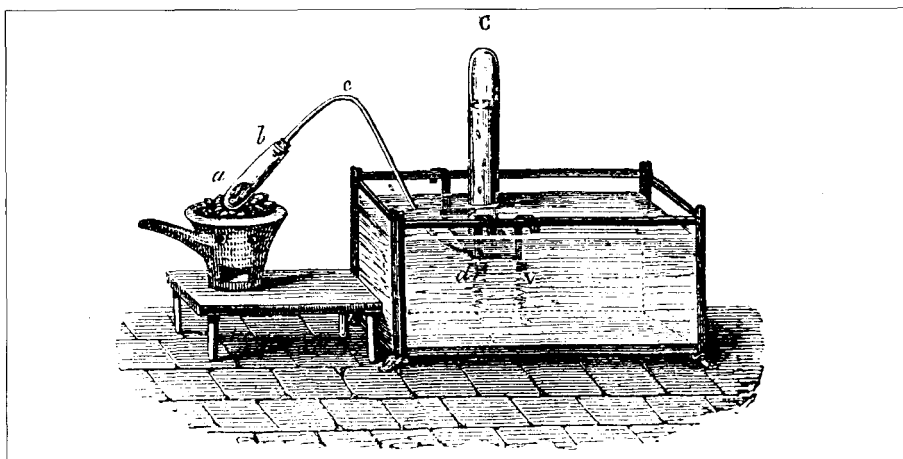


L'EXPÉRIENCE DE LAVOISIER SUR LA COMPOSITION DE L'AIR (1775).

Les expériences de Priestley et de Scheele ont eu une importance fondamentale. Elles ont cependant un caractère qualitatif alors que celles de Lavoisier sont quantitatives. Celui-ci chauffe du mercure dans une enceinte fermée contenant un volume connu d'air. Après quelques jours, le mercure se recouvre d'un corps rouge. L'expérience dure douze jours. La mesure du volume de gaz résiduel montre qu'il y a eu une absorption d'environ 20% de gaz. L'introduction dans l'enceinte d'un petit oiseau ou d'un morceau de bois prouve que le gaz n'y est plus respirable et que la combustion n'y est plus entretenue. Lavoisier rassemble alors l'ensemble du corps rouge, le chauffe en recueillant le gaz qui se dégage. Celui-ci entretient la respiration et la combustion. Enfin, le mélange du gaz résiduel et de celui obtenu par chauffage du corps rouge possède toutes les propriétés initiales de l'air. Conclusion : le gaz qui entretient la combustion et la respiration, ce principe actif de l'air, est un corps pur. Le recours au phlogistique est inutile pour interpréter les faits observés. C'était à Pâques 1775.

Lavoisier donne à ce gaz le nom d'oxygène, du grec οξύς (acide) et γεννω (j'engendre). Il pensait en effet que tous les acides contenaient de l'oxygène. Le mot allemand *sauerstoff* qui désigne l'oxygène, a la même signification. L'air est donc constitué d'un fluide respirable, l'oxygène, et d'un fluide non respirable qui est un diluant de l'oxygène et qu'il appela alors "mofette atmosphérique" avant de le nommer "azote", du grec α privatif et ζῆν (vie).

A l'occasion de la controverse qui suivit la découverte de l'oxygène, Lavoisier écrit en 1776, dans son "Mémoire sur l'existence de l'air dans l'acide nitreux" « *Peut être, strictement parlant, il n'y a rien dans ce mémoire que Monsieur Priestley ne puisse reconnaître comme partant*



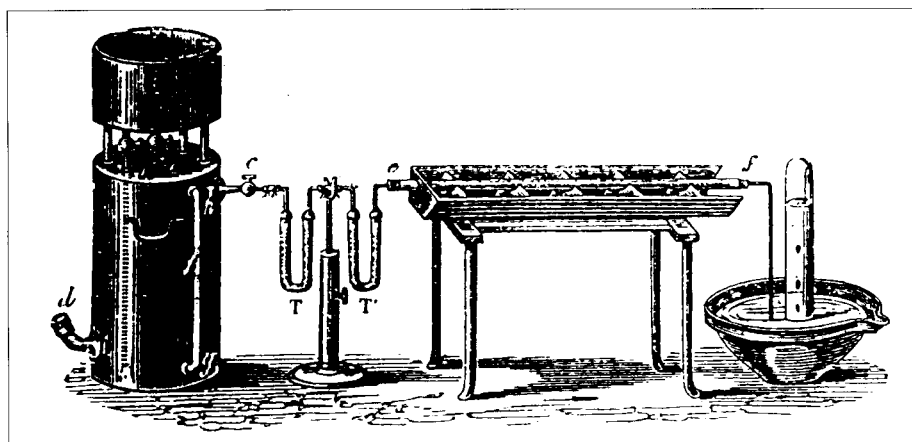
PRÉPARATION DE L'OXYGÈNE (1775).

de son idée initiale, mais comme les mêmes faits nous ont conduits à des résultats diamétralement opposés, j'espère que, si on me reproche d'avoir emprunté mes preuves aux œuvres du célèbre philosophe, on ne contestera pas mes droits quant aux conclusions».

Les travaux de Lavoisier sur l'hydrogène, l'oxygène et l'eau ont conduit à l'expression de la loi de conservation de la masse et de la loi de conservation des éléments.

Il faut noter l'utilisation actuelle de l'oxygène, surtout à l'état liquide (-182°C), pour la propulsion des missiles et en sidérurgie.

L'ozone O_3 fut entrevu vers 1783, par Van Marum (1750-1837) à cause de son odeur. Il avait soumis de l'oxygène à des décharges électriques. C'est le suisse Christian Schönbeim (1799-1860) qui fit connaître en 1840 différentes méthodes de préparation de ce corps, quelques unes de ses propriétés, et lui attribua son nom, du grec οζο (je sens). Il avait fait toutes ses études dans son pays d'origine, puis en Allemagne, Angleterre et en France. En 1828, il fut nommé professeur à Bâle. C'est lui qui inventa le cotonpoudre et le collodion. Jean Charles Galissard de Marignac (1817-1894), connu pour ses travaux sur les terres rares et sur la détermination précise des poids atomiques, apporta également une contribution certaine à la connaissance de la nature de l'ozone et à la façon de le produire. Paul Hautefeuille (1836-1902), successeur de Charles Friedel* (1832-1899) dans la chaire de minéralogie de la faculté des sciences de Paris et Louis Troost (1825-1911), chimiste et métallurgiste, successeur de Deville dans la chaire de chimie générale, étudièrent aussi les conditions de préparation de l'ozone.



PRÉPARATION DE L'AZOTE (1772).

Azote

N (7). La découverte de l'azote est liée directement à celle de l'oxygène. Il semble établi que ce soit l'écossais Daniel Rutherford (1749-1819), l'oncle du romancier Walter Scott auteur de "Quentin Durward" et d'"Ivanhoé", qui ait découvert l'azote en 1772, encouragé par son Maître Joseph Black (1728-1799), qui était né à Bordeaux de parents anglais qui s'y étaient établis, enseignait la chimie à l'université d'Édimbourg et avait été élu membre étranger de l'académie des sciences de Paris. Physicien, il introduisit les notions de chaleur spécifique et de chaleur latente. Chimiste, il reconnut la magnésie et découvrit le dioxyde de carbone, "l'air fixe". Ayant remarqué qu'après combustion d'un corps carboné et élimination de "l'air fixe", un gaz restait dans le récipient, il proposa à Rutherford d'étudier ce problème dans le cadre de son travail de thèse. Après avoir placé successivement des souris jusqu'à leur mort sous une cloche contenant de l'air, de façon à éliminer l'oxygène, Rutherford recommença en 1772 ces expériences en remplaçant les pauvres animaux par du phosphore enflammé, et obtint de meilleurs résultats. Il appela le gaz résiduel "gaz méphitique", c'est à dire gaz toxique. Mais il ne réussit pas à conclure que ce gaz, l'azote, était un constituant de l'air atmosphérique. Rappelons que Lavoisier démontra que la "mofette atmosphérique" est l'un des constituants de l'air, avec toutes les conséquences précieuses que cette découverte eut pour le développement de la chimie.

En dehors de ses applications classiques, notamment pour les engrais, l'azote sert actuellement dans des installations à atmosphère neutre, comme gaz porteur dans différents appareillages et, à l'état liquide (-195°C), comme agent réfrigérant.

FAMILLE DU TITANE

Le titane, le zirconium et le hafnium forment la famille du titane. Ils sont réfractaires, réducteurs et se passivent par formation d'une couche protectrice MO_2 .

Titane

Ti (22). William Gregor (1762-1817), était pasteur à Creed, en Cornouailles. Il s'intéressait vivement aux minerais et les scientifiques d'alors le considéraient comme un "minéralogiste célèbre". Il fonda la "Royal Geological Society of Cornwall". Un jour de 1789, dans la vallée de Menachan qui se trouvait sur le territoire de sa paroisse, il découvrit un sable noir qu'il analysa. Celui-ci contenait de la magnétite, de la silice, 45 % de "chaux" brun-rougeâtre et un résidu. La "chaux" donnait une coloration jaune lorsqu'elle était dissoute dans l'acide sulfurique et une scorie pourpre par fusion avec du charbon. Il appela ce nouveau minerai "menachanite" dérivé du nom de son lieu d'origine. On sait maintenant que ce minerai est l'ilménite FeTiO_3 et que la "chaux" est l'oxyde de titane TiO_2 . Le travail de Gregor fut vite oublié, jusqu'à ce que Klaproth (1743-1817) trouve le même oxyde dans la tourmaline rouge. Ce chimiste et minéralogiste découvrit plusieurs éléments et contribua largement à diffuser les idées de Lavoisier en Allemagne.

L'isolement du titane pur fut difficile à obtenir, notamment à cause de sa grande affinité pour l'azote. Berzélius, Rose (1736-1771), Vauquelin (1763-1829), Wöhler* (1800-1882) et Sainte-Claire Deville ne purent y parvenir. C'est en 1887 que les norvégiens Lars Frederik Nilson (1840-1899) et Otto Petterson (1848-1941) obtinrent du titane ne contenant que 5 % d'atomes étrangers en réduisant le tétrachlorure par le sodium. Moissan prépara, au four électrique, du titane à 98 %. En 1910, Hunter réussit à purifier du titane jusqu'à 99.9 % par la méthode de Nilson et Petterson, mais sous très haute pression.

C'est Klaproth qui attribua le nom de titane au nouvel élément. A ce propos, il écrivit : *«Lorsque l'on ne peut pas trouver pour un nouveau minerai un nom qui indique ses propriétés particulières et caractéristiques, situation dans laquelle je me trouve présentement, je pense que le mieux est de choisir une dénomination qui ne signifie rien par elle-même et ne peut ainsi donner naissance à des idées erronées. En conséquence, comme je l'ai fait dans le cas de l'urane, je vais, pour cette substance métallique, emprunter un nom de la mythologie, et, en particulier, aux Titans, les premiers fils de la terre. J'ai donc appelé cette nouvelle espèce métallique titanium»*.



KLAPROTH (1743-1817).

Le titane a des applications importantes dans l'élaboration d'alliages métalliques divers, en aéro- et astronautique, et sa très bonne tenue à la corrosion est mise à profit notamment dans la marine. C'est également un pigment de peinture.

Zirconium

Zr (40). Dans l'antiquité et au moyen-âge, on connaissait "l'hyacinthe" ou "pierre rouge" ainsi que le "jargon" ou *zerk* en persan, qui signifie couleur d'or, deux minéraux utilisés comme pierres relativement précieuses. C'est dans le "zircon", déformation de jargon, que Klaproth isola en 1789 une terre nouvelle qu'il appela "zirconerie" ou "zircon". Ses travaux furent confirmés par ceux de Guyton de Morveau* (1737-1816) et Vauquelin. On sait maintenant que le minéral est $ZrSiO_4$ et la terre ZrO_2 . Ce n'est qu'en 1824 que Berzélius, après des essais infructueux de Davy* (1778-1829), réussit à isoler le zirconium en réduisant le fluorure de zirconium et de potassium par le potassium à chaud. Le métal était très impur, ce qui empêcha la détermination de ses propriétés spécifiques.

Un siècle plus tard, Van Arkel et De Boer purent obtenir du zirconium possédant un haut degré de pureté, par la décomposition de son iodure sur un fil métallique chaud. C'est devenu une méthode générale. Le métal pouvait alors être travaillé à froid. Le développement de l'utilisation du zirconium est dû en particulier à l'essor de l'énergie

nucléaire, qui avait besoin d'un métal réfractaire, résistant à la corrosion et transparent aux neutrons.

Hafnium

Hf (72). Le hafnium est toujours associé au zirconium, ce qui est très gênant pour l'utilisation de celui-ci dans les réacteurs nucléaires car le hafnium possède une grande section efficace de capture des neutrons. On ne peut donc pas parler de zirconium sans parler de hafnium bien que Hf ait été découvert près de 150 ans après Zr.

La séparation Zr-Hf a été réalisée en 1923 par Georg von Hevesy (1885-1966), chimiste suédois d'origine hongroise et le hollandais Dirk Coster (1889-1950). Ils réduisaient l'hexafluorohafnate de potassium par le sodium. Le hafnium a été obtenu à un haut degré de pureté par de Boer et Fast en utilisant la méthode de Van Arkel qui consiste à dissocier l'iode de hafnium sur un fil de tungstène porté à 1200°C. Il devient alors ductile à froid.

Le Hafnium sert comme barre de contrôle dans les réacteurs nucléaires car, outre sa grande section efficace, il résiste bien à la corrosion par l'eau chaude et possède de bonnes caractéristiques mécaniques. Sa première utilisation a été faite dans la construction du "Nautilus". Dans le domaine non nucléaire, il est utilisé pour la fabrication des filaments de lampes à incandescence, seul ou en addition au tungstène.

Son nom vient de *Hafnia*, Copenhague en latin, lieu de sa découverte. Ce n'est pas une terre rare bien qu'on le trouve en quantité notable dans les zircons de provenances diverses.

FAMILLE DU CHROME

Les membres de cette famille sont au nombre de trois : chrome, molybdène et tungstène.

Chrome

Cr (24). Déjà en 1789, Vauquelin avait analysé une poudre qui se trouvait dans son laboratoire sous le nom de plomb rouge de Sibérie, provenant de la mine de Beresof, près d'Ekatérinbourg. Il avait trouvé qu'elle contenait du plomb, du fer et de l'aluminium. Le russe Bindheim indiquait que ce minerai était constitué d'acide molybdique, de nickel, de cobalt, de fer et de cuivre. Vauquelin, en 1797, réussit à en isoler un acide rouge qui, fondu avec du borax, donnait une couleur vert émeraude. Mélangé à du charbon et chauffé à haute température dans un creuset de graphite, il permettait d'obtenir une poudre grise d'un métal alors

inconnu et dont les composés avaient différentes couleurs. Sur les conseils de Fourcroy* (1755-1809) et de l'abbé René Häny (1743-1822), minéralogiste célèbre, il l'appela chrome, du grec χρωμα qui signifie couleur. Il perfectionna la technique de préparation du chrome l'année suivante. Le plomb rouge de Sibérie est, en fait, du chromate de plomb PbCrO_4 , la crocoïte, le minéral de chrome le plus courant étant la chromite $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$.

On connaît la place fondamentale qu'occupe actuellement le chrome dans l'élaboration d'aciers spéciaux et d'aciers inoxydables. Au moment de sa découverte, Vauquelin écrivait « (...) *Le plomb rouge contient un acide métallique nouveau qui jouit de caractères bien tranchés et de quelques propriétés dont on pourra tirer parti dans les arts* ». Il s'agit de la coloration des verres et des porcelaines et de l'impression des tissus. En 1884, dans son cours de chimie, Troost n'indiquait pas d'autre application. L'utilisation en métallurgie ne date que du début du vingtième siècle.

Molybdène

Mo (42). Pendant longtemps, le minéral appelé molybdène, qui est en réalité le sulfure de molybdène, et le graphite étaient connus sous le même nom de *molybdenum* à cause de leur ressemblance. *Molybdenum* vient du grec μολυβδος (plomb) qui s'appliquait à plusieurs minéraux plombifères. C'est Scheele qui prouva, en 1778, qu'il s'agissait de deux corps différents, le premier donnant, par action de l'acide nitrique, de l'acide sulfurique et un solide blanc qu'il appela acide molybdique, le second ne réagissant pas. Bergman pensa que le solide blanc pouvait, en fait, être l'oxyde d'un métal inconnu, et Scheele conseilla à son ami Peter-Jacob Hjelm (1746-1813), d'essayer de réduire ce corps blanc. Celui-ci fut pulvérisé, mélangé à de l'huile de lin et la pâte obtenue chauffée. Le carbone obtenu par la carbonisation de l'huile réduisit "l'acide molybdique" et permit en 1781 d'obtenir un métal qui fut baptisé molybdène.

Scheele qui ne semblait pas avoir pour les chimistes français une considération particulière, écrivit à son ami : *"Je me réjouis que nous possédions maintenant un nouveau demi-métal, le molybdène. Je crois déjà voir les Français chercher à nier l'existence de ce nouveau demi-métal du fait qu'ils ne l'ont pas découvert eux-mêmes"*.

Le molybdène a des applications variées : filaments de lampes à incandescence, mais surtout en addition dans les aciers spéciaux et les aciers inoxydables en particulier, dont il augmente la résistance à la corrosion. Le sulfure de molybdène MoS_2 est un lubrifiant très efficace.



CARL WILHELM SCHEELÉ
(1742-1786).

Tungstène

W (74). Le tungstène et le molybdène ont des propriétés voisines. Les suédois appelaient *tungsten* ou pierre lourde un minéral, CaWO_4 , également appelé Scheelite, qu'ils trouvaient dans leur pays. Scheele avait montré, dès 1791, qu'il contenait de la chaux et un acide qu'il appela tungstique. Bergman émit l'idée que cet acide contenait un métal.

Ce sont des espagnols, les deux frères d'Elhuyar, Don Juan-José (1754-1796) et Don Fausto (1755-1833), qui réussirent à isoler le tungstène en 1783. Ils utilisèrent comme minéral le wolfram $(\text{Fe,Mn})\text{WO}_4$. Le nom du métal est donc celui du minéral étudié par les suédois et son symbole l'initiale du mot d'origine allemande, désignant un autre minéral. Il faut toutefois signaler que jusqu'au début de notre siècle, le symbole usuel était Tu. Pour obtenir le métal, les chimistes espagnols réduisirent à chaud, par le charbon pulvérisé, l'acide tungstique obtenu à partir du wolfram. Le métal se présentait sous forme de globules de la taille d'une tête d'épingle. Dans les années qui suivirent, ils préparèrent des alliages de tungstène avec l'or, l'argent le cuivre et le plomb en réduisant l'acide tungstique par le charbon à chaud, en présence de chacun de ces métaux.

Les frères avaient travaillé pendant six mois dans le laboratoire de Bergman à Upsal, et, retournés en Espagne, continuaient à avoir des relations suivies avec Bergman et Scheele qui les considéraient comme des chimistes d'excellente valeur. En 1790, ils partirent s'installer au Mexique où Don Juan-José mourut très vite. Don Fausto devint directeur des mines. Il revint en Espagne au bout de trente ans, très déçu par les conditions dans lesquelles il devait travailler au Mexique. Dans son pays, il fut directeur des mines et Secrétaire d'Etat. Il finit sa carrière

comme professeur à l'école des mines de Vescara dans la province de Biscaye.

Le tungstène, qui fond à 3410°C, de faible volatilité et résistant bien au fluage à chaud, est utilisé comme résistance chauffante de fours fonctionnant à haute température et comme filament de lampes à incandescence. Il se soude au verre pyrex, le coefficient de dilatation de chacun des deux corps étant très voisin l'un de l'autre. Le carbure de tungstène WC fritté est très dur et sert dans les outils à "coupe rapide".

FAMILLE DU MANGANÈSE

Les membres de cette famille sont au nombre de trois : manganèse, technétium, rhénium.

Manganèse

Mn (25). Il existe un minerai, la pyrolusite, appelé "magnésie noire" ou "manganèse" ou "savon des verriers" qui l'utilisaient pour blanchir le verre sali par l'oxyde de fer. L'allemand Johann-Heinrich Pott (1692-1777), spécialiste des réfractaires, estima dès 1740 que ce minerai renfermait une terre inconnue alors. Bergman et Scheele confirmèrent cette hypothèse mais ne purent réduire le minerai. Le suédois Johann-Gottlieb Gahn (1745-1818), élève de Bergman, réussit, en 1774, à obtenir du manganèse métallique en réduisant à chaud la pyrolusite, qui n'est autre que MnO_2 . Le nom de manganèse, qui est vraisemblablement une altération du mot magnésie, fut donné à ce nouveau métal. Celui-ci sert à la préparation de ferro-manganèses employés pour l'élaboration d'aciers spéciaux. C'est un désoxydant et désulfurant des aciers dont il améliore les propriétés mécaniques, en particulier la dureté dans le cas des aciers Hadfield (14%Mn).

Gahn était né à Voxna, dans le Helsinglant du Sud. Devenu orphelin dès son jeune âge, il dût travailler comme mineur dans les mines de fer de la région. Il réussit malgré tout à faire des études de minéralogie et de chimie chez Bergman, devint d'une très grande compétence dans les deux domaines et créa une entreprise minière et de fonderie, dont il était propriétaire et administrateur, et dans laquelle il développa des techniques nouvelles. C'est lui qui découvrit la présence de phosphore dans les os. Il ne publia qu'une très petite partie de ses travaux.

En 1784 il devint assesseur au Collège des Mines, et député libéral à la Diète. Ceux qui l'ont connu disaient que la bienveillance et la bonté du cœur rayonnaient de sa physionomie.

Technétium

Tc (43). Il s'agit d'un élément artificiel obtenu en 1937 par Perrier et Segré (1905-1989), en bombardant du molybdène, au cyclotron, avec des deutons. On lui connaît 21 isotopes. Il fut d'abord appelé "masurium" puis technecium. Il n'existe pas dans la nature. C'est le premier élément préparé artificiellement, d'où son nom qui vient du mot grec τεχνητος (artificiel).

Emilio Segré, américain d'origine italienne, reçut en 1959, avec Owen Chamberlain, le prix Nobel de Physique pour leur découverte de l'antiproton.

Rhénium

Re (75). Le rhénium fut découvert en 1925, par spectroscopie, dans un minéral provenant de la région rhénane, d'où son nom (*rhenus*, rhin en latin). Cette découverte faite par des chimistes allemands, W. Noddack (1893-1960), I. Noddack-Tacke (1896-1978) et O. Berg (1874-?), résulte d'une recherche systématique liée à l'absence d'un élément dans la classification périodique. Il est utilisé dans les thermocouples Re-W jusqu'à 2200°C. Son point de fusion est de 3170°C. Il catalyse certaines réactions dans l'industrie du pétrole.

DEUX AUTRES MÉTAUX SUÉDOIS

La Suède est un pays où abondent les gisements de métaux relativement rares. Les chimistes suédois, le plus souvent minéralogistes en même temps, ont pris, dans la lignée de Scheele, une part très importante dans leur découverte. Parler de métaux suédois est une façon de leur rendre hommage.

Le mode de préparation des métaux dont il s'agit est souvent proche de celui qui a été utilisé pour les autres métaux découverts pendant ce siècle, et certains ont des propriétés voisines. Après le manganèse et le molybdène, eux aussi découverts en Suède et présentés avec les familles du chrome et du manganèse, il s'agit maintenant du cobalt et du nickel.

Cobalt

Co (27). Un minerai appelé "cobalt" était utilisé depuis très longtemps par les grecs et les romains pour donner aux verres une belle coloration bleue foncée. Paracelse, le premier, fit mention dans ses écrits

du métal contenu dans ce minerai, et dont il ignorait la nature. Attaqué par les acides, le minerai donnait une solution bleue susceptible de colorer les verres alors que les solutions résultant de l'attaque acide des minerais de cuivre n'avaient pas cette propriété. L'analyse du minerai "cobalt" que fit en 1733 Georg Brandt (1694-1768), par voie ignée, montra qu'il contenait un métal nouveau dont la solution acide colorait bien en bleu les verres. Il l'appela "Cobalt", du nom du minerai dont il avait été extrait.

Cobalt vient du mot *Kobold* qui, dans les légendes allemandes, signifie "gnome", esprit laid et difforme, s'ingéniant à détruire le travail des mineurs.

Brandt était né à Riddarhytta en Suède. Il fit des études de chimie et de minéralogie à l'université d'Upsal puis travailla chez plusieurs chimistes européens au cours d'un très long périple. A son retour en Suède, il devint vérificateur des monnaies tout en dirigeant un laboratoire de chimie. En dehors de l'arsenic et du cobalt, il fit également des publications sur "L'attraction entre l'or et le mercure", sur "Le sel marin", "Le fer"... Il était membre de l'académie de Stockholm.

Le cobalt est ferro-magnétique. Il sert à l'élaboration d'aciers spéciaux. Le radiocobalt 60 est utilisé en thérapeutique (bombe au cobalt).

Nickel

Ni (28). L'histoire de la découverte du nickel présente des analogies avec celle du cobalt car les minerais dont ils ont été extraits étaient considérés comme devant tous les deux contenir essentiellement du cuivre.

Il existe un minerai appelé par les mineurs *kupfernickel*, dont on considérait à la fin du dix-septième siècle qu'il contenait du cobalt ou de l'arsenic associé avec du cuivre. Mais il n'avait jamais été possible d'en extraire ce métal bien que ses solutions acides aient un aspect très voisin de celles de cuivre. En allemand, *nickel* a la même signification que *kobold*: gnome, farfadet, esprit illusoire. Une bonne traduction de *kupfernickel* que l'on appelle maintenant nickelite, est donc "faux cuivre".

C'est Axel-Friedrich Cronstedt (1722-1765) qui, le premier, montra la présence d'un nouvel élément dans le *kupfernickel*, dont on sait maintenant qu'il s'agit d'arséniure de nickel. Il préleva l'oxyde vert formé à la surface du minerai et le réduisit à chaud par le charbon. Il obtint en 1751, un métal blanc qu'il réussit à fondre quelques années plus tard et observa qu'il était faiblement attiré par l'aimant. Cette découverte fut contestée par plusieurs chimistes qui pensaient qu'il s'agissait d'un mélange de cobalt, fer, cuivre et arsenic. Torbert Bergman, qui

prépara du nickel très pur, confirma les résultats obtenus par son compatriote. Bergman, ce grand chimiste, fut un novateur en matière d'analyse en proposant des réactifs nouveaux et spécifiques, ainsi que par ses travaux sur les composés du magnésium et du plomb. Sa réputation attira dans son laboratoire de très nombreux chercheurs étrangers.

Cronstedt était né dans la province de Södermanland, dans une famille de militaires. Il occupait une fonction importante au Bureau des Mines. Chimiste, mais peut-être surtout minéralogiste, comme de nombreux suédois à cette époque, il fit des travaux sur "La pierre à plâtre" et publia un mémoire sur la classification des minéraux, traduit en français sous le titre "Essai d'une nouvelle minéralogie". C'était un manipulateur de génie. Berzélius a dit de lui : « *Cronstedt, le fondateur du système chimique de la minéralogie, le savant qui, par sa perspicacité dans cette science a tellement devancé son époque qu'il ne fût jamais compris par elle, employait le chalumeau pour distinguer les minéraux. L'habileté à manier cet instrument avec adresse et sans fatigue ni détriment pour la santé, demandait un entraînement intensif auquel peu de chimistes se souciaient de se soumettre* ».

Le nickel est un catalyseur d'hydrogénation. Ses applications métallurgiques sont nombreuses, notamment pour la préparation d'alliages comme l'"invar" au très faible coefficient de dilatation, et surtout à cause de la bonne tenue à la corrosion des alliages Fe-Cr-Ni et à la protection du fer et des aciers par dépôt superficiel. Sa conductibilité électrique est élevée. Il en résulte qu'il sert pour les contacts électriques.

LES MÉTAUX DE LA MINE DU PLATINE

Platine, rhodium, palladium, osmium, iridium, ruthénium, ces six métaux existent à l'état natif, alliés ou non. Ils se présentent sous forme de grains qui contiennent généralement 80 à 85% de platine et environ 0,2 à 2% de palladium, rhodium, osmiure d'iridium et ruthénium. On y trouve également du fer et de l'or ainsi que des sables. Il est logique de les présenter en même temps car ils ont été découverts pratiquement ensemble, dans les premières années du dix-neuvième siècle, à l'exception du platine connu depuis 1748 et du ruthénium, cent ans après. La séparation de ces métaux exige une succession d'opérations assez délicates. Les métaux de la mine du platine ont des caractéristiques communes : haute température de fusion, 2700°C pour Os, 1555°C pour Pd, une grande inertie chimique, ce qui explique leur utilisation, notamment celle du platine, dans l'industrie chimique, très gran-

de activité catalytique. Ils sont également employés en joaillerie pour leur tenue vis à vis de l'environnement et leur aspect agréable.

Platine

Pt (78). En 1735, l'officier espagnol Don Antonio de Ulloa (1716-1795) fit partie d'une mission scientifique franco-espagnole envoyée au Pérou pour mesurer un degré du méridien qui se trouve près de l'équateur. Il accompagnait les astronomes français Louis Godin (1704-1760), Pierre Bouguer (1698-1758) et l'ancien officier Charles-Marie de La Condamine (1701-1774) ainsi que le botaniste Joseph de Jussieu (1704-1779), l'un des frères de la célèbre famille de professeurs au Jardin du Roi. Durant son voyage de retour, en 1744, le navire français fut arraisonné par la Royal Navy mais de Ulloa put sauvegarder ses documents scientifiques et, à son arrivée à Londres, il fut reçu par la Société Royale et élu membre de cette compagnie. En 1748, il fit paraître un livre retraçant son voyage, dans lequel il décrivait le métal qu'il avait trouvé dans des sables de rivières au Pérou. Les espagnols appelèrent ce métal *platino del pinto*, ce qui voulait dire "menu argent du Rio Pinto" et l'employèrent souvent pour falsifier l'or. Les mines furent alors fermées jusqu'au moment où sa valeur fut reconnue.

En Europe, le platine fut utilisé comme contrepoids en raison de son poids spécifique considérable. De nombreux chimistes s'intéressèrent à ce nouveau métal, en Suède, en Allemagne, en Angleterre et en France, notamment Antoine Baumé (1728-1804), pharmacien et chimiste, connu pour son invention de l'aréomètre, et Pierre-Joseph Macquer (1718-1784), car ils pensaient qu'il pourrait être utilisé pour la fabrication de récipients employés en chimie, grâce à sa résistance chimique et à son point de fusion très élevé.

Son mode de préparation, dû principalement à l'anglais William Hyde Wollaston (1766-1828), mais aussi aux français Chabanon, qui enseignait la chimie en Espagne, et Jannetty, orfèvre, était le suivant : le minerai était porté à haute température en présence d'arsenic et de potasse. Le fer et le cuivre s'oxydaient et passaient dans les scories. L'arséniure de platine formé, plus fusible, était grillé, mais le platine à l'état spongieux était toujours associé aux autres métaux précieux. On verra qu'il fut bientôt possible de séparer ceux-ci.

Ce platine avait des caractéristiques gênantes : on ne savait pas le fondre, ce qui rendait son élaboration très délicate, et il était très difficile à travailler. C'est Wollaston qui définit le protocole permettant de rendre malléable le platine spongieux. Il suffit de le comprimer fortement, de le recuire puis de le forger.



ANTOINE BAUMÉ (1728-1804).



PIERRE-JOSEPH MACQUER (1718-1784).

William Lewis (1714-1781) donne, en 1757, les principales propriétés de cet "or blanc" ou "huitième métal".

Vers 1860, Henri Sainte-Claire Deville et Henri Debray (1827-1888) avaient été frappés par le fait que les récipients mis hors service, pour une raison quelconque, ne valaient pas plus que le minerai lui-même, car il fallait utiliser, dans les deux cas, la même méthode d'élaboration du métal. Cela les conduisit à rechercher le moyen de fondre le platine et les amena à concevoir le chalumeau oxydrique. Une lingotière en chaux permettait un affinage du métal amené à l'état liquide. La contribution de ces savants à la connaissance de la métallurgie du platine et à sa récupération est très importante.

Debray était un collaborateur de Sainte-Claire Deville auquel il succéda comme professeur à la faculté des sciences de Paris. Il travailla avec Deville sur la préparation de l'aluminium puis s'intéressa aux propriétés du molybdène et à celles des métaux de la mine du platine.

L'utilisation du platine au laboratoire et en joaillerie est bien connue. Sous forme divisée, c'est un catalyseur très employé dans de nombreuses opérations industrielles.

* *
*

Rhodium - Palladium

Rh (45), Pd (46). C'est en 1803 que Wollaston découvrit en même temps le rhodium et le palladium dans le "minerai" de platine. Il donna au premier le nom de rhodium, du grec $\rho\delta\delta\omicron\nu$ qui veut dire rose, à cause de la couleur des sels de ce métal. Le palladium fut dédié à la planète Pallas qui venait d'être découverte. Un précipité jaune apparaît lorsque l'on verse du cyanure de mercure dans une solution résultant de l'attaque du minerai de platine par l'eau régale ($\frac{2}{3}\text{HCl}$, $\frac{1}{3}\text{HNO}_3$). Le palladium métallique est obtenu par calcination du précipité de cyanure.

Après l'attaque du minerai par l'eau régale et neutralisation de l'excès d'acide par la soude, on ajoute du chlorure d'ammonium, qui précipite le platine à l'état de chloroplatinate d'ammonium, et du cyanure de mercure pour former un précipité de cyanure de palladium. Après filtration, décomposition de l'excès de cyanure par l'acide chlorhydrique, évaporation à siccité et lavage à l'alcool, il reste une poudre rouge qui est le chlorure double de sodium et de rhodium. Le chauffage dans un courant d'hydrogène conduit à la formation d'une poudre métallique qui peut être fondue.

Le palladium a la propriété de pouvoir absorber une très grande quantité d'hydrogène, jusqu'à atteindre la phase PdH. C'est un catalyseur, comme le rhodium; celui-ci sert également à la réalisation de couples thermoélectriques Pt/Pt-10%Rh. Palladium et rhodium sont utilisés en joaillerie.

Wollaston était né à East Dereham dans le Norfolkshire. C'était le fils d'un pasteur anglican et il avait quatorze frères et soeurs. Après des études à Cambridge, il fut reçu médecin à 27 ans et n'exerça la médecine que jusqu'à 34 ans. En effet, il tira de gros revenus de son procédé permettant de rendre le platine malléable, et abandonna alors l'exercice de la médecine pour se consacrer à ses recherches appliquées. C'était un homme froid et réservé, très précis dans son travail. Il fit des publications dans de nombreux domaines, par exemple en métallurgie sur le titane et le tantale, en médecine sur la goutte, le diabète et le mal de mer, mais aussi sur les micromètres, les baromètres et les limites de l'atmosphère.

Osmium - Iridium

Os (76), Ir (77). L'attaque du platine brut par l'eau régale laisse un résidu noir d'aspect métallique. On pensait alors qu'il s'agissait de graphite. En France, Collet-Descotils d'une part, Fourcroy et Vauquelin d'autre part pensaient qu'il s'agissait de l'oxyde d'un métal nouveau. Le chimiste anglais Smithson Tennant montra, en 1804, que ce résidu était composé de deux métaux nouveaux qui pouvaient être séparés par l'action succes-

sive d'un acide et d'un alcali. Il appela osmium, du grec οσμη (odeur), celui dont l'oxyde possède une odeur caractéristique et iridium, du grec ιριδιος (arc en ciel), celui dont les composés ont des couleurs variées.

L'osmium est employé pour la fabrication de filaments de lampes à incandescence et l'iridium en alliage avec le platine pour rendre plus résistants le matériel de laboratoire et les instruments de chirurgie.

Tennant était né en 1761 dans le Yorkshire à Vensleydale. C'était, comme Wollaston, le fils d'un pasteur. A neuf ans, il était orphelin, sa mère s'étant tuée alors qu'elle était à cheval avec lui. Il eut une éducation très quelconque. A 20 ans, il partit étudier la chimie à Edimbourg chez Joseph Black (1728-1799) et, un an après, s'inscrivit au Christ's College de Cambridge pour suivre les enseignements de chimie, botanique, mathématiques et les Principes de Newton. Il voyagea beaucoup, notamment en Suède, aux Pays-Bas et en France et rencontra tous les savants de ces pays. Il devint docteur en médecine à Cambridge en 1796, mais jamais il n'exerça le métier de médecin. C'était un homme aimable et généreux mais indolent et désordonné, ce qui n'était pas incompatible avec son sens de l'humour. Il entretenait de bonnes relations avec Wollaston qui, un moment, avait été son assistant. Rentrant dans son pays après un séjour de six mois en France, il attendait à Boulogne sur Mer que les vents soient favorables pour traverser le Channel. Il en profita pour aller, à cheval, voir le site du camp de la Grande armée établi par Napoléon sur la falaise. Il fit une chute en passant sur un pont et se tua, comme sa mère. C'était en 1815.

Ruthénium

Ru (44). A la suite des travaux de son compatriote G.W. Osann qui, en 1828, avait annoncé la présence de trois nouveaux métaux dans le résidu de l'attaque du minerai de platine par l'eau régale, et qu'il avait appelés "pluranium", "ruthénium" et "polinium", le russe Karl Karlovitch Klaus (1796-1864) reprit l'étude de ce résidu et réussit, en 1844, à obtenir un nouveau métal auquel il laissa le nom de ruthénium (du latin *Ruthénia*, Russie), attribué par Osann. Le procédé consiste à calciner les produits ruthénifères dans un creuset d'argent, en présence de potasse et de nitrate de potassium. La masse fondue est dissoute par l'eau. La solution jaune-orange qui contient du ruthénate de potassium, est traitée par l'acide nitrique qui précipite de l'oxyde de ruthénium et du bioxyde d'osmium. Par action du chlorure d'ammonium, on obtient du chlororuthénate d'ammonium qui, après calcination, donne du ruthénium spongieux. Tout d'abord sceptique, Berzélius finit par admettre un an plus tard l'existence de ce nouveau métal.

Le ruthénium est le plus rare des métaux de la mine du platine. Il est très dur et sert en joaillerie et pour certains contacts électriques en addition du platine. C'est aussi un catalyseur.

Klaus était né à Dorpat, actuellement Tartu en Estonie, dans une famille d'artistes. Orphelin à l'âge de cinq ans, il eut une jeunesse difficile. Entré à quatorze ans comme préparateur chez un pharmacien de Saint-Pétersbourg, il obtint le diplôme de pharmacien et consacra tout son temps libre à la botanique. Il publia un livre intitulé "Fleurs de la Volga", devint assistant à l'université de Dorpat en 1831 puis professeur adjoint et professeur de chimie à Kazan où il avait été pharmacien. Il poursuivit ses recherches en chimie organique, et en 1851 retourna à Dorpat comme professeur et directeur de l'Institut de pharmacie. C'était un homme courtois, serviable, proche de ses étudiants, pour lesquels il avait réclamé que l'on accordât des bourses à ceux qui étaient nécessaires.

















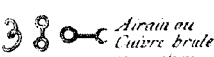


















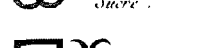
AUTRES ÉLÉMENTS DÉCOUVERTS AU XVIII^{ÈME} SIÈCLE (ZINC, CADMIUM, BISMUTH)

Zinc

Zn (30). La famille du zinc, outre ce métal, comporte le cadmium et le mercure. Ce dernier a été présenté avec les métaux dits anciens.

On signale l'utilisation du zinc pour l'élaboration du laiton vers 20 avant J.-C. Il s'agissait en fait d'une cémentation du cuivre par la "calamine", silicate, la "smithsonite", carbonate, ou la "blende", sulfure de zinc, les deux premiers minerais étant souvent confondus entre eux. Il était difficile d'isoler le zinc à cause de sa grande volatilité. Son nom, d'origine allemande, lui a été donné par Paracelse, vraisemblablement par confusion avec *Zinn* qui désigne l'étain. Un siècle avant qu'il soit obtenu en Europe, le zinc provenait des Indes.

C'est Andréas-Sigismund Margraff qui, en 1746, obtint le premier le métal par chauffage de calamine et de charbon dans un récipient clos. L'abbé Jean-Jacques-Daniel Dony, (1759-1819), métallurgiste belge, créa l'industrie du zinc vers 1805, dans la région de Liège, où le minerai est abondant. C'est en 1742 que le docteur Malouin (1701-1778) proposa de protéger le fer en le revêtant, par immersion dans le zinc. C'est le fer galvanisé. La protection est meilleure qu'avec l'étain fondu. Les revêtements industriels de zinc n'ont commencé à être utilisés qu'en 1836 avec Sorel. Ils le sont toujours. Le zinc est un élément d'alliage de certains aciers et de l'aluminium. Il est utilisé en protection cathodique de l'acier par anode réactive.

 <i>Acide .</i>	HE <i>Coaguler</i>	 <i>Huile .</i>	 <i>Sel Ammoniac .</i>
 <i>Acide Vitriolique .</i>	CC <i>Corne de Cerf.</i>	N <i>Luter .</i>	 <i>Sel Maria .</i>
 <i>Acide Nitreux .</i>	X  <i>Creuset.</i>	 <i>Marcar-silic.</i>	 <i>Sel Gemme .</i>
 <i>Acide Maria .</i>	C <i>Cristal et Cristallisation.</i>	 <i>Nitre ou Salpêtre .</i>	 <i>Sonde</i>
 <i>Air .</i>	 <i>Cuivre ou Eau .</i>	 <i>Or .</i>	 <i>Soufre .</i>
 <i>Airain ou Cuivre brulé xxx ustum .</i>	 <i>Cucurbite .</i>	 <i>Phlegme .</i>	 <i>Soufre des Philosophes.</i>
 <i>Alum .</i>	B <i>Décoction .</i>	 <i>Phlogistique .</i>	 <i>Soufre Lif.</i>
 <i>Amalgame .</i>	 <i>Dissolution .</i>	 <i>Phosphore .</i>	 <i>Soufre Noir .</i>
 <i>An .</i>	 <i>Distiler .</i>	PC <i>Pierre Calam = natre</i>	SSS, <i>Stratum Super Stratum, ou couche par couche .</i>
 <i>Antimoine .</i>	 <i>Eau .</i>	 <i>Purifier .</i>	 <i>Sucre .</i>
 <i>Arsenic .</i>	 <i>Eau de Pluye</i>	QE <i>Quinte-essence .</i>	 <i>Tartre .</i>

SPÉCIMEN DE QUELQUES SIGNES ABRÉVIATIFS EMPLOYÉS PAR LES CHIMISTES AU XVIII^{ème} SIÈCLE (extrait de l'“Encyclopédie” de Diderot et d'Alembert).

Cadmium

Cd (48). Ce métal fut découvert en 1817 par Friedrich Stromeyer (1776-1835). Il avait fait toutes ses études à Göttingen et devint par la suite professeur à l'université de cette ville. Il fit cependant un long séjour à Paris, dans le laboratoire de Vauquelin qui eut sur lui une très heureuse influence. Ses fonctions d'Inspecteur des pharmacies du Hanovre l'amènèrent à s'intéresser à un oxyde de zinc qui prenait une coloration jaune lorsqu'il était chauffé à haute température. Il en conclut que le phénomène était dû à la présence de l'oxyde d'un autre métal qu'il put séparer de l'oxyde de zinc et en extraire un nouveau métal. Pour cela, il attaqua le minerai à l'acide sulfurique puis à l'hydrogène sulfuré. Le précipité était dissous dans l'acide chlorhydrique, évaporé à sec. Le carbonate d'ammonium dissolvait Zn et Cu. Le carbonate du nouvel élément était transformé en oxyde. Chauffé avec du noir de fumée, il donnait le nouvel élément.

Il l'appela cadmium, qui vient de “cadmie”, carbonate de zinc extrait de la mine de zinc de Kadmos, située près de Thèbes. Le cadmium n'a pas de minerai spécifique, il accompagne le zinc.

Le cadmium est utilisé pour assurer la protection du fer contre la corrosion. Le revêtement est obtenu soit en trempant la pièce à protéger dans le métal liquide, au dessus de 321°C, soit par électrolyse. Il sert aussi à la fabrication des accumulateurs alcalins Cd-KOH-Ni. Dans les piles atomiques, l'introduction de barres de cadmium, qui absorbe les neutrons sans exploser, permet de contrôler la vitesse des réactions "en chaîne" dont elles sont le siège et ainsi d'éviter qu'elles ne s'emballent.

Bismuth

Bi (83). Le bismuth appartient à la famille de l'azote avec le phosphore, l'arsenic et l'antimoine précédemment étudiés. Son nom vient de l'allemand *Wismuth*. Il était connu depuis l'antiquité, mais on ne le distinguait pas du plomb ni de l'étain. La première mention du bismuth comme métal particulier a été faite au commencement du XVI^{ème} siècle par Georgius Agricola. Cependant, ce sont, un siècle plus tard, les travaux de Jean Hellot (1685-1766), de Johann Heinrich Pott et surtout de Claude Joseph Geoffroy dit Geoffroy le jeune (1685-1752), qui démontrèrent l'existence du nouvel élément. Geoffroy était chimiste et botaniste. Il effectua notamment des travaux sur la fécondation des fleurs et détermina la composition du sulfate de sodium. En 1753, après sa mort, un traité dont il était l'auteur fut publié. Il avait pour titre : "L'analyse chimique du bismuth de laquelle il ressort une analogie entre le plomb et ce semi-métal". Il indiquait les principales propriétés du bismuth. Geoffroy fit de très nombreux travaux dans des domaines divers, par exemple le borax, les huiles essentielles, l'analyse des viandes animales.

Le bismuth, dont une des caractéristiques physiques est, comme l'eau, d'augmenter de volume en se solidifiant, a un point de fusion de 271°C. Son emploi principal est l'élaboration d'alliages à bas point de fusion, par exemple l'alliage de Wood, (Bi 50%, Pb 25%, Cd 12,5% et Sn 12,5%) qui fond à 65,5°C.



4

L'ESSOR DE LA CHIMIE AUX DIX-NEUVIÈME ET VINGTIÈME SIÈCLES

L'ESSOR PRIS PAR LA CHIMIE durant le siècle précédent, sous l'impulsion de Lavoisier en particulier, a beaucoup contribué à la prodigieuse amélioration de nos connaissances dans ce domaine. Entre 1799 et 1895, 46 éléments nouveaux ont été découverts. C'est aussi la période qui a vu la naissance de grandes théories et la découverte de faits nouveaux qui ont si profondément marqué la chimie.

Il convient de citer en particulier la théorie atomique de John Dalton* (1766-1844), qui s'inspira des travaux de Leucippe (460-370 av. J.-C.) et de son disciple Démocrite (460-377 av. J.-C.) soulevant de vives controverses, l'introduction de la notion d'ion et de l'électrochimie par Michael Faraday* (1791-1867), les travaux de l'italien Avogadro* (1776-1856) et d'Ampère (1775-1836) qui établirent la distinction entre atomes et molécules, la découverte en 1896 de la radioactivité naturelle par Henri Becquerel (1852-1908), prix Nobel de physique en 1903 avec Pierre et Marie Curie*, l'identification des rayonnements émis par les corps radioactifs et la transmutation artificielle par le physicien anglais Ernest Rutherford (1871-1937), prix Nobel de chimie en 1908 "pour ses recherches sur la désintégration des éléments et la chimie des substances radioactives", la radioactivité artificielle par Frédéric (1900-1958) et Irène (1897-1956) Joliot-Curie*, prix Nobel de chimie en 1935 "en reconnaissance de leurs synthèses de nouveaux éléments radioactifs".

Des techniques nouvelles qui se sont propagées et perfectionnées petit à petit dans les laboratoires et dans l'industrie ont fortement contribué à cet essor. Quatre d'entre elles méritent sans doute que l'on s'y arrête plus longuement. Il s'agit de la pile électrique, de l'analyse spectrale, de la photographie et des hautes températures. Elles seront rappelées dans un chapitre suivant.

LES ALCALINS

Lithium, sodium, potassium, rubidium, césium, francium, les alcalins ont été découverts ou isolés entre 1807 et 1939, peu de temps après la création des techniques nouvelles favorisant l'analyse chimique.

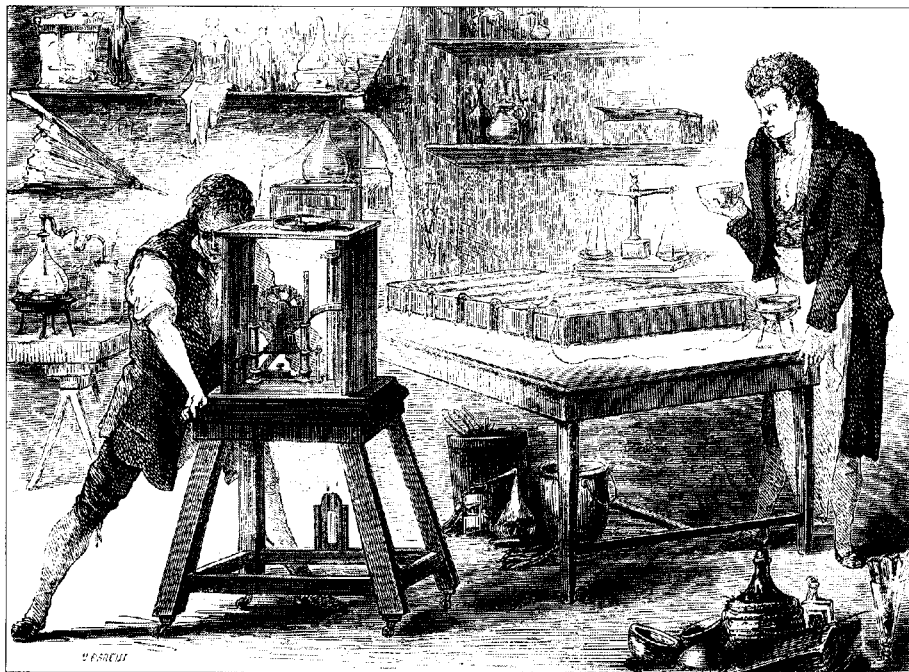
Lithium

Li (3). Le lithium a été découvert en 1817 par un jeune chimiste suédois, Johann August Arfvedson (1792-1841), élève du grand chimiste suédois Berzélius. Celui-ci a décrit l'événement dans une lettre adressée à Berthollet* (1748-1822): « (...) *Le nouvel alcali a été découvert par M. Arfvedson, jeune chimiste très habile, qui depuis un an travaille dans mon laboratoire. Il a trouvé cet alcali dans une roche déjà découverte par M. Andrada dans la mine d'Uto, et nommée par lui "pétalite". Cette roche est composée de 50% de silice, 17% d'alumine et 3% du nouvel alcali. Pour retirer ce dernier, on se sert de la méthode ordinaire consistant à calciner la roche en poudre avec du carbonate de baryte, et à en séparer toutes les terres... Il crut devoir en examiner de plus près chaque partie constituante; et c'est par la suite d'un tel examen qu'il s'aperçut que la substance alcaline avait des propriétés différentes des autres alcalis. Nous avons donné à cet alcali le nom de "lithium", pour rappeler qu'il a été découvert dans le règne minéral, tandis que les deux autres l'ont été dans le règne végétal* ». Arfvedson trouva également du lithium dans le spodumène ou triphane, silicate d'aluminium et de lithium, et la lépidolithe, mica blanc ou rose. Son nom vient du grec λιθος (pierre).

L'extraction du lithium métal, le plus léger des éléments solides, fut difficile à effectuer. Après différentes tentatives vaines de réduction de l'oxyde, c'est finalement l'électrolyse du chlorure fondu qui permit d'atteindre le résultat cherché. Humphrey Davy prépara également un peu de lithium de la même façon.

Les composés du lithium sont utilisés dans l'industrie du verre. Le produit possède alors une meilleure résistance aux chocs. Les alliages Al-Li sont l'objet de recherches car ils possèdent de très bonnes caractéristiques mécaniques et une faible masse volumique. Il faut également signaler l'existence de piles alcalines au lithium.

La carrière scientifique d'Arfvedson fut de courte durée. Dès 1820, il acheta une fonderie et une importante propriété dans la région de Södermanland, publia encore quelques résultats d'analyse, qui furent d'ailleurs controversés, et disparut complètement de la scène scientifique.



SIR HUMPHREY DAVY DÉCOMPOSE LES ALCALIS PAR LA PILE VOLTAÏQUE (1807).

Sodium - Potassium

Na (11), K (19). Les “terres alcalines”, notamment la potasse et la soude, étaient connues depuis longtemps, et les chimistes se doutaient qu’il s’agissait d’oxydes métalliques. Certains pensaient, par analogie avec l’ammoniaque, qu’ils contenaient de l’azote. Sir Humphrey Davy fut l’un des premiers chercheurs à utiliser le courant électrique dans ses expériences. Il avait déjà réussi à décomposer l’eau par électrolyse : «*Il paraît évident que l’eau chimiquement pure est décomposée par l’électricité en deux substances gazeuses seulement, en oxygène et en hydrogène*». Il appliqua la méthode en se servant “d’une batterie de 250 plaques” pour tenter la même opération avec la potasse en solution aqueuse, mais ne réussit qu’à décomposer l’eau. Il décida donc d’utiliser la potasse “en fusion ignée”. Le 6 octobre 1807, il obtenait du “potassium”, nom qu’il donnait à l’élément extrait de la potasse, *potash* en anglais et *pottasche* en allemand (cendres de pot). Il constatait aussitôt que cet élément brûlait au contact de l’eau dont il libérait de l’hydrogène. Le symbole K vient de l’arabe *kali* (plante aux cendres alcalines) devenu *kalium* en latin.

Quelques jours plus tard, le sodium était libéré de la même façon à partir de la soude. Sodium vient de *soda* qui signifie soude en anglais.

Le symbole Na vient de l'espagnol *natron* issu de l'arabe *natroun*, qui désigne le carbonate de sodium naturel. Les sels de sodium sont les matières premières de nombreuses préparations industrielles, notamment le chlorure dissous ou fondu, celui-ci étant un milieu très ionisant. Le sodium est un agent d'échanges thermiques dans les piles atomiques à uranium. On l'utilise dans des lampes à vapeur. Les sels de potassium ont principalement un emploi comme engrais chimiques, K étant un élément indispensable au développement des plantes.

Rubidium - Césium

Rb (37), Cs (55). Bunsen (1811-1899) et Kirchhoff (1824-1887) ont découvert le césium et le rubidium par spectroscopie. Pour le césium, ils sont partis d'eau minérale de Dürkheim dans laquelle ils précipitèrent la chaux, la strontiane et la magnésie. Le résidu fut repris par l'alcool, la lithine séparée. L'examen spectroscopique montra alors, en plus des raies des alcalins connues dans cette partie du spectre, des raies bleues ne pouvant appartenir qu'à un métal alcalin non encore découvert. La publication fut faite à l'académie des sciences de Berlin le 10 mai 1860. Le nom de césium lui fut donné car c'était celui que les anciens utilisaient pour désigner "le bleu de la partie supérieure du firmament". Le césium ne fut isolé que 20 ans plus tard par Carl Setterberg, dans le laboratoire de Bunsen, en effectuant l'électrolyse du cyanure de césium, avec une cathode de mercure.

Le 23 février 1861, Bunsen et Kirchhoff annonçaient à l'académie des sciences de Berlin la découverte, toujours par spectroscopie, d'un autre métal alcalin présentant des raies caractéristiques de couleur rouge foncé. Ils lui donnèrent le nom de rubidium, du latin *rubidus*, mot que les anciens employaient pour désigner le rouge le plus sombre.

Le rubidium et le césium entrent dans la composition de cellules photoélectriques, du fait de leur émission photoélectrique dans le visible, et dans la composition de verres spéciaux. L'horloge atomique utilise ^{87}Rb , isotope naturel, et ^{135}Cs . Le césium fond à $28,5^{\circ}\text{C}$.

Francium

Fr (87). C'est en 1939 que l'élément 87, dont l'existence avait été prévue, fut découvert par Marguerite Perey (1909-1975), au laboratoire Curie. Il s'agit d'un produit de désintégration de l'actinium, initialement appelé actinium K, puis francium. Il a une période de 21 minutes. Ses propriétés sont voisines de celles du césium. Marguerite Perey fut nommée professeur de physique nucléaire à la faculté des sciences de Strasbourg en 1949.

LES ALCALINO-TERREUX

Béryllium, magnésium, calcium, strontium, baryum, radium, ces métaux forment le groupe des "alcalino-terreux", du nom autrefois utilisé pour les "terres alcalines" à partir desquelles ils ont été extraits. Mis à part le béryllium et le radium, les quatre autres métaux de ce groupe ont été isolés par Davy après que Berzélius ait réussi à décomposer la chaux et la baryte. Il faut dire que Davy fut aidé dans une très large mesure par les travaux que celui-ci venait de faire avec son collaborateur le docteur Pontin (1781-1858), médecin du roi. Il leur rendit d'ailleurs hommage en ces termes : « *Depuis que vous m'avez envoyé vos notes, j'ai fait d'autres essais plus fructueux et, en combinant votre mode opératoire ingénieux avec ceux que j'ai employés auparavant, j'ai réussi à obtenir des quantités suffisantes d'amalgame pour la distillation* ».

Béryllium

Be (4). Cet élément tire son nom de celui de son minerai, le béryl (du grec βερυλλος, brillant), qui est un aluminosilicate. L'émeraude est du béryl contenant des traces de chrome qui lui donnent sa couleur verte. Le célèbre Louis Nicolas Vauquelin présenta à l'Académie, le 26 pluviose de l'an VI (février 1798), une note dans laquelle il démontrait que le béryl et l'émeraude avaient la même composition, et qu'ils contenaient de la silice, de l'alumine et une nouvelle terre blanche, carbonate d'une base différente de l'alumine. Il réussit à la préparer, ainsi que plusieurs de ses sels, et proposa, après avis des rédacteurs des "Annales de Physique et de Chimie", que cet oxyde soit appelé glucine (du grec γλυκος, sucré), étant donnée la saveur de ses sels. Cette appellation fut changée beaucoup plus tard à la suite de la recommandation de l'Union Internationale de Chimie. Le métal correspondant, le glucinium, devint donc le béryllium. Mais, sur la recommandation de Klaproth et de Ekeberg (1767-1813) qui estimaient que la saveur sucrée appartenait également aux sels de la terre d'Yttria et n'était donc pas spécifique de la terre de béryl, les allemands utilisaient déjà l'expression terre de béryl depuis 1802.

A propos de la découverte du béryllium, Antoine François Fourcroy, qui eut à son époque une grande influence sur le développement de la chimie française, écrivait : « *C'est à la géométrie que nous devons en quelque sorte cette découverte; c'est cette science qui en a fourni la première idée et nous pouvons dire que, sans elle, la connaissance de cette nouvelle terre n'aurait pas été acquise avant longtemps (...)* ». En effet, l'abbé minéralogiste René Just Haüy (1743-1822), avait indiqué

que l'émeraude et le béryl n'étaient très vraisemblablement qu'un seul et même corps étant donné l'identité presque parfaite existant entre les caractéristiques géométriques de ces deux minéraux. Et c'est à la suite de cette observation que Vauquelin avait décidé d'analyser les deux corps.

Ce n'est qu'en 1828 que l'allemand Frédéric Wöhler*, par action du potassium sur le chlorure de béryllium, réussit à isoler ce métal. Simultanément et indépendamment, le français Antoine Alexandre Brutus Bussy (1794-1882) obtint le même résultat. Le métal était à l'état pulvérulent et ne put être fondu ni par l'un ni par l'autre. C'est Paul Lebeau (1868-1959), qui prépara le premier du béryllium massif et pur, par électrolyse sous 80 volts d'un mélange de fluorure de sodium ou de potassium et de fluorure de béryllium. Ce travail fut présenté en 1898 comme thèse de doctorat es sciences sous le titre: "Recherches sur le glucinium et ses composés". Paul Lebeau, pharmacien d'origine, était professeur à la faculté de pharmacie de Paris et membre de l'Institut. Ancien préparateur de Moissan, il avait poursuivi des recherches sur la chimie du fluor, participé activement à la conception du four à arc et consacré beaucoup de son temps aux recherches sur la chimie minérale à haute température. Il étudia également des composés gazeux, en particulier le fractionnement aux basses températures des gaz liquéfiables dans l'air liquide et réalisa l'analyse précise des mélanges gazeux de carbures d'hydrogène.

Le béryllium est un générateur de neutrons sous l'action de particules α , un bon modérateur et aussi un matériau de gainage de l'uranium. Le "cuivre au béryllium", Cu-3%Be, possède une très bonne élasticité, d'où son emploi pour fabriquer les ressorts spiraux de montres. Le béryllium et ses dérivés sont toxiques.

Magnésium

Mg (12). Joseph Black publia en 1775 un traité célèbre intitulé: "Expériences sur la magnésie blanche, la chaux vive et quelques substances alcalines", dans lequel il démontrait que les carbonates calcinés perdaient de "l'air fixe" (de l'anhydride carbonique) et que la magnésie différait de la chaux. En 1808, Davy prépara un peu de magnésium par électrolyse avec cathode de mercure, l'amalgame étant ensuite détruit par distillation du mercure. Il obtint ainsi une très petite quantité de métal, insuffisante pour permettre la distillation. Le magnésium, le calcium, le strontium et le baryum ont été préparés de la même façon. Gay-Lussac* (1778-1850) et Thénard* montrèrent cependant que les alcalino-terreux pouvaient être obtenus en réduisant leur oxyde par le carbone ou le fer.

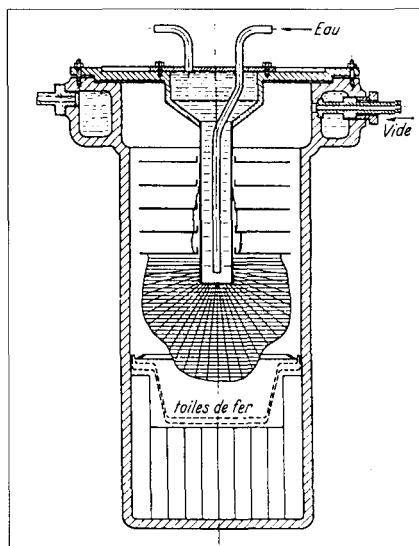


ALEXANDRE-ANTOINE-BRUTUS BUSSY (1794-1882).

C'est Bussy qui, en 1831, obtint pour la première fois, le magnésium sous forme compacte, en chauffant un mélange de potassium et de chlorure de magnésium. Le nom de magnésium a été donné à ce métal parce qu'il est préparé à partir d'un minerai découvert dans l'île grecque de "Magnésie", tout comme la "pierre d'aimant". Davy avait proposé que le métal soit appelé "magnium" pour ne pas le confondre avec manganèse; il ne fut pas suivi par l'usage.

Le magnésium sert à l'élaboration des alliages dits "ultra légers" utilisés en aéronautique car la densité de Mg est de 30% inférieure à celle de l'aluminium. Ces alliages contiennent de 3 à 7% d'aluminium qui durcit le magnésium. Les alliages d'aluminium avec 3 à 6% de magnésium ont de bonnes propriétés mécaniques. Le magnésium sert aussi à assurer une protection électrochimique (protection cathodique) des canalisations enterrées. Il brûle facilement à l'air car il bout dès 1100°C, son point de fusion étant de 650°C. C'est un métal très réducteur.

Bussy, né à Marseille, suivit les enseignements de l'école polytechnique. La passion qu'il avait pour la chimie lui fit abandonner rapidement la carrière militaire pour s'engager comme apprenti dans une pharmacie. Après des études à Lyon et à Paris, il obtint le diplôme de pharmacien en 1823 et celui de docteur en médecine en 1832. Il enseigna la pharmacologie à la chaire de médecine de l'École de pharmacie et, en 1856, fut président de l'Académie de médecine. La plupart de ses



APPAREIL DE J. HÉRENGUEL ET G. CHAUDRON POUR LA SUBLIMATION DU MAGNÉSIUM (1932).

recherches concernant la pharmacologie. Il découvrit cependant le béryllium, isola le magnésium, et publia en 1831 une note intitulée: "Sur le radical métallique de la magnésie".

Calcium - Strontium - Baryum

Ca (20), Sr (38), Ba (56). Les anciens connaissaient la chaux, mais ils ignoraient tout de sa composition chimique. Au XVIII^{ème} siècle, certains pensaient que la chaux et la baryte étaient des éléments, Lavoisier que c'étaient des oxydes. Par électrolyse, Davy obtint et isola ces trois éléments en 1808, en l'espace de quelques semaines.

La baryte fut distinguée de la chaux pour la première fois par Scheele en 1779 à partir du "spath pesant" ou sulfate de baryum et c'est l'écossais Crawford qui montra l'existence d'une terre nouvelle, la strontiane, qu'il ne fallait pas confondre avec la baryte. Ce résultat fut rapidement confirmé par plusieurs grands chimistes, dont Fourcroy et Vauquelin.

Le calcium qui tire son nom du mot latin *calx* (chaux), est un réducteur puissant et permet, par calcithermie, la préparation d'autres métaux se présentant à l'état d'halogénures, l'uranium par exemple. Les composés du calcium ont des applications multiples. Le plâtre est le sulfate semi-hydraté.

Le nom strontium vient de celui de la mine de plomb de Strontian, en Ecosse dans l'Argyleshire, où fut découverte la strontiane.

Les sels de ce métal sont utilisés en pyrotechnie pour la coloration rouge qu'ils donnent aux flammes.

Le baryum possède la masse volumique la plus élevée des alcalino-terreux, 3,75 contre 2,55 pour le strontium et 1,55 pour le calcium. C'est pour cela qu'il porte ce nom qui vient du mot grec βαρυς (lourd). Le sulfate de baryum est utilisé en radiographie médicale afin d'augmenter les contrastes, comme pigment des peintures, pour constituer des boues denses employées dans les forages pétroliers.

Radium

Ra (88). En 1896, Becquerel découvre la radioactivité naturelle de l'uranium. Il est conduit à penser qu'il s'agit d'un rayonnement particulier car celui-ci se produit avec des sels d'uranium, qu'ils soient ou non fluorescents. Il appelle "rayons uraniques" cette émission.

Pierre et Marie Curie étudient alors toute une série de corps parmi lesquels l'uranium, la pechblende, la chalcopite, l'autunite, la thorite, et observent que l'intensité du rayonnement n'est pas proportionnelle à la quantité d'uranium qu'ils renferment. Ils pensent donc que ces corps contiennent un élément beaucoup plus actif que l'uranium.

La méthode de recherche est basée sur des mesures de radioactivité. Chaque fois qu'ils effectuent une séparation, Pierre et Marie Curie mesurent la radioactivité de tous les produits obtenus. Ils découvrent la présence de deux nouveaux éléments radioactifs naturels, le polonium qui accompagne le bismuth dans toutes les séparations et le radium qui accompagne le baryum. Il faut préciser que les éléments radioactifs sont présents dans les minerais en très faible quantité. Afin de les obtenir en quantité utilisable pour des mesures ultérieures, les Curie purent disposer, grâce à des concours extérieurs, de plusieurs tonnes de pechblende provenant de la mine de Joachimstahl, en Bohême, pour obtenir quelques décigrammes de produits actifs. C'est donc un travail difficile long, fastidieux et onéreux.

C'est le résidu insoluble du traitement du minerai dans l'acide sulfurique étendu qui contient les éléments radioactifs. Son activité est 4,5 fois supérieure à celle de l'uranium métallique. Ce résidu contient des sulfates de presque tous les métaux. Le sulfate de radium est le moins soluble. On traite au carbonate de soude. Après lavage et attaque à l'acide chlorhydrique, le chlorure de baryum radifère se forme. Les deux chlorures sont séparés l'un de l'autre par cristallisation fractionnée, le chlorure de radium étant moins soluble que celui de baryum. L'augmentation de la concentration en radium du chlorure de baryum a pu être suivie en spectroscopie par le grand spécialiste Demarçay* (1852-

1903) car le spectre présente des raies caractéristiques dont l'intensité croît avec la teneur en radium. Marie Curie a pu préparer le chlorure de radium à un degré de pureté élevé.

On obtient du bismuth de plus en plus concentré en polonium soit par sublimation du sulfure, soit par action d'hydrogène sulfuré sur une solution chlorhydrique. Les sulfures qui précipitent sont très actifs. L'opération peut être répétée. Il n'est malheureusement pas possible de suivre par spectroscopie, comme pour le radium, l'évolution de la concentration en polonium car seules les raies du bismuth apparaissent.

Radium vient du grec $\rho\alpha\delta\iota\sigma$ (rayon). Le radium ne fut isolé qu'en 1910 par Marie Curie et André Louis Debierne (1874-1949), en effectuant une électrolyse du chlorure fondu. Il a tous les caractères du baryum, son poids atomique est de 225. Radioactif, sa période est de 1590 ans. C'est un élément radioactif naturel. Debierne était professeur à la faculté des sciences de Paris et fut directeur de l'Institut du radium.

Pierre et Marie Curie obtinrent le Prix Nobel de Physique en 1903 et Marie Curie celui de Chimie en 1911, "pour les services rendus à la chimie en découvrant les éléments radium et polonium et pour l'isolement du radium et l'étude de la nature des composés de ce remarquable élément".

FAMILLE DU VANADIUM

Vanadium, niobium, tantale: ces métaux ont été découverts tout au début du dix-neuvième siècle, mais ils ne purent être isolés à l'état pur que beaucoup plus tard. Ils présentent des analogies avec ceux de la famille du titane.

Vanadium

V (23). En examinant un échantillon de plomb brun de Zimapan, Andrés Manuel del Rio (1765-1849), professeur de minéralogie à Mexico, annonça qu'il contenait un nouveau métal analogue au chrome et à l'uranium. C'était en 1801. L'élément dont il s'agissait fut appelé érythronium, à cause de la couleur rouge pâle de ses sels. On n'en entendit plus parler jusqu'en 1831 lorsque le chimiste suédois Nils Gabriel Sefström (1787-1845) découvrit un nouvel élément dans le fer extrait de la mine de Taberg en Smaland. Il l'appela vanadium, du nom d'une déesse scandinave. Wöhler retrouva ce même métal dans le minerai de del Rio appelé maintenant vanadinite, $PbCl_3 \cdot 3Pb_3(VO_4)_2$.

Médecin à 26 ans, Sefström exerça son métier pendant quatre ans dans un hôpital, devint professeur de Chimie et de Sciences à l'Institut

Carolin de Médecine et de Chirurgie, puis professeur de Chimie à l'école des mines de Stockholm, nouvellement créée.

Le vanadium fut isolé en 1869, sous forme de poudre d'un "éclat argenté blanc", par Sir Henry Enfield Roscoe, (1833-1915), en chauffant le sel dans une capsule en platine placée dans un tube de porcelaine, en l'absence d'oxygène et d'humidité.

On sait maintenant préparer du vanadium pur à plus de 99,9%. Ce métal est utilisé pour l'élaboration d'aciers spéciaux afin d'améliorer leurs caractéristiques mécaniques. Son utilisation principale est en sidérurgie ; il augmente la résistance à la traction et au choc.

Niobium

Nb (41). Le 26 novembre 1808, le chimiste anglais Charles Hatchett (1765-1847) présenta devant la Royal Society un mémoire intitulé "Analyse d'un minéral de l'Amérique du Nord inconnu à ce jour". Ce minéral avait été trouvé près d'une source proche de sa demeure par le Gouverneur du Connecticut, minéralogiste à ses heures. L'échantillon de ce que l'on appela "columbite", envoyé à Londres, fut placé au British Muscum. Cela se passait près de cent ans avant qu'Hatchett ne s'y intéresse.

Il avait fallu beaucoup de talent au chimiste anglais pour découvrir un nouvel élément dans la columbite où l'on devait trouver également Ta, Ti, W, Zr, Th, Ce et Y sous différentes formes. La découverte fut contestée par de nombreux chimistes qui pensaient qu'il s'agissait de tantale, jusqu'à ce que de Marignac (1817-1894) et Henri Rose (1795-1864) confirment les conclusions de Hatchett.

C'est C.W. Blomstrand qui, en 1864, isola le columbium par réduction de son chlorure dans l'hydrogène, à forte température. En 1901, Moissan parvint à préparer au four électrique ce nouveau métal, à un degré de pureté assez élevé. Clarence W. Blake, aux États-Unis, présenta pour la première fois des feuilles et des baguettes de colombium.

Le nom de columbium (ou colombium) a été donné à cet élément en l'honneur de Christophe Colomb (1451-1506). Vers 1845, celui de niobium fut proposé pour remplacer columbium. Il s'agissait de marquer l'analogie entre les propriétés du tantale et celles du niobium, qui vient du nom de Niobé, fille de Tantale, roi mythique de Phrygie. Il n'a été officiellement accepté qu'en 1949.

Le niobium, en ralentissant la formation et la coalescence aux joints intergranulaires des carbures de chrome du type Cr_{23}C_6 par formation préférentielle de carbures NbC, augmente la résistance à la corrosion des aciers inoxydables dits "stabilisés".

Ayant succédé à son père, constructeur de voitures, Hatchett abandonna malheureusement toutes ses recherches à un âge où l'on peut penser que, les années suivantes, il aurait apporté à la chimie des découvertes, grâce au talent de chimiste qu'il avait déjà manifesté.

Tantale

Ta (73). Le tantale et le niobium ont souvent été confondus car les minerais du niobium contiennent toujours du tantale. Le tantale a été découvert en 1802 par le suédois Gustaf Ekeberg (1767-1813). C'est lui qui eut Berzélius comme élève et l'initia à la recherche en chimie. En analysant un échantillon de tantalite et un autre d'ytrotantalite, Ekeberg constata que tous les deux contenaient un métal jusqu'alors inconnu. La séparation Ta-Nb est très délicate. Le tantale peut être séparé par recristallisation de ses fluorures de potassium. Il n'a été obtenu à l'état raffiné que depuis le début du vingtième siècle.

Le tantale est très résistant à la corrosion par les acides. Il est utilisé dans l'industrie chimique, en métallurgie, en électronique, dans la fabrication de prothèses et dans celle de verres de haut indice de réfraction. Il fond à 2995°C.

FAMILLE DU BORE

(BORE, ALUMINIUM, CALLIUM, INDIUM, THALLIUM)

Bore

B (5). Le bore existe dans la nature sous forme de borate de magnésium ou de borate de sodium (borax) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. La composition chimique de l'acide borique (ou boracique), était inconnue jusqu'au début du XIX^{ème} siècle. En 1808, Gay-Lussac et Thénard en France, et Davy en Grande Bretagne réussirent à décomposer l'acide par le potassium et à obtenir un nouvel élément que les deux français appelèrent "bore" et Davy le "boracium". Bore vient de borax, *boûrah* en persan. Il s'ensuivit une polémique sur la paternité de la découverte. Davy écrivit: «*J'ai produit le premier bore en octobre 1807 en décomposant l'acide boracique par le moyen de l'électricité, et, en mars 1808, par le potassium; mais je ne l'obtins pas en quantité suffisante pour en examiner les propriétés et pour m'assurer de sa nature. En juin 1808, MM. Gay-Lussac et Thénard firent l'expérience d'échauffer l'acide boracique avec le potassium, mais ce ne fut qu'au milieu de novembre qu'ils décrivent les propriétés du bore; et au commencement du même mois, je m'étais procuré une assez grande quantité de ce corps pour pouvoir en rechercher les rapports chimiques*». Le mérite de Gay-

Lussac et Thénard est d'avoir non seulement décomposé l'acide borique, mais aussi d'en avoir fait la synthèse et décrit la façon de procéder pour y parvenir.

Le bore intervient sous la forme B_2O_5 dans la composition de verres borosilicatés type pyrex, qui ont la propriété de résister aux chocs thermiques. Il est utilisé comme absorbeur de neutrons dans les piles atomiques. Le nitrure de bore BN est d'une dureté voisine de celle du diamant. Il sert comme abrasif.

Aluminium

Al (13). Bien que ce soit l'un des éléments les plus répandus dans la nature, il fut inconnu pendant des siècles. Stahl, cependant, avait remarqué que l'alun renferme une base inconnue. Le nom "aluminium" vient d'ailleurs d'alum, *alumen* en latin.

Le minerai utilisé actuellement pour la préparation de l'aluminium est la "bauxite", du nom du village "Les Baux de Provence", où le premier échantillon fut découvert en 1821. Il contient 40 à 50% d'alumine (Al_2O_3), de l'oxyde de fer et différentes autres impuretés. C'est Friedrich Wöhler qui, le premier, en 1827, réussit à extraire l'aluminium, mais il convient de signaler qu'il fut aidé par les travaux antérieurs de Hans Christian Ersted (1777-1851), le grand physicien danois, plus connu pour ses travaux sur les rapports étroits existant entre électricité et magnétisme.

L'alumine est très stable, donc très difficile à réduire chimiquement. Pour extraire le métal, il faut avoir recours à ses sels. La préparation du chlorure d'aluminium, sel choisi par Wöhler, était délicate, et sa décomposition par le potassium nécessitait une grande maîtrise expérimentale. Finalement, on obtenait de l'aluminium métallique sous la forme d'une poudre grise.

En 1854, Henri Sainte-Claire Deville observa que le sodium réagissait avec le chlorure double d'aluminium et de sodium en donnant de l'aluminium fondu. Il vit aussitôt l'intérêt industriel de cette expérience et, après avoir amélioré la technique de préparation du sodium pour en abaisser le coût, put lancer une fabrication industrielle du nouveau métal. Mais, celle-ci était encore onéreuse. C'est alors que simultanément, en 1886, Charles Martin Hall (1863-1914) aux Etats-Unis et Paul Louis Toussaint Héroult en France, né la même année et mort la même année que Hall, proposèrent d'utiliser une méthode électrochimique. Elle consistait à faire l'électrolyse d'un bain contenant de l'alumine, qui fond à 2050°C, dissoute dans de la cryolithe $AlF_3 \cdot 3NaF$ dont le point de fusion est de 977°C et qui sert donc de "fondant", c'est à



PAUL-LOUIS-TOUSSAINT HÉROULT (1863-1914).

dire qui abaisse le point de fusion du corps qu'il a dissous. On pouvait ainsi limiter la température de l'opération et travailler cependant à une température supérieure à 658°C , température de fusion de l'aluminium. Deville avait envisagé l'utilisation d'une méthode électrochimique, mais les sources d'énergie électrique n'étaient alors pas assez puissantes. La construction en 1871 de la "machine" du belge Zénobe Gramme (1826-1901) permit de pallier cet inconvénient.

Le 23 février 1886, Hall obtint ses premiers boutons d'aluminium fondu. Ils sont conservés par l'Aluminium Company of America sous le nom de "joyaux de la couronne", et une statue de Hall, en aluminium, se trouve au Severance Chemical Laboratory du Collège Oberlin où il avait fait ses premières études de chimie. Sa demande de brevet date du 9 juillet 1886.

L'aluminium qui possède la caractéristique de se recouvrir spontanément à l'air d'une couche protectrice d'alumine, dite de passivation, est utilisé à l'état pur comme matériau d'emballage de très fine épaisseur, acceptant le contact avec les denrées alimentaires. Les alliages d'aluminium avec Cu et/ou Mg, Si, Zn, dits "alliages légers", possèdent d'excellentes propriétés mécaniques après traitement thermique. Ils sont très utilisés en mécanique et dans le bâtiment. On peut, par oxydation anodique, augmenter l'épaisseur de la couche protectrice d'alumine et la colorer par immersion dans des teintures de couleurs très variées.

Héroult naquit à Thury-Harcourt, dans le Calvados. En 1870, il avait alors 7 ans, il partit pour trois ans chez son grand-père en Angleterre et apprit parfaitement l'anglais. De retour en France, à Gentilly où son père était tanneur, il passe le baccalauréat et entre dans la classe préparatoire à l'École des mines. Mais il est renvoyé de l'établissement pour avoir bombardé le directeur des études avec l'éponge du tableau noir. Son père étant mort, il transforme la tannerie en laboratoire où il commence ses essais sur l'électrolyse de l'alumine, car il avait déjà lu les œuvres de Sainte-Claire Deville. Ses recherches lui permettent de déposer un brevet le 23 avril 1886.

Afin d'exploiter son brevet, Héroult obtient d'être reçu par Pechiney, de son vrai nom Alfred Rangod (il avait pris le nom de son beau-père), qui fabrique de l'aluminium par la méthode de Deville dans l'usine de Salindre (Gard). Pechiney, dont la faiblesse est de jouer au billard, activité dans laquelle il se croit très fort, demande à Héroult de faire une partie avec lui. Héroult est un maître dans ce jeu et gagne. Il est éconduit. Heureusement pour lui, il est mis en rapport, grâce à une autre partie de billard, avec des suisses installés près de la chute du Rhin, à Neuhausen. La Société Métallurgique Suisse est créée en 1887. C'est le début de la production industrielle de l'aluminium. Peu après, la Société Electrométallurgique Française se constitue.

Héroult fut également un très bon hydraulicien. Il construisit notamment une conduite forcée en forme d'arc qui franchit un torrent sans soutien. Par ailleurs, il contribua très largement au développement de l'électrometallurgie du fer et de l'acier. Il mourut trois mois avant la déclaration de la grande guerre.

Hall et Héroult ne se rencontrèrent qu'en 1889. Il n'y eut jamais de rivalité entre eux.

Gallium

Ga (31). Celui qui l'a découvert, Lecoq de Boisbaudran* (1838-1912), a donné un nom dérivé du sien au nouvel élément. On a dit également que le nouveau métal était dédié à la France, *Gallia* en latin.

Au début de ce siècle, le gallium n'était qu'une curiosité de laboratoire. Il a maintenant des applications variées, notamment dans les domaines des semi-conducteurs, des micro-ondes et celui des ferrites. Dans sa classification, Mendéléev avait prévu qu'il existait trois éléments encore inconnus. Il avait appelé l'un d'eux "éka-aluminium" étant donné la parenté qu'il devrait avoir avec l'aluminium. Ce métal aurait un point de fusion très bas et une température d'ébullition très élevée.

Lecoq de Boisbaudran était un spécialiste de spectroscopie. Il pensait que les raies du nouvel élément devaient apparaître entre celles de l'aluminium et celles de l'indium, d'après la classification de Mendéléév, et compte tenu de la périodicité des raies des éléments d'une même famille. En 1874, il étudia une blende provenant de la mine de Pierrefitte, dans la vallée d'Argelès. Après dissolution du métal, et addition de zinc dans la solution, il observa sur le zinc un dépôt qui, par spectroscopie, donnait des raies nouvelles. Mais, il lui était impossible de le recueillir car il était en trop faible quantité. Mendéléév écrivit alors qu'il pensait que le gallium était identique à l'ékaaluminium. Et en 1878, en traitant 4,3 tonnes de blende, Lecoq de Boisbaudran réussit à obtenir 62 g de gallium dont le point de fusion est 29,9°C et le point d'ébullition 2403°C.

La faible teneur des minerais en gallium rend très difficile son extraction. Le minerai le plus riche, la germanite, qui en contient 0,8 %, se trouve en Afrique du Sud. En France, cette extraction est très liée à celle de l'aluminium. On utilise la bauxite dans laquelle on trouve 0,003 à 0,009 % de gallium. Au cours de la préparation de l'alumine, le gallium s'accumule dans les solutions d'aluminate de sodium à l'état de gallate de sodium. Après différentes opérations destinées à purifier la solution, dont une électrolyse avec cathode de mercure, la solution pure de gallate de sodium est électrolysée à 70°C, et le gallium tombe au fond de la cuve à l'état fondu.

Le gallium est utilisé en électronique sous la forme AsGa. Il diffuse très facilement aux joints de grains de l'aluminium, provoquant sa décohésion type "puzzle".

Indium

In (49). Il se posait vers 1860 un grave problème qui nuisait aux récoltes et à la vie du bétail. Il était dû à la pollution par les fumées en provenance des fonderies. L'élévation de la hauteur des cheminées ne changeait rien à l'affaire et la tournée que fit l'allemand Ferdinand Reich (1799-1882) dans 40 usines chimiques diverses en Europe ne lui permit pas de résoudre le problème. Il s'intéressa alors au minerai de zinc de la mine de Himmelfürst contenant essentiellement de la blende, des pyrites arsénicales, du sulfure de plomb. Le minerai grillé et attaqué par l'acide chlorhydrique, il obtint un précipité jaune paille dont il pensait qu'il s'agissait du sulfure d'un métal inconnu. Etant daltonien, il demanda, en 1873, à son assistant Hieronymus Théodor Richter (1824-1898) d'en faire l'étude spectroscopique, bien qu'il l'accusa de s'être déjà approprié des résultats obtenus en commun.

Richter chauffa dans la flamme d'un bec Bunsen de la blende placée sur un fil de platine. Il observa la présence d'une raie différente de celles connues dans le même domaine de longueurs d'ondes et qui avait une vive couleur indigo. C'est la raison pour laquelle ce métal fut appelé Indium. Par la suite, les deux chercheurs montrèrent que la réduction par l'hydrogène conduisait à la préparation de métal pur. Il fond à 156°C.

L'indium est utilisé en électronique notamment pour les jonctions de transistors p-n-p, et pour l'élaboration avec Cd ou Sn d'alliages à bas point de fusion.

Reich fit ses études à Leipzig, Freiberg, Göttingen et Paris où il fut envoyé par ses autorités de tutelle pour ramener des objets rares, livres, appareils scientifiques, minéraux, afin de développer l'Académie des mines. Lors de son séjour à Paris, il suivit des cours de chimie à la Sorbonne, au Collège de France, à l'École des mines et rencontra les plus grands savants français. A son retour de Paris, il fit des conférences sur l'organisation en France des Poids et Mesures et contribua largement à introduire le système métrique en Saxe. A l'école des mines de Freiberg, il enseigna la minéralogie pendant 12 ans et la chimie générale pendant quelques années. De 1824 à 1866, date de son départ à la retraite, il était également Inspecteur de l'Académie des mines. Ses travaux sur la température des roches en fonction de la profondeur furent très appréciés. C'était un homme bon et généreux. Il était veuf, sans enfants, mais son frère en avait onze; Il l'aïda à les élever, et certains vécurent dans sa maison. Il mourut le 27 avril 1882.

Richter fit toute sa carrière à Freiberg dont il devint directeur de l'École des mines en 1875. Ses domaines de prédilection étaient la métallurgie et la chimie analytique, notamment l'analyse au chalumeau. Ses élèves disaient de lui qu'il était très exigeant avec eux, mais appréciaient sa bonne humeur et son brillant esprit. Il mourut le 25 septembre 1898.

Thallium

Tl (81). En examinant par spectroscopie des résidus d'acide sulfurique en provenance d'une usine de Tikerode dans le Hartz, William Crookes (1832-1919) observa la présence d'une raie verte qu'il n'avait jamais vue, et publia sa découverte dans *Chemical News* du 30 mars 1861. Il croyait tout d'abord qu'il s'agissait d'un métalloïde, mais en 1862 déclara qu'il s'agissait d'un métal auquel il donna le nom de "thallium", du grec θαλλος qui signifie "rameau vert", pour rappeler la couleur de la raie qui le caractérise.

Claude Auguste Lamy (1820-1878) fut amené, en 1862, à examiner les boues rouges en provenance d'une usine d'acide sulfurique établie à Loos, dans le Nord, qui utilisait comme minéral des pyrites belges. Par spectroscopie, il constata l'existence de la raie verte dont la présence avait été observée par Crookes. Lamy prépara le thallium pur en utilisant son sulfate qui s'accumule dans les chambres de plomb. Celui-ci était traité à l'eau régale à chaud, la masse reprise par l'eau. Des cristaux de chlorure se forment que l'on décompose par un courant électrique. On obtient alors du thallium métal.

Lamy ayant dit que Crookes avait obtenu, non pas le métal mais le sulfure du nouveau métal, une commission de l'Académie fut désignée pour en juger. Elle était composée de Sainte-Claire Deville, Pelouze (1807-1867) et Dumas* (1800-1884). Elle déclara que Lamy, le premier, avait isolé du thallium métallique. Il est toutefois indiscutable que la raie du thallium a été vue pour la première fois par Crookes.

Le thallium est employé dans la composition de certains verres d'indice de réfraction élevé.

William Crookes, devenu Sir William Crookes par la suite, naquit le 17 juin 1832. Il entra à seize ans au Royal College of Chemistry. A dix-neuf ans, il fit sa première publication sur les sélénocyanides, à vingt ans devint professeur suppléant au Royal College. En 1859, il est professeur de chimie au Collège scientifique de Chester et prend la responsabilité de différentes revues scientifiques.

L'étude des gaz raréfiés et du passage de l'électricité dans ces atmosphères le conduisit à envisager l'existence d'un quatrième état de la matière, ou "état radian" du gaz très raréfié. Ses recherches dans ce domaine eurent pour conséquences la découverte des rayons cathodiques dont la nature fut démontrée par Jean Perrin (1870-1942), prix Nobel de physique en 1926.

Crookes fit également des travaux très appliqués, notamment la création de lunettes avec des verres absorbant le rayonnement émis par le verre très chaud, qui évitaient ainsi que les verriers ne soient victimes de la cataracte. Il s'intéressa également aux phénomènes de spiritisme et publia un livre sur ce sujet. Il mourut le 4 avril 1919.

Claude Auguste Lamy naquit à Ney, dans le Jura, le 15 juillet 1820. Elève de l'École normale supérieure, docteur ès-sciences en 1851, il devint professeur de physique à la faculté des sciences de Lille jusqu'en 1865, date à laquelle il fut nommé professeur de chimie industrielle à l'École centrale des arts et manufactures. Il publia une vingtaine de mémoires aux *Annales de Chimie* et de notes aux *Comptes Rendus de l'Académie des sciences*. Lamy mourut le 20 mars 1878.

FAMILLE DU CARBONE

Cette famille comprend le silicium, le germanium, l'étain et le plomb, ces deux derniers éléments ayant été présentés avec les éléments anciens, ainsi que le carbone (page 22).

Silicium

Si (14). Après des essais infructueux de Davy, de Gay-Lussac et de Thénard, Berzélius réussit à préparer le silicium à l'état amorphe en 1823. Pour cela, il chauffa du potassium dans une atmosphère de tétrafluorure de silicium gazeux, comme l'avaient fait auparavant Gay-Lussac et Thénard. La masse brune obtenue était projetée dans l'eau. De l'hydrogène se dégagait et une poudre brune contenant du silicium et du fluosilicate de potassium se formait. Berzélius eut la patience de laver de façon prolongée la poudre brune pour en éliminer le fluosilicate, patience que n'avaient pas eue les chimistes français. Ce n'est qu'en 1854 que le silicium cristallisé fut obtenu par Sainte-Claire Deville au cours de ses recherches sur la préparation de l'aluminium.

Le silicium dont le nom vient du latin *silex-silicis* (caillou) est utilisé en électronique et comme élément d'addition dans certains aciers, fontes, et alliages d'aluminium. La silice et les silicates ont de nombreuses applications dans le domaine des réfractaires.

Germanium

Ge (32). C'est l'un des trois éléments dont Mendéléev avait prévu l'existence et décrit les propriétés principales : gallium (ékaaluminium), scandium (éka bore) et germanium (éka silicium).

En procédant à l'analyse minutieuse d'un nouveau minéral découvert par un de ses collègues dans une mine voisine de Freiberg, Clemens Winkler (1838-1904) réussit en 1886 à isoler le nouvel élément et à en étudier les propriétés. Il l'appela germanium en l'honneur de sa patrie.

Le germanium est un semi-conducteur. Pris à l'état de haute pureté obtenu notamment par la méthode de la zone fondue, il est utilisé, après dopage, pour la fabrication de transistors.

Winkler, dont le père dirigeait une fonderie, était un chimiste et métallurgiste connu qui avait été l'élève de Berzélius. Il entra à l'école des mines de Freiberg et se consacra à la recherche tout en fabricant du cobalt et du nickel pour gagner sa vie. En 1873, il devint professeur de technologie chimique et de chimie analytique à Freiberg. Winkler était un grand chimiste, mais aussi un poète, un musicien et auteur de chan-

sons qu'il accompagnait lui même. Il prit sa retraite en 1902 et mourut deux ans plus tard d'un cancer.

FAMILLE DE L'OXYGÈNE

Cette famille comprend, outre l'oxygène et le soufre précédemment présentés, le sélénium, le tellure et le polonium.

Sélénium

Se (34). Cet élément fut découvert en 1817 par Berzélius. Celui-ci possédait des actions dans une usine d'acide sulfurique située à Gripsholm, qui utilisait de la pyrite en provenance de la mine de Fahlun située à une centaine de milles au nord de Stockholm. Il crut tout d'abord avoir trouvé du tellure dans la boue des chambres de fabrication de l'acide sulfurique. Quelques mois plus tard, il annonça qu'en fait il s'agissait d'un nouvel élément dont les propriétés étaient voisines de celles du tellure, ce qui expliquait la confusion initiale. Il lui donna le nom de sélénium, du grec *σεληνη* (la lune), pour rappeler cette très grande analogie de propriétés entre Te et Se.

Le sélénium a été utilisé dans la fabrication de cellules photoélectriques et dans certains semi-conducteurs. En 1880, A.G. Bell (1847-1922) a appliqué pour la première fois ce type de cellules à la transmission de la parole.

Tellure

Te (52). Le tellure, découvert au XVIII^{ème} siècle, et le sélénium, au XIX^{ème}, doivent être présentés ensemble car leurs propriétés et leurs histoires sont très voisines.

En 1782, Franz Joseph Müller von Reichenstein (1740-1836) s'intéressa à un minerai d'or appelé *aurum paradoxum* ou *aurum problematicum* dans lequel il trouva un constituant dont il soupçonna qu'il contenait un nouvel élément. Les choses en restèrent là jusqu'à ce que Klaproth, seize ans plus tard, se souvienne des travaux de Müller et donne à l'élément nouveau qu'il avait réussi à isoler à partir d'un minerai d'or le nom de "tellure", la terre. Mais ce sont les travaux de Berzélius, vers 1832, qui permirent de mieux connaître les propriétés de cet élément.

Müller von Reichenstein, né à Vienne, fit toute sa carrière dans les mines et devint Inspecteur Général des mines, fonderies et salines de Transylvanie. Joseph II lui donna le titre de baron. Il fut attaché à la cour de Vienne jusqu'en 1818.

Polonium

Po (84). Les circonstances de la découverte et le mode de préparation du polonium, toujours associé au bismuth, ont été présentés en même temps que le radium. La publication de cette découverte est antérieure de quelques mois à celle relative au radium.

Le 18 juillet 1898, les Curie présentèrent une note aux Comptes rendus de l'Académie des sciences dans laquelle on pouvait lire : « *Nous croyons que la substance que nous avons retirée de la pechblende contient un métal non encore signalé, voisin du bismuth par ses propriétés analytiques. Si l'existence de ce nouveau métal se confirme, nous proposons de l'appeler "Polonium" du nom du pays d'origine de l'un de nous* ». Le 26 décembre 1898, une nouvelle note des Curie et de Georges Bémont annonçait : « *La nouvelle substance radioactive (entraînée avec le sulfate de baryum) renferme un élément nouveau auquel nous proposons de donner le nom de "Radium". (...) La radioactivité du radium doit être énorme* ».

LES HALOGÈNES

Fluor, chlore, brome, iode, astate : il aura fallu près d'un siècle aux chimistes pour découvrir les quatre halogènes stables, l'existence de l'astate, qui est un élément radioactif artificiel, n'étant connue que depuis 1940. Le chlore a été découvert le premier, puis l'iode, et le brome, le fluor étant le dernier. Tous les quatre l'ont été par des pharmaciens. L'antériorité dans les découvertes fit l'objet, notamment pour le chlore et l'iode, de controverses souvent vives, en particulier entre Gay-Lussac et Davy. Ils ont été préparés par électrolyse ou par déplacement par un élément plus électronégatif.

Fluor

F (9). Déjà en 1768, Andréas Sigismund Margraff connaissait l'acide fluorhydrique que Scheele étudia par la suite. Davy, Gay-Lussac et Thénard s'intéressèrent à ce corps et Ampère suggéra qu'il puisse s'agir d'un composé formé d'hydrogène et d'un élément inconnu. En 1850, Edmond Frémy (1814-1894), en électrolysant le fluorure de calcium, obtint du calcium à la cathode et un gaz à l'anode, probablement du fluor. Mais celui-ci ne put être recueilli. Tous les chimistes considéraient alors que l'élément inconnu avait une très grande activité ; beaucoup en souffrirent dans leur chair, certains en moururent. Les recherches en vue d'isoler le fluor furent pratiquement abandonnées. Frémy était également l'auteur de recherches sur les ciments, l'or,

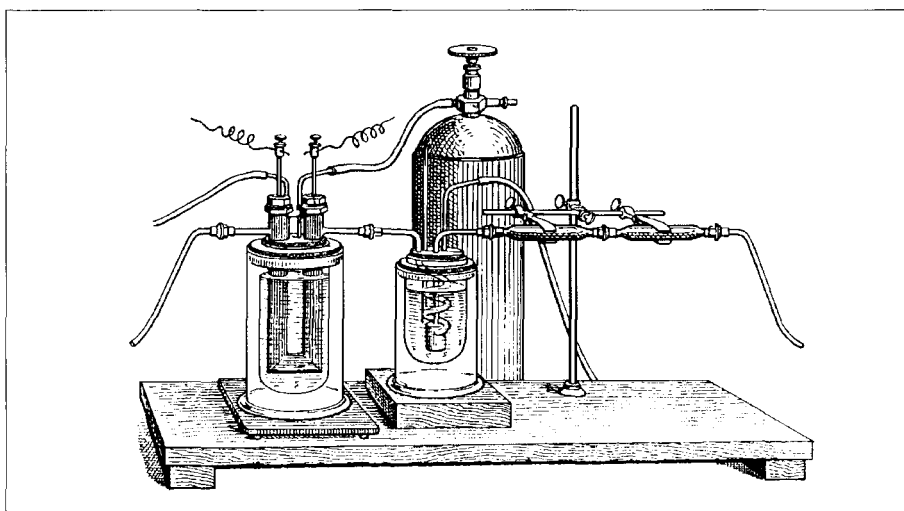


EDMOND FRÉMY (1814-1894).

le platine, la fermentation lactique ainsi que sur de nombreux composés organiques. Il publia plus de cent notes à l'Académie et différents traités. Professeur à l'École polytechnique puis au Muséum d'histoire naturelle, membre de l'Académie des sciences en 1857, il en devint président en 1875.

Henri Moissan reprit les expériences de Frémy qui avait été son Maître, et tint le compte le plus grand des tentatives vaines de ses prédécesseurs. Après des essais infructueux dans lesquels il utilisa le trifluorure de phosphore et le trifluorure d'arsenic, c'est en faisant l'électrolyse de l'acide fluorhydrique sec rendu conducteur par addition de fluorhydrate de fluorure de potassium anhydre qu'il réussit, le 26 juin 1886, à obtenir du fluor. Le récipient utilisé était en platine recouvert de laque, maintenu à -23°C par du chlorure de méthyle. Une commission de l'Académie des sciences, formée de Berthelot, Debray et Frémy, fut chargée d'étudier cette découverte. La première expérience devant la commission ayant été négative, Moissan conclut rapidement que cet échec était dû à l'absence de trace de fluorure de potassium dans l'acide fluorhydrique qui, ainsi, ne conduisait pas le courant. Le second essai fut une réussite. Par la suite, Moissan mit en évidence les principales propriétés du fluor.

Etant donné son utilisation en métallurgie comme fondant, le composé CaF_2 , minéral du fluor, avait été appelé fluorine, on disait également spath fluor, du latin *fluo*, je coule. D'où le nom attribué au nouvel élément. Les fluorures sont gazeux. UF_6 est utilisé pour effectuer la séparation isotopique $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ par diffusion en phase gazeuse. Les



DISPOSITIF D'HENRI MOISSAN POUR LA PRÉPARATION DU FLUOR (1886).

chlorofluorocarbones (fréons) sont employés comme fluides frigorigènes et comme gaz propulseur. On dit qu'ils ont une action nocive sur la couche d'ozone de la haute atmosphère. Le fluor reçoit d'autres applications variées, additif à certaines pâtes dentifrices par exemple !

Chlore

Cl (17). Le nom de "chlore" vient du grec κλωρος (vert). Scheele avait préparé du chlore dès 1774, par action du bioxyde de manganèse sur l'acide muriatique (ancien nom de l'acide chlorhydrique). Il l'appelaient "acide marin déphlogistique" ou "acide muriatique déphlogistique". C'était en fait, en remplaçant phlogistique par hydrogène (air inflammable), de l'acide muriatique déhydrogéné, c'est à dire du chlore. Il en indiqua déjà plusieurs propriétés, par exemple sa dissolution facile dans l'eau, sa saveur acide, son pouvoir de blanchir les fleurs colorées et son action corrosive sur les métaux. Ce n'est qu'en 1810 que Davy prouva que le nouveau corps était un élément. Plusieurs grands chimistes français, très marqués par l'idée de Lavoisier selon laquelle un acide contenait toujours de l'oxygène, furent très longs à convaincre, ainsi que Berzélius. Il fallut pour cela attendre 1820. La découverte de l'iode eut d'ailleurs une influence certaine sur l'évolution des idées des chimistes.

Mais qui a vraiment annoncé le premier que le chlore était un corps simple ? Gay-Lussac et Thénard, qui firent de nombreuses recherches ensemble, concluaient ainsi une publication présentée aux "Mémoires d'Arcueil" en 1809 : « *Le gaz muriatique oxygéné n'est pas*

décomposé par le charbon, et l'on pourrait, d'après ce fait et ceux qui sont rapportés dans ce mémoire, supposer que ce gaz est un corps simple; les phénomènes qu'il présente s'expliquent assez bien dans cette hypothèse: nous ne chercherons point cependant à la défendre, parce qu'il nous semble qu'ils s'expliquent encore mieux en regardant l'acide muriatique oxygéné comme un corps composé». En 1812, dans les Mémoires de la classe des sciences mathématiques et physiques de l'Institut, Gay-Lussac écrivait: «*Nous réclamons comme notre propriété d'avoir les premiers découvert que l'acide muriatique oxygéné pouvait être considéré comme un corps simple. M. Dary, en adoptant la conclusion que nous avons tirée de nos expériences, n'a rien ajouté à son degré de certitude; mais nous devons avouer qu'il lui a donné des développements, et que, par l'influence de son grand talent, il a beaucoup contribué à la propager.*»

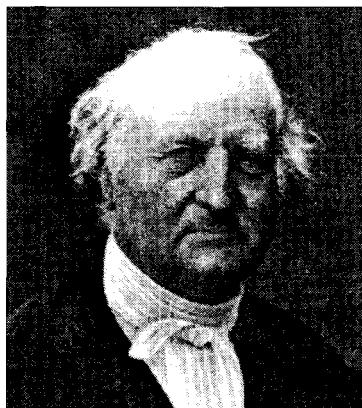
Gay-Lussac a peut-être manqué de décision pour que sa découverte soit incontestable, mais il convient de dire que Berthollet l'avait incité à une très grande réserve sur son hypothèse, par respect sans doute pour les théories de Lavoisier.

Brome

Br (35). Carl Löwig (1803-1890), diplômé pharmacien mais qui consacra toute sa vie à la chimie, faillit bien être celui qui découvrit le brome. En 1825, il montra à Léopold Gmelin (1788-1853), qui dirigeait le laboratoire de chimie de l'université d'Heidelberg dans lequel il travaillait alors, un liquide de couleur rouge qu'il avait obtenu par action du chlore sur une eau-mère provenant d'une source salée, puis agitation en présence d'éther. Le liquide rouge restait présent après séparation de l'éther.

Gmelin lui demanda d'en préparer une plus grande quantité afin de pouvoir étudier ses propriétés. Avant que cet objectif ne soit atteint, Antoine Jérôme Balard (1802-1876) publiait, dans les *Annales de chimie et de physique*, un article annonçant la découverte du brome.

Dans une lettre à Berzélius, Dulong, chimiste et physicien (1785-1838) écrit: «*Il s'agit d'un nouveau corps élémentaire qui se trouve entre le chlore et l'iode. L'auteur de cette découverte est Monsieur Balard, de Montpellier. Ce corps nouveau, qu'il appelle "muride", se trouve dans l'eau de mer. Il l'a extrait des eaux-mères d'une saumure de Montpellier en la saturant de chlore et distillant le tout. On le conserve dans l'acide sulfurique concentré. Il se combine avec les métaux et donne des composés sensiblement neutres, dont plusieurs sont volatils, notamment le muride de potassium*». Le comité désigné



ANTOINE JÉROME BALARD (1802-1876).

par l'Académie des sciences, composé de Vauquelin, Gay-Lussac et Thénard, n'accepta pas le nom de "muride" donné au nouveau corps par Balard et l'appela brome, du grec βρωμος (puanteur). Muride, du latin *muria* (saumure), a la même origine que "muriatique". On disait "acide muriatique" avant de dire acide chlorhydrique.

Tout comme le chlore, le brome est utilisé en chimie organique pour produire soit des molécules actives, soit des intermédiaires de synthèse. Des composés bromés agissent en "retardateur de flammes", c'est à dire qu'ils augmentent le temps nécessaire à l'inflammation de certains matériaux, ou comme "biocides", c'est à dire qu'ils tuent les micro-organismes ou retardent leur développement. On les ajoute par exemple dans l'eau de piscines. La manipulation du brome est délicate car il s'agit d'un élément de grande toxicité.

Après des études au collège de Montpellier, Balard devint préparateur en pharmacie et fut diplômé pharmacien en 1826, c'est à dire en même temps qu'il fit la découverte du brome. Professeur à Montpellier, il succéda à Thénard à la Sorbonne, en 1842, et, à partir de 1851, enseigna au Collège de France où il eut Berthelot comme élève et ensuite préparateur, et bien d'autres grands chimistes.

Balard fit également des travaux de grande qualité, notamment dans le domaine appliqué, en extrayant, à partir de l'eau de mer, le sulfate de sodium, base de l'industrie de la soude, et en préparant de la potasse artificielle, ce qui fit baisser considérablement le prix de ce corps qui était alors extrait des cendres végétales. D'une manière générale, il fit progresser l'industrie des marais salants.

C'était un personnage très respecté aussi bien pour ses travaux que pour sa bonté, sa générosité, sa modestie et son désintéressement total pour l'argent. Il fut pourtant jaloué, peut être parce qu'il fit une

grande découverte alors qu'il était très jeune et inconnu. Certains dirent même de lui : « *il a été découvert par le brome* ». Que reste-t-il d'eux ?

Carl Löwig poursuivit ses recherches sur les composés du brome et publia en 1829 une monographie sur "Le brome et ses composés chimiques". En 1833, il fut nommé professeur à la nouvelle université de Zurich et succéda à Bunsen à Breslau, en 1853. Il mourut dans le jardin zoologique à la suite d'une chute qui lui avait occasionné une fracture du bassin.

Il faut ajouter que, en 1825, une société allemande demanda au grand chimiste allemand Justus Liebig* (1803-1873) de lui dire ce que contenait une certaine bouteille. Il avait répondu qu'il s'agissait de chlorure d'iode. L'annonce de la découverte du brome l'amena à reconnaître son erreur passée, et il plaça la fameuse bouteille dans un casier spécial qu'il appela "armoire à erreurs".

Iode

I (53). L'histoire de la découverte de l'iode, considéré comme l'un des plus beaux éléments, dans laquelle on retrouvera les noms de Davy et de Gay-Lussac, est riche en diverses revendications de paternité, qui montrent que celles dont on nous parle beaucoup actuellement, dans un autre domaine de la science, ne sont pas une nouveauté. A l'évidence, à 180 ans de distance, la différence réside dans le fait qu'à l'époque, il n'y avait pas de considérations pécuniaires en jeu.

Le dijonnais Bernard Courtois (1777-1838) était le fils d'un fabricant de salpêtre, également assistant de Guyton de Morveau. Celui-ci facilita l'entrée dans le laboratoire de Fourcroy du jeune Bernard, qui était devenu auparavant pharmacien après un stage de 3 ans dans une officine d'Auxerre. Pharmacien des hôpitaux en 1799, il devint préparateur chez Marc Seguin (1765-1835), dont les travaux en chimie appliquée étaient connus, notamment dans le domaine du tannage du cuir, et y fit des recherches remarquées sur l'opium.

C'est alors qu'il s'intéressa au Fucus et au Laminaria, deux espèces de varechs. Ces algues marines étaient utilisées alors pour le prélèvement des composés sodiques et potassiques. Pour éliminer les composés sulfurés, Courtois ajouta de l'acide sulfurique en excès. Une vapeur violette se dégagait, accompagnée d'une odeur irritante. En se condensant, ces vapeurs donnaient directement des cristaux brillants. Plusieurs propriétés de l'iode furent mises en évidence, comme la réaction avec l'hydrogène et le phosphore. Il pensa être en présence d'un nouvel élément, mais il n'avait pas les moyens de poursuivre ses recherches. Il les confia en 1811 à Charles Bernard Desormes (1777-1862) et Nicolas

Clément (1778-1841), qui travaillaient dans un laboratoire du Conservatoire des arts et métiers, et leur demanda d'annoncer sa découverte. Cette annonce ne fut faite, selon Gay-Lussac, que le 29 novembre 1813. Clément voulut se consacrer à la vente de produits chimiques, dont quelques uns iodés, mais il ne réussit pas dans son entreprise, devint représentant pendant trois ans, et mourut dans la pauvreté.

Davy venant à Paris, Clément lui montra la nouvelle substance que seuls Chaptal (1756-1832) et Ampère avaient vue. Arago, astronome, physicien et homme politique (1786-1853) écrit : «*Il (Davy) avait reçu de M. Clément, peu de temps après son arrivée, des échantillons nombreux de la substance mystérieuse. Gay-Lussac l'apprend et juge d'un coup d'oeil à combien de critiques, blessantes pour l'honneur de nos expérimentateurs et de nos Académies, pourra donner lieu l'antériorité accordée ainsi par le hasard et un peu de légèreté aux investigations du chimiste étranger. Il va aussitôt rue du Regard, chez le pauvre salpêtrier, en obtient une petite quantité de la matière découverte par lui, se met à l'œuvre et produit en peu de jours un travail également remarquable par la variété, l'importance et la nouveauté des résultats*».

C'est dans le *Moniteur* du 12 décembre 1813 que l'iode, du grec $\iota\omicron\delta\eta\varsigma$ (violet), est présenté par Gay-Lussac comme un corps simple analogue au chlore. Le mémoire de Davy est lu devant la Royal Society le 20 janvier 1814. Davy a écrit à son frère, de façon peu *fair play* : «*L'iode a été pendant deux ans à l'état embryonnaire. Je vins à Paris. Clément me pria de l'examiner: il croyait que c'était un corps composé, produisant de l'acide muriatique. J'y travaillai quelque temps; je déterminai que c'était un corps nouveau et qu'il produit un corps particulier en se combinant avec l'hydrogène. J'en fis part à Gay-Lussac, à Ampère et à d'autres chimistes. Le premier prit immédiatement la parole du Seigneur de la bouche du serviteur, et il traita ce sujet comme il avait traité le potassium et le bore*».

Il est vrai que les relations franco-anglaises n'étaient pas des meilleures, quoique l'Institut de France ait, en 1807, attribué à Davy le prix fondé par Napoléon, destiné à récompenser "la meilleure expérience qui serait réalisée au cours de l'année sur le courant galvanique".

Ce que l'on peut dire avec certitude, c'est que Courtois découvrit l'iode, que Clément en indiqua quelques propriétés qu'il communiqua verbalement à Davy et à Gay-Lussac, et que ceux-ci, à quelques jours d'intervalle, Gay-Lussac vraisemblablement le premier, en ont précisé le caractère élémentaire.

L'iode est un traceur médical (exploration de la thyroïde avec de l'iode radioactif), agit sur le goître exophtalmique et, en solution dans l'alcool, est un désinfectant des plaies (teinture d'iode).

Astate

At (85). C'est un élément radioactif artificiel très instable, d'où son nom, du grec αστατος (instable). Il a été obtenu en 1940 à l'université de Californie par E. Segré, D.R. Carson, K.R. MacKenzie en bombardant du bismuth avec des particules alpha, et son existence fut reconnue définitivement en 1947. On ne le trouve pas dans la nature. Il n'a pas d'applications actuellement.

LES GAZ RARES

Hélium, néon, argon, krypton, xénon, radon : les gaz rares doivent leur nom au fait qu'ils sont près d'un million de fois moins abondants dans l'écorce terrestre que leurs voisins dans la classification périodique. Leur caractéristique essentielle est leur absence de réactivité. On les appelle quelquefois "gaz nobles". La découverte des gaz rares est l'œuvre de Robert John Strutt, 3^{ème} Lord Rayleigh (1842-1919), mais surtout de Sir William Ramsay (1852-1916), professeur à Bristol puis à l'University College de Londres, auquel il faut associer son collaborateur Morris William Travers (1872-1961).

Le prix Nobel de Chimie fut attribué en 1904 à Sir William Ramsay pour "la découverte des gaz inertes dans l'air, leur détermination et leur placement dans le système périodique des éléments", auquel il prit une part très active.

Il n'y eut jamais entre Ramsay et Rayleigh suspicion ou injustice pour leurs mérites respectifs. Vers la fin de sa vie, Ramsay s'intéressa à la radioactivité, domaine dans lequel il fit de remarquables travaux, et aussi à la liaison chimique. C'était un homme distingué, ouvert et polyglotte. Connaissant parfaitement le texte anglais de la bible, il avait appris l'allemand et le français en la lisant avec attention dans une édition allemande ou française.

Hélium

He (2). L'hélium n'a pas été découvert dans l'air, contrairement aux autres gaz rares, mais directement par spectroscopie. En 1868, l'astronome français Jules César Janssen (1824-1907) observa par spectroscopie, dans la lumière émise par les protubérances du soleil au cours de l'éclipse visible à Guntoor, aux Indes, une raie jaune qui ne correspondait à aucun des corps connus à l'époque. Sir Norman Lockyer



SIR WILLIAM RAMSAY (1852-1916).



LORD RAYLEIGH (1842-1919).

(1836-1920) obtint le même résultat simultanément. Il démontra que ce corps était différent de l'hydrogène et le nomma hélium, du mot grec $\eta\lambda\iota\omicron\varsigma$ (soleil). Selon Pauling (1901-), chimiste américain, prix Nobel de chimie en 1954 "pour ses travaux sur la nature de la liaison chimique avec application à la détermination de la structure de substances complexes", la terminaison "ium", habituellement utilisée pour les métaux, vient de ce que Lockyer croyait qu'il s'agissait d'un métal. Le terme "hélium" aurait été préférable.

L'existence de ce gaz était cependant considérée comme hypothétique car on ne l'avait jamais observé sur la terre. Entre 1888 et 1890, le minéralogiste américain William Francis Hillebrand (1853-1926), avait remarqué que si l'on attaque avec un acide minéral le minerai d'uranium appelé uraninite, un gaz inerte s'échappe dont il pensait qu'il s'agissait d'azote, gaz connu depuis plus de 100 ans. En 1895, Sir William Ramsay reprit les expériences en utilisant la clévéite comme minerai d'uranium. Il obtint un gaz identique à l'hélium solaire. Par la suite, de l'hélium fut trouvé dans du néon d'origine atmosphérique et dans un mélange azote-néon sortant d'une colonne à distiller l'air liquide. Deux chimistes suédois, Per Theodor Cleve (1840-1905), professeur à Stockholm puis à Upsal, dont le nom fut donné à un minerai d'uranium, la clévéite, et Langlet, son élève, doivent être associés à la découverte de l'hélium, car ils mirent en évidence son existence à la même époque.

Cleve, né le 10 février 1840, était le treizième enfant d'un commerçant de Stockholm. Après des études à l'université d'Upsal, il travailla quelques temps chez Würtz (1817-1884) à Paris. Bien qu'il se soit intéressé à la géologie, la botanique, l'hydrologie, c'est dans le

domaine de la chimie des terres rares qu'il a imposé son nom. A la fin de sa vie, il étudiait la faune et la flore marines. Il mourut le 18 juin 1905.

L'hélium qui fut liquéfié en 1908 par Kamerlingh Onnes (1853-1926) dans le célèbre laboratoire de cryogénie de Leyde (Pays-Bas), est actuellement préparé à partir de gaz naturels liquéfiés puis distillés. C'est le gaz le plus difficile à liquéfier.

L'hélium sert au gonflage des aérostats et dirigeables. Mélangé à l'oxygène à la place de l'azote, il alimente la respiration des plongeurs sous-marins car il ne se dissout pas dans le sang, contrairement à l'azote, ce qui évite les accidents respiratoires. Il est également utilisé comme gaz porteur en chimie analytique ou préparative.

Néon

Ne (10). Il a été découvert par Ramsay et Travers en juin 1898, par distillation fractionnée de l'air liquide, comme les autres gaz rares à l'exception de l'hélium. Ramsay l'appela "Néon", du grec νεοσ, nouveau. Il y en a environ 0,002 % dans l'atmosphère. L'utilisation du néon est grande pour la fabrication des tubes à décharge électrique sous faible pression. La coloration rouge de la décharge est souvent employée pour les enseignes publicitaires.

Argon

Ar (18). C'est en effectuant des mesures très fines de densité sur de l'azote de différentes origines que Lord Rayleigh constata des anomalies dans les résultats obtenus : l'azote préparé à partir d'air avait une densité supérieure de 0,5 % à celui préparé à partir d'ammoniac. Reprenant une expérience faite en 1785 par Cavendish, mais qui n'avait pas eu alors grand écho, il montra par spectrographie, en collaboration avec Sir Ramsay, que le gaz résiduel, obtenu après décharge électrique dans un mélange air-oxygène, en présence de "lessive de savon", absorption de l'excès d'oxygène et élimination des oxydes d'azote formés, était un gaz inconnu.

C'est le 13 août 1894 que Rayleigh et Ramsay annoncèrent au congrès d'Oxford de la British Association, la découverte d'un gaz plus dense que l'azote et inerte chimiquement. Ils lui donnèrent le nom d'argon, du grec α privatif et εργος, énergie. C'est le premier gaz rare qui fut découvert. L'atmosphère en contient environ 1 %. A la suite de cette découverte et de celle de l'hélium qui lui succéda, Ramsay écrivait à Rayleigh : «*Avez vous remarqué qu'il y a une place pour les éléments gazeux en bas de la première colonne de la table périodique ?*». C'est lui

qui proposa d'introduire un "groupe 0" dans la classification de Mendéléev, et y laissa des cases vides dont il était certain qu'elles seraient occupées par de nouveaux gaz à découvrir.

L'argon est utilisé dans les lampes à incandescence car il permet de porter à plus haute température le filament de la lampe, ce qui conduit à la production d'une lumière plus vive que dans le vide. Il sert lorsque l'expérience nécessite la présence d'une atmosphère inerte, par exemple lors de l'élaboration de cristaux de semi-conducteurs, et aussi comme atmosphère de protection d'un métal oxydable lorsqu'il est soumis à une opération de soudage.

Krypton - Xénon

Kr (36), Xe (54). Ils ont été découverts par Ramsay et Travers, respectivement en mai 1898 et en juillet 1898. Krypton vient du grec $\chi\rho\upsilon\pi\tau\omicron\varsigma$ (caché) et xénon est le mot grec qui signifie "étranger". Ils forment quelques rares composés avec le fluor. Ils sont utilisés dans les lampes à incandescence et les tubes électroniques.

Radon

Rn (86). Le nom de radon lui a été donné parce qu'il s'agit d'un produit de désintégration du radium. Découvert par les Curie qui observèrent une "activité induite" au voisinage du radium, puis par Rutherford dans le thorium et par Debierne dans l'actinium, c'est un élément radioactif naturel. Sir William Ramsay et R.W. Gray indiquèrent, en 1910, qu'il appartenait à la famille des gaz rares. Il est utilisé comme traceur médical.

LES MÉTAUX DES TERRES RARES, OU LANTHANIDES

Ce sont les chimistes et minéralogistes suédois qui sont à l'origine de la découverte des lanthanides, qui s'étend sur plus de 150 ans et a donné lieu à de nombreuses recherches. Les lanthanides se trouvent tous dans la nature à l'exception du prométhium qui est artificiel. Ils sont associés dans des minerais complexes. Leur "chimie" est délicate, et leur histoire souvent confuse. En fait, les lanthanides sont au nombre de quinze, allant du lanthane (57) au lutécium (71) et les terres rares comprennent les lanthanides plus l'yttrium (39), cet élément ayant des propriétés très voisines de celles de certains lanthanides.

Vers 1750, Cronstedt découvrit un minerai nouveau qu'il appela "tungstène". Par la suite, Bergman et Fausto d'Elhuyar, qui avaient

découvrit le tungstène métal en 1783, montrèrent qu'il ne s'agissait donc pas alors de ce métal. En 1803, Klaproth trouva une nouvelle terre dans le nouveau minerai et l'appela "achroïte". Parallèlement, Berzélius et Wilhelm Hisinger (1766-1852) isolèrent la même terre que celle de Klaproth. Ils appelèrent le minerai "cérîte" et la terre "céria". En fait, la "céria" ou "cérine" est l'oxyde de cérium.

En 1788, le Lieutenant d'artillerie Karl Arrhénius¹, minéralogiste à ses heures, trouva un autre minerai qu'il appela "ytterbite", du nom "Ytterby" du village où il l'avait découvert.

En 1794, Johann Gadolin (1760-1852), célèbre chimiste finlandais, montra que ce minerai contenait une nouvelle terre et, en 1797, Anders Gustav Ekeberg, qui devait découvrir le tantale en 1802, sépara cette terre qu'il appela "Yttria" et le minerai "Gadolinite". Ces résultats furent confirmés par Klaproth et par Vauquelin. En fait, l'yttria contient toutes les terres lourdes dites terres yttriques.

Yttrium

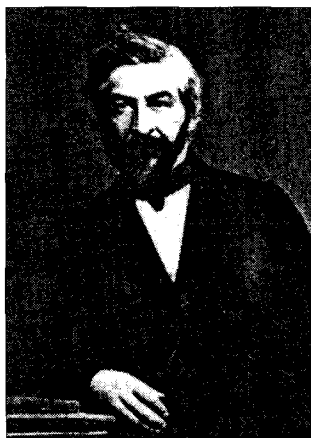
Y (39). Il fut signalé en 1794 par le finlandais Johann Gadolin, puis confirmé en 1797 par Ekeberg. Il est toujours associé à des terres rares yttriques lourdes auxquelles il a donné son nom générique bien que ce ne soit pas une terre rare. L'yttrium est un luminophore utilisé en télévision en couleur. Il intervient également dans l'élaboration de grenats et de lasers et stabilise la zircone à haute température.

LE GROUPE CÉRIQUE

Lanthane - Cérium - Praséodyme - Néodyme Prométhium - Samarium

La (57), Ce (58), Pr (59), Nd (60), Pm (61), Sm (62). Carl Gustav Mosander (1797-1856) attaqua une suspension alcaline d'hydroxyde de cérine par le chlore et obtint en 1839 un résidu jaune dont il pensa qu'il s'agissait de ceria, et une solution qu'il appela "lanthana", de *λανθανειν* qui signifie en grec "être caché", et qui, selon Mosander, contenait les autres terres rares. Il put ensuite extraire du lanthana une terre rare qu'il appela "didyme". Wöhler critiqua ce nom qu'il trouvait enfantin et niais. Ce sont le français Verneuil (1823-1895) et le philosophe et chimiste Grégoire Nicolaevitch Wyruboff (1843-

1. A ne pas confondre avec Svante Arrhénius (1859-1927), auteur de la théorie des ions, prix Nobel de chimie en 1903 "pour les services rendus à l'avancement de la chimie par sa théorie de dissociation des électrolytes".



JEAN CHARLES GALISSARD DE MARIGNAC (1817-1894).

1913), qui, les premiers, ont obtenu l'oxyde de cérium. Le lanthane pur a été obtenu en 1877 grâce aux travaux du chimiste suisse Jean Charles Galissard de Marignac (1817-1894), de Per Théodor Cleve et du tchécoslovaque Bohuslav Brauner.

De Marignac avait fait ses études en France, à l'École polytechnique, où il avait pu entrer par dérogation accordée aux Suisses en souvenir des services rendus à la France par leur pays. Il retourna en Suisse après un long voyage d'étude en Europe et devint professeur de minéralogie à l'université de Genève où il travailla de 1845 à 1878 dans des mauvaises conditions matérielles, sans préparateur ni garçon de laboratoire et avec un faible salaire. En dehors de ses travaux sur les terres rares, Marignac consacra sa vie à la détermination très précise des poids atomiques, qui fut très appréciée. Il mourut le 15 avril 1894.

Les chimistes pensaient que le didyme était un mélange de terres et, en 1878, Marc Delafontaine trouva un nouvel élément dans un didyme extrait du minerai samarskite, dédié au chimiste russe, le colonel Samarski, qu'il appela "décipium". En 1879, Lecoq de Boisbaudran observa dans le même minerai la présence d'une terre qui présentait un spectre d'absorption ayant des bandes communes avec celles du décipium. Il appela tout naturellement ce corps "samarium". Soret montra qu'en fait, le décipium était un mélange. Mais, en 1889, le didyme était encore présenté aux étudiants comme un métal blanc de poids atomique 142,12.

En 1885, l'autrichien Karl Auer, baron von Welsbach (1858-1929), obtint deux sels par cristallisations fractionnées des nitrates doubles d'ammonium et de didyme. L'un était vert, il l'appela "praseodidymium", didyme vert, l'autre rouge violacé qu'il appela "neodidymium", didyme nouveau. Ces résultats furent un moment contestés.



KARL AUER, BARON VON WELSBACH (1858-1929).

Karl Auer naquit à Vienne le 1^{er} septembre 1858. Il fit ses études au Polytechnikum de sa ville natale puis travailla à Heidelberg chez Bunsen dont il devint un des élèves favoris. En dehors de ses recherches sur l'extraction des terres rares, son nom reste attaché à l'invention du manchon incandescent, le "bec Auer", qui constitua un grand progrès dans la technique de l'éclairage. Il n'utilisait pas une flamme lumineuse mais une flamme non lumineuse associée à un manchon réfractaire imprégné de nitrates de cérium, de thorium et de glucinium à incandescence. Il mourut le 2 août 1929.

L'élément de numéro 61 n'était pas encore découvert. De nombreuses recherches avaient cependant été faites dans différents pays en effectuant des cristallisations fractionnées suivies d'examens spectroscopiques. Ce n'est qu'en 1948 que J.A. Marinski, I.E. Glendenin et Ch. Coryell observèrent sa présence dans les produits de fission de l'uranium. C'est donc un élément radioactif (période de 3,7 ans). Ils l'appelèrent "prométhium", du nom de Prométhée qui apporta le feu aux hommes et leur enseigna les règles du savoir.

LE GROUPE YTTRIQUE

Scandium - Europium - Gadolinium - Terbium
Dysprosium - Holmium - Erbium - Thulium
Ytterbium - Lutécium

Sc (21), Eu (63), Gd (64), Tb (65), Dy (66), Ho (67), Er (68), Tm (69), Yb (70), Lu (71). Mosander montra en 1843 que l'yttria pouvait être scindé en trois terres de couleurs différentes : un oxyde incolore, l'yttrine, un oxyde rose, la terbine, et un oxyde jaune, l'erbine. Il les



GEORGES URBAIN (1872-1938).

sépara par précipitation fractionnée avec de l'ammoniaque. Ces travaux furent confirmés, mais il se produisit une permutation entre les noms erbium et terbium si bien que c'est maintenant la première qui qualifie la terre rose. En 1865, Delamontagne isola l'erbium par précipitation fractionnée d'oxalates suivie d'une cristallisation fractionnée. L'erbium était séparé du terbium par lavage à l'acide dilué. De Marignac réussit également en 1878, à séparer de l'erbine une nouvelle terre, l'"ytterbine" et, de cette terre, le suédois Lars Fredrik Nilson isola la scandine.

A partir d'erbine exempte d'ytterbine et de scandine, Cleve sépara en 1879 deux terres, "l'holmine", dernière syllabe de Stockholm, et la "thuiline", de Thulé, ancien nom de la Scandinavie. Les métaux qui lui correspondent sont l'holmium et le thulium. En 1886, Lecoq de Boisbaudran dédoubla l'holmium de Cleve en erbium vrai et en "dysprosium", dont le nom vient de *dusprositos* qui signifie difficile à atteindre. L'europium fut découvert en 1901 par Eugène Anatole Demarçay. Grâce à une série de cristallisations fractionnées, Georges Urbain* (1872-1938), réussit à préparer à l'état pur le samarium et l'europium. La gadolinite, oxyde de gadolinium, du nom de Joseph Gadolin, fut isolée par Lecoq de Boisbaudran en 1886. Enfin, en 1907, Georges Urbain découvrit le lutécium en fractionnant le nitrate d'ytterbium. Ces séparations demandaient souvent de 20 à 30.000 cristallisations fractionnées successives. Elles lui permirent d'obtenir toute une série de métaux des terres rares à un haut degré de pureté et de mesurer leurs poids atomiques. Il utilisa également des méthodes magnétiques pour caractériser certains métaux, notamment le gadolinium.

Gadolin naquit le 5 juin 1760 à Abo, près d'Helsinki. C'était le fils d'un physicien et astronome connu. Il fit ses études à Abo puis sous la direction de Bergman à Upsal, séjourna au Danemark, en Allemagne,

aux Pays Bas, en Angleterre. Il enseigna la chimie à l'université d'Abo et consacra sa vie à l'étude des minerais nombreux et variés de la région d'Ytterby. C'est lui qui publia le premier livre suédois adoptant les théories de Lavoisier. Il mourut le 15 août 1852.

Scandium

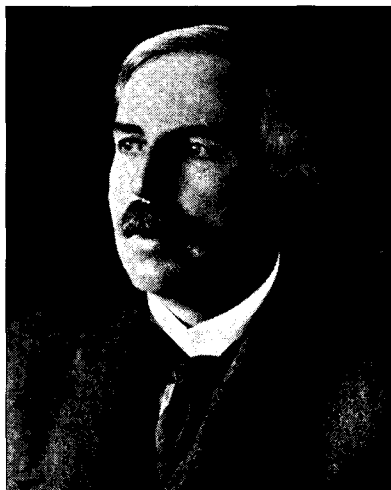
Sc (21). Il a été découvert en 1879 par Lars Fredrik Nilson. Celui-ci fut amené à étudier un minerai appelé euxénite dans le but de mesurer les constantes physiques des terres rares qu'il contenait. Il obtint de l'erbium qui, converti en nitrate ensuite décomposé par la chaleur, lui permit d'obtenir de l'ytterbium et une terre qu'il ne connaissait pas. Les propriétés du nouvel élément étaient très voisines de celles que Mendéléev avait prévues pour l'ékabore. Cleve confirma l'identité de l'ékabore et du scandium. Nilson appela le nouveau métal "scandium" pour honorer sa patrie. Il faut signaler que le scandium est toujours accompagné de lanthanides dans ses minerais. Ce n'est pas une terre rare, mais il a des propriétés chimiques voisines de celles des éléments yttriques.

Né à Visby, dans l'île de Gothland, où il fit ses études secondaires, Nilson partit pour Upsal pour y préparer une thèse de doctorat. Il dut interrompre ses recherches car son père fut atteint d'apoplexie. Il prit alors la direction de la ferme familiale jusqu'à la guérison de son père, retourna à Upsal pour achever sa thèse, devint directeur d'un laboratoire et fidèle disciple de Berzélius. C'est alors qu'il entreprit l'étude de l'euxénite. Il fut professeur de chimie analytique à l'université d'Upsal, puis professeur à l'académie d'agriculture de Stockholm où il fit avec succès des recherches sur les engrais. Sa devise était: «*La pureté des substances est témoin de la finesse de toute la recherche*».

LES ACTINIDES

Précédemment, les éléments 89, 90, 91 et 92 étaient placés dans les groupes III, IV, V et VI de la classification à cause de leurs propriétés voisines. Mais depuis que l'on connaît mieux celles des transuraniens (93 jusqu'à 103 et au delà), notamment leurs analogies avec les lanthanides, il est apparu nécessaire de créer une famille nouvelle, celle des actinides.

Rappelons que les isotopes d'un élément sont des atomes de masse atomique différente, mais qui ont les mêmes propriétés chimiques. Ces isotopes ont des noyaux qui contiennent le même nombre de protons



LORD ERNEST RUTHERFORD OF NELSON (1871-1937)
RÉALISA LA PREMIÈRE TRANSMUTATION D'UN ÉLÉMENT STABLE.

mais des nombres de neutrons qui diffèrent. Soddy (1877-1956), prix Nobel de chimie en 1921 "pour ses contributions à la chimie des substances radioactives et ses recherches sur les origines et la nature des isotopes", donna le nom "isotope". Par ailleurs, c'est Lord Ernest Rutherford, né à Nelson (Nouvelle Zélande), qui, le premier, en 1919, réussit une transmutation artificielle au Laboratoire Cavendish de Cambridge. C'était celle de l'azote en oxygène par bombardement avec des particules alpha. Il montra également que les corps radioactifs émettaient trois sortes de radiations qu'il appela alpha ou hélions, atomes d'hélium ayant perdu deux électrons, bêta, qui sont des électrons, et gamma, identiques aux rayons X. Il établit aussi la loi de décroissance radioactive. En 1912, le physicien danois Niels Bohr (1885-1962), prix Nobel de physique en 1922, proposa le modèle planétaire de l'atome.

Actinium

Ac (89). C'est un élément radioactif naturel découvert en 1899 dans la pechblende, par André Debierne. Le mot grec ακτινοσ (rayon) est à l'origine de sa dénomination. Il provient de l'évolution de ^{235}U .

Thorium

Th (90). Le thorium se trouve sous forme de phosphate mélangé à des phosphates de terres rares, dans la monazite, mais surtout dans la thorite ThSiO_4 , minéral assez rare. Il a été découvert en 1828 par Berzélius qui obtint du métal impur par action du sodium sur le chlo-



FREDERICK SODDY (1877-1956).

rure de thorium, comme l'avait fait Davy pour Ti, Ce et Zr. La dissociation de l'iodure, selon la méthode de Van Arkel, conduit à la préparation de métal pur. Le nom de thorium lui a été donné par Berzélius en l'honneur de Thor, divinité suédoise du tonnerre et de la pluie.

En 1898, Marie Curie découvrit que le thorium était radioactif, comme l'uranium.

Protactinium

Pa (91). Son nom vient du grec $\pi\rho\omega\tau\omicron\varsigma$ (premier) et $\alpha\kappa\tau\iota\nu\omicron\varsigma$ (rayon), pour rappeler qu'il précède l'actinium dans les transmutations. C'est un métal radioactif que l'on trouve dans les minerais d'uranium. Il a été découvert en 1917, simultanément en Allemagne par Otto Hahn (1879-1968), prix Nobel de chimie 1944 "pour la découverte de la fission des noyaux d'atomes lourds", Lise Meitner (1878-1968), ainsi que par le polonais Fajans (1887-1975), et en Ecosse par Frederick Soddy, John Cranston et Fleck.

Ses propriétés chimiques le rapprochent du tantale.

Uranium

U (92). En 1789, lorsque Martin-Heinrich Klaproth commença ses recherches sur la pechblende, qui contient essentiellement U_3O_8 , on pensait qu'il s'agissait d'un minerai de zinc et de fer. Après attaque par l'acide nitrique et neutralisation de l'acide par la potasse, il observa un précipité jaune, soluble dans l'excès de potasse. Chauffé à haute température, le mélange de pâte huileuse d'oxyde et de charbon donnait une poudre noire ayant l'aspect métallique. Klaproth considéra qu'il avait isolé un nouveau métal puisque la poudre ne pouvait être réduite ni par l'hydrogène ni par le carbone. Il l'appela "Uranium" en l'honneur de la planète Uranus que Sir William Herschel venait de découvrir (1781).

Il fallut attendre 1841 pour que Eugène-Melchior Péligot (1811-1890) démontre qu'il s'agissait en fait d'oxyde d'uranium. Pour cela,

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

SÉANCE DU LUNDI 23 MARS 1896,

PRÉSIDENTE DE M. A. CORNU.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE. --- *Sur les radiations invisibles émises par les sels d'uranium.*

Note de M. **HENRI BECQUEREL.**

1^o *Action sur les corps électrisés.*

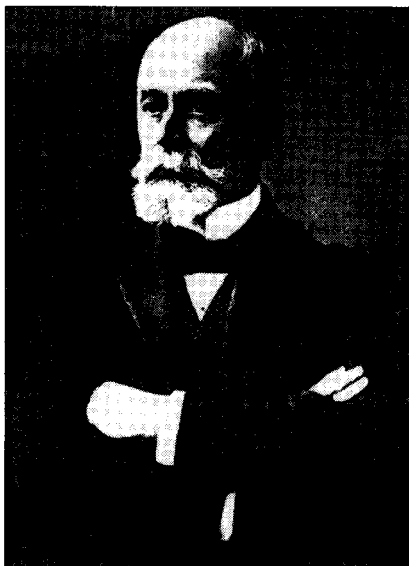
« Dans une des dernières séances de l'Académie, j'ai annoncé que les radiations invisibles émises par les sels d'uranium avaient la propriété de décharger les corps électrisés : j'ai continué l'étude de ce phénomène au moyen de l'électroscope de M. Hurmuzescu et j'ai pu constater, autrement que je l'avais fait par la photographie, que les radiations en question traversent divers corps opaques, en particulier l'aluminium et le cuivre. Le platine a présenté une absorption beaucoup plus considérable que les deux métaux précédents.

» Lorsque l'on suit le rapprochement progressif des feuilles d'or de l'électroscope pendant la décharge, on reconnaît que, pour des écarts qui

C. R., 1896, 1^{er} Semestre. (T. CXXII. N° 12.)

90

COMMUNICATION À L'ACADÉMIE DES SCIENCES DES PREMIÈRES OBSERVATIONS
QUI CONDUISIRENT HENRI BECQUEREL (1852-1908)
À LA DÉCOUVERTE DE LA RADIOACTIVITÉ.



HENRI BECQUEREL (1852-1908)
 PRIX NOBEL DE PHYSIQUE 1903.

il chauffa du chlorure anhydre du métal avec du potassium, élimina le potassium par un nouveau chauffage et le chlorure de potassium par dissolution. Il obtint alors une poudre métallique noire dont les propriétés différaient de celles de l'oxyde d'uranium.

L'uranium présente des analogies avec le chrome, le molybdène et le tungstène. C'est en 1896 que Henri Becquerel découvrit la radioactivité naturelle des sels d'uranium. Le métal comporte deux isotopes, ^{238}U non fissile et ^{235}U (0,7 %) fissile.

Klaproth¹ appartenait à une famille pauvre du Hartz. Dès huit ans, il gagnait un peu d'argent comme enfant de chœur. A seize ans, il put entrer en apprentissage chez un apothicaire où il resta cinq ans. Il travailla ensuite dans des laboratoires à Quedlinburg et Hanovre, en 1768 devint assistant dans un autre laboratoire à Berlin et, en 1770, le collaborateur du célèbre chimiste Valentin Rose qui mourut quelques mois après et auquel il succéda. Il éleva le fils de Valentin, Valentin Rose le Jeune (1762-1807), auquel il communiqua sa passion pour les sciences et la nature et qui collabora souvent avec lui. Il fit ensuite l'acquisition d'un laboratoire dans la Spandaugasse et devint à l'âge de 67 ans le premier professeur de chimie de l'université de Berlin nouvellement créée. Ceux qui l'on connu ont dit que c'était un homme désintéressé, intègre, modeste, aimable et plein d'humour. Il intervint dans la

1. Cf. portrait p. 40 (N.D.E.)

découverte du zirconium, du tellure et du titane auquel il attribua le nom. Ce fut un très grand maître de la chimie analytique quantitative et de la chimie minérale. Il eut un fils, Heinrich-Julius, qui devint un spécialiste réputé de l'orient.

Péligot, après avoir fait des études au Lycée Henri IV puis à l'École centrale des arts et manufactures qu'il dut abandonner faute d'argent, entra au laboratoire de l'École polytechnique dirigé par J.B. Dumas avec qui il collabora pour différentes recherches en chimie organique. Il fut titulaire des chaires de chimie analytique et de hyalotechnie (art de fabriquer et de travailler le verre) de l'École centrale, fit des conférences au Conservatoire des arts et métiers et des cours de chimie agricole à l'Institut national agronomique. Il travailla également à la Monnaie comme vérificateur, inspecteur puis directeur des essais, et fut l'auteur de nombreuses publications sur des sujets variés comme l'analyse de l'eau, la composition des sucres de betterave et de canne, la physiologie des vers à soie, la composition du verre de Bohême...

LES TRANSURANIENS

Ce sont les éléments qui suivent l'uranium (92) dans la classification. Ils sont tous artificiels, sauf le neptunium et le plutonium; une teneur en Pu de 10^{-12} environ a été décelée dans la pechblende.

Neptunium - Plutonium - Américium

Np (93), Pu (94), Am (95). E.M. McMillan (1907-1991), prix Nobel de chimie en 1951 conjointement avec G.T. Seaborg "pour leur découverte de la chimie des transuraniens", et P.H. Abelson obtinrent le neptunium en 1940 à l'université de Californie, par bombardement, avec des neutrons, de ^{238}U . Les propriétés chimiques de cet élément, du nom venant de celui de la planète neptune, sont très proches de celles de l'uranium. Il a 18 isotopes.

Le plutonium ^{239}Pu est obtenu par bombardement de ^{238}U avec des neutrons. C'est un produit de désintégration du neptunium, la réaction nucléaire donnant d'abord du ^{239}Np . Le plutonium possède un faible pouvoir de pénétration dans les tissus humains, mais, s'il est ingéré, son action est très grave car il se fixe sur les os, et cette action est cumulative. Sa période est de 24000 ans. Il est récupéré dans les barreaux d'uranium pour permettre la construction de piles. Il a 17 isotopes. Comme la plupart des transuraniens, il a aussi été découvert en



G.T. SEABORG (1912-) ET SON ÉQUIPE ONT DÉCOUVERT LA PLU PART DES TRANSURANIENS.

1940 par G.T. Seaborg (1912-) et ses collaborateurs A.C. Wahl et J.W. Kennedy (Berkeley, Californie) dans le cas du plutonium. Son nom vient de celui de la planète Pluton.

Américium

Am (95). On en trouve une petite quantité dans l'uranium provenant des réacteurs. Il fut découvert en 1944 par G.T. Seaborg, R.A. James, L.O. Morgan et A. Ghiorso, après bombardement de ^{239}Pu avec des particules α . Il possède 14 isotopes. L'analogie de ses propriétés chimiques avec celles de l'euporium est nette. Son nom vient évidemment de *America*, Amérique en anglais.

Curium

Cm (96). Il a été préparé en 1944 par G.T. Seaborg, R.A. James et A. Ghiorso en bombardant du ^{239}Pu avec des hélions accélérés au cyclotron. Il a 14 isotopes. Son nom lui a été donné en hommage aux Curie.

Berkelium

Bk (97). En 1949, S.G. Thompson, A. Ghiorso et G.T. Seaborg l'ont obtenu par bombardement de ^{241}Am avec des hélions. Il a 10 isotopes. Son nom vient de Berkeley, célèbre université de Californie.

Californium

Cf (98). Il a été obtenu en 1950 par S.G. Thompson, K. Street, A. Ghiorso et G.T. Seaborg, par bombardement de ^{242}Cm avec des hélions. Il a 16 isotopes. Son nom vient du mot "Californie".



LE PHYSICIEN ATOMISTE ITALIEN ENRICO FERMI (1901-1954).
PRIX NOBEL DE PHYSIQUE 1938, PROLONGEANT LES TRAVAUX DE I. ET F. JOLIOT-CURIE.
ET DIVERGER LA PREMIÈRE PILE ATOMIQUE LE 2 DÉCEMBRE 1942 À CHICAGO.

Einsteinium - Fermium

Es (99), Fm (100). Ils ont été identifiés dans des débris de l'explosion thermonucléaire expérimentale de décembre 1952, mais la publication de la découverte ne se fit qu'en 1955, signée par une équipe de quinze chercheurs de Argonne (Illinois), Berkeley et Los Alamos (Nouveau Mexique). L'einsteinium, ainsi nommé en hommage à Einstein (1879-1955), a 17 isotopes et le fermium, dédié à Fermi (1901-1954), en a 18.

Mendélevium - Nobelium - Lawrencium

Md (101), No (102), Lr (103). Le mendélevium, évidemment en hommage à Mendéléev, a été mis en évidence en 1955 par Seaborg et son équipe en bombardant ^{253}Es avec des particules α .

En hommage à Nobel, le nobelium, dont l'existence est controversée, aurait été découvert en 1957 par Seaborg et ses collaborateurs de Berkeley par bombardement de ^{240}Cm avec des ions de ^{12}C dans un accélérateur linéaire.

Le Lawrencium a été préparé en 1961 par A. Ghiorso, T. Sikkeland, A.E. Larsh et R.M. Latimer par bombardement de californium avec du bore. Il est dédié à l'américain Ernest Orlando Lawrence (1901-1958), connu pour ses travaux sur les accélérateurs de particules. Lawrence reçut le prix Nobel de physique en 1939 "pour l'invention et le développement du cyclotron".



ERNEST O. LAWRENCE (1901-1958), INVENTEUR DU CYCLOTRON.

L'existence des éléments 104 et 105 a été indiquée par des chercheurs russes; l'isotope 260 du premier a été nommé par eux kurchatovium, du nom d'Igor Kurchatov, en 1964. En 1969, A. Ghiorso et ses collaborateurs indiquèrent l'existence de l'isotope 257 qu'il appelèrent rutherfordium, du nom de E. R. Rutherford. L'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée (IUPAC) proposa qu'on l'appelle Unnilquadium (un-nil-quadium), en référence aux chiffres 1-0-4 exprimés en latin. Les chercheurs russes annoncèrent en 1957 l'existence des isotopes 260 et 261 du second, et en 1969, Ghiorso et ses collaborateurs confirmèrent l'existence de l'isotope 260 qu'ils appelèrent "hahnium" du nom de Otto Hahn. Les mêmes raisons que celles indiquées précédemment firent que l'IUPAC proposa le nom de Unnilpentium. Pour l'élément numéro 106, dont l'existence a été confirmée à l'automne 1993, le nom de seaborgium a été proposé.

Quelques atomes des éléments 107 (nielsbohrium), 108 (hassium) et 109 (meitnerium) (noms proposés par les chercheurs allemands) auraient été isolés à Darmstadt (Allemagne) avec un accélérateur de particules. La possibilité de l'existence d'éléments de numéro atomique supérieur est controversée.



5

BRÈVES BIOGRAPHIES DE CHIMISTES ayant contribué à la découverte des éléments

Amadéo comte AVOGADRO DI QUAREGNA E CERETTO **Le nombre**

IL NAQUIT À TURIN EN 1776. Son père, qui appartenait à la haute magistrature, lui fit faire des études de droit et il fut nommé secrétaire de préfecture à Turin. Mais il était davantage attiré par les sciences et, à 27 ans, il publia, avec son frère Felice, un mémoire intitulé “Essai analytique sur l’électricité” qui lui valut d’être nommé membre correspondant de l’académie des sciences de Turin.

C’était un scientifique autodidacte. Il quitta l’administration préfectorale pour devenir professeur de “philosophie naturelle” au lycée de Vercelli où il resta pendant quinze ans. Il envoyait des mémoires aux revues italiennes et françaises, notamment celui sur “la masse relative des molécules chimiques” qui eut beaucoup d’échos.

En 1820, Avogadro devint professeur de physique mathématique à l’université de Turin, mais sa chaire fut supprimée au bout de trois ans à cause de changements politiques, et il se tint en dehors de l’enseignement pendant dix ans. La chaire fut alors rétablie, mais attribuée au mathématicien français Augustin Cauchy (1789-1857) qui ne l’occupa qu’un an. Avogadro reprit alors possession de ce poste dont il resta le titulaire jusqu’à l’âge de 75 ans.

Avogadro fit une distinction entre atome qu’il nomme “molécule élémentaire” et molécule qu’il appelle “molécule intégrante”. Influencé par la théorie atomique de Dalton et en corollaire aux lois de Gay-Lussac, l’hypothèse d’Avogadro indique: «*Des volumes égaux de sub-*



AMADÉO AVOGADRO (1776-1856)
d'après un buste de Pietro Canonica.

stances gazeuses, à pression et températures égales, contiennent des nombres égaux de molécules. Par suite, le rapport des densités est le même que le rapport des masses des molécules». Cette loi date de 1811 et fut énoncée indépendamment par Ampère en 1814. D'abord très controversée et mise à l'écart, l'hypothèse d'Avogadro devint la loi d'Avogadro qui commença à être admise grâce à l'action du chimiste italien Stanislao Cannizzaro (1826-1910) et, en France, à celle de Gerhardt* (1816-1856) et Laurent* (1807-1853).

C'est Cannizzaro qui, en 1858, introduisit le nombre d'Avogadro $N = 6,024 \times 10^{23}$, nombre d'atomes d'oxygène dans un atome-gramme d'oxygène (16,000 g). Sa connaissance conduisit à la détermination des masses moléculaires des corps gazeux.

Dans le cas des solides, la loi de Dulong et Petit (1791-1820), qui date de 1819, dit que le produit de la chaleur spécifique (capacité calorifique par gramme) par le poids atomique est voisin de 6,2 calories par degré.

Le nombre d'Avogadro a ensuite été calculé de différentes façons : d'une manière approximative par Lord Rayleigh d'après la coloration bleue du ciel, puis par Jean Perrin à partir du mouvement brownien de particules microscopiques en suspension dans l'eau, découvert par Einstein, et finalement surtout par l'utilisation des rayons X.

Avogadro publia un traité en quatre volumes intitulé "Physique des corps pondérables". En tant que président de la commission des poids et mesures, il joua un rôle très important pour l'adoption du système métrique en Italie. Il mourut en 1856 à Turin.

Tobern BERGMAN
L'un des pères de la chimie analytique

Il naquit à Catharineberg, en Suède, en 1735. Ses premières recherches concernent les insectes, puis l'astronomie. Il fut nommé professeur de physique à l'université d'Upsal, enseigna ensuite les mathématiques et l'algèbre et, enfin en 1767, la chimie et la métallurgie.

C'était un expérimentateur de très grand talent. Il jeta les bases de la chimie analytique moderne, indiqua l'existence de réactifs spécifiques et étudia toute une série de sels de magnésium. Il fit également une étude comparative du fer et des aciers et prépara du nickel très pur. Mais l'hypothèse la plus importante à laquelle il ait abouti concerne la présence dans l'air de trois gaz, l'air vicié (azote), l'air pur (oxygène) et l'acide aérien (gaz carbonique).

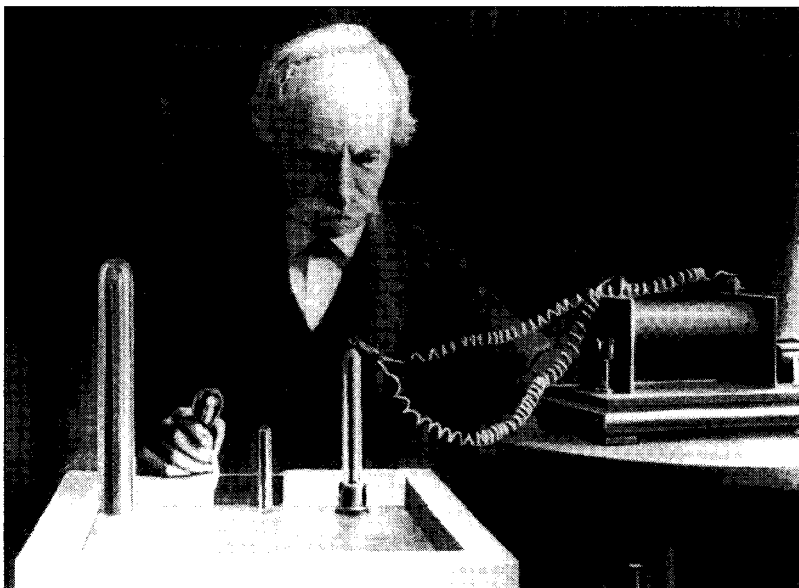
Ses publications sont très nombreuses. Elles eurent une grande audience car la réputation de Bergmann avait gagné tout le monde scientifique. Les élèves étrangers, attirés par la réputation du Maître, venaient de tous les pays. Il eut également le très grand mérite de reconnaître les exceptionnelles qualités de chercheur que possédait le jeune Scheele et de l'aider dans un climat de confiance partagée.

Bergman mourut en 1784.

Pierre Eugène Marcellin BERTHELOT
L'omniscient de génie*

Son grand-père était maréchal-ferrant au Bourget, commune de Saint-Cyr-en-Val (Loiret), son père était médecin à Paris dans le quartier populaire de la tour Saint-Jacques-la-Boucherie. Sa mère, parisienne d'origine, avait des ancêtres maternels armateurs à Dieppe jusqu'à la fin du XVIII^{ème} siècle. Il naquit le 25 octobre 1827 à Paris. *«C'est là que j'ai été élevé, entouré de l'amour des miens, dans la tradition républicaine, au bruit du canon et de la fusillade, au milieu des barricades, des émeutes du règne de Louis-Philippe, de la révolution de 1848 et des journées de juin. Depuis ma première enfance, à l'âge le plus tendre, la mémoire la plus vieille qui me reste est celle des blessés ensanglantés, frappés à Saint-Merri et rue Transnonain. On les amenait pour être secourus à mon père, médecin du bureau de bienfaisance pendant trente années et ami du peuple; il était né en Sologne d'un volontaire de 1792»*. *«C'était le premier républicain que j'eusse vu»* dira Ernest

*Cette brève biographie de Berthelot est largement inspirée du texte de la conférence de Paul Boumin, prononcée le 17 février 1973 devant la Société d'Études Renaniennes.



MARCELLIN BERTHELOT (1827-1907) DANS SON LABORATOIRE.

Renan (1823-1892), condisciple de Marcellin au lycée Henri IV, de quatre ans son aîné.

La vie et la pensée de Berthelot ont été très marquées par les relations exceptionnelles et les discussions de tous ordres qu'il eut avec le grand philosophe, dès leur adolescence et pendant toute leur existence. Renan écrit : *« Il avait dix-huit ans, et déjà l'esprit philosophique, l'ardeur concentrée, la passion du vrai et la sagacité d'invention. Nos ardeurs d'apprendre étaient égales. Nous mîmes en commun tout ce que nous savions. Nos discussions étaient sans fin, nos conversations toujours renaissantes. Nous passions une partie des nuits à chercher, à travailler ensemble. Notre croissance intellectuelle était comme ces phénomènes qui se produisent par une sorte d'action de voisinage »*. Ils se retrouvèrent plus tard, réunis au Collège de France, Renan comme administrateur et Berthelot comme professeur.

Berthelot fit de brillantes études au lycée Henri IV. Il reçut les prix de vers latins, de la classe de quatrième à la rhétorique, et, en 1848, le prix d'honneur de philosophie au Concours général des lycées de France. Cependant, bien que son ami Renan ait tenté de l'entraîner vers une carrière littéraire, il commença à suivre des enseignements médicaux, mais obtint parallèlement, en 1849, le grade de licencié ès-sciences de la faculté des sciences de Paris. Il acheva ensuite ses études médicales et entra, en janvier 1851, comme préparateur de Antoine Balard au Collège de France. Il soutient, en 1854, sa thèse de doctorat

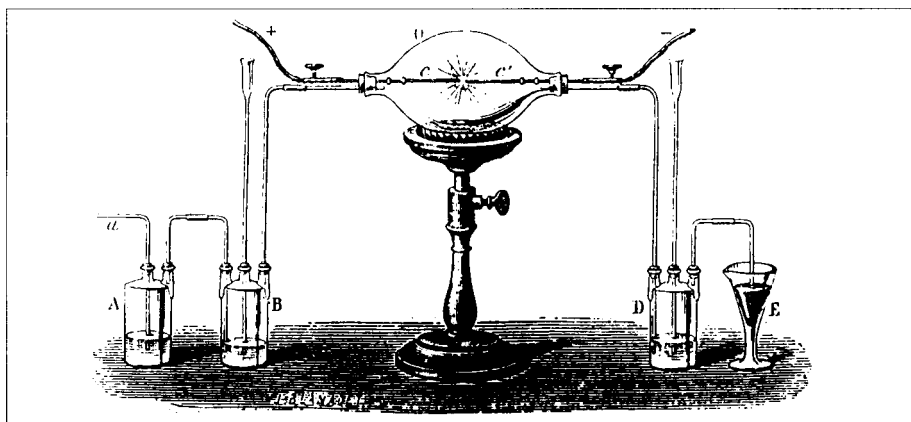
ès-sciences sur les combinaisons de la glycérine avec les acides et la reproduction des corps gras neutres naturels. En 1859, il est nommé professeur de chimie organique à l'école de pharmacie de Paris, fonction qu'il exercera jusqu'en 1876.

Avant 1865, il n'y avait au Collège de France qu'une chaire consacrée à la fois à l'enseignement de la chimie minérale et de la chimie organique. Balard obtint du ministre Victor Duruy (1811-94) le dédoublement de la chaire avec l'intention de confier à Berthelot, dont il appréciait la haute valeur, l'enseignement de la chimie organique. Celui-ci enseigna de 1863 à 1865 dans le cadre d'un cours complémentaire qui fut alors transformé en chaire. Berthelot publia aussitôt "Méthodes générales de synthèse en chimie" et "Alcools et spécialement les alcools polyatomiques". Il occupa la chaire de chimie organique jusqu'à sa mort le 18 mars 1907.

Dès 1860, Berthelot, dans sa "Chimie organique fondée sur la synthèse", osait définir ainsi le domaine de la chimie: «*La chimie crée son objet. Cette faculté créatrice, semblable à celle de l'art lui-même, la distingue essentiellement des sciences naturelles et historiques. Les dernières ont un objet donné d'avance et indépendant de la volonté de l'action du savant. (...) Ces sciences ne disposent point de leur objet. Au contraire, les sciences expérimentales ont le pouvoir de réaliser leurs conjectures*». «*La chimie possède cette faculté créatrice à un degré plus éminent encore que les autres sciences, parce qu'elle pénètre plus profondément et atteint jusqu'aux éléments naturels des êtres... Elle a la puissance de former une multitude d'êtres artificiels, semblables aux êtres naturels, et participant de toutes leurs propriétés*». Cet acte de foi en la science était hardi, mais il se révèle tous les jours d'une justesse alors inimaginable.

L'œuvre scientifique de Berthelot concerne tout d'abord la synthèse organique. Il s'agit par exemple de la synthèse de graisses à partir de la glycérine, de l'acide formique à partir du monoxyde de carbone et d'eau, de la célèbre synthèse de l'acétylène dans "l'œuf électrique", et du benzène à partir de l'acétylène. C'était entre 1853 et 1868. Il commença alors l'étude de la thermochimie, l'une des branches d'une science nouvelle, la chimie-physique.

Il s'agissait de déterminer par l'expérience les énergies mises en jeu au cours des réactions, en mesurant la chaleur dégagée ou absorbée. La chaleur étant équivalente à un travail mécanique, les lois chimiques se ramènent à la mécanique rationnelle. Pour effectuer ces mesures, il fut alors conduit à concevoir son célèbre calorimètre ainsi qu'une bombe calorimétrique. Il publia les résultats de ses travaux dans de nombreuses notes à l'Académie et, en 1879, dans un livre intitulé :



SYNTHÈSE DE L'ACÉTYLÈNE : L'ŒUF ÉLECTRIQUE DE MARCELLIN BERTHELOT (1860).

“Essai de mécanique chimique fondée sur la thermo-chimie”. Toutes ces mesures l’amènèrent à énoncer le “Principe du travail maximum” : “Tout changement chimique accompli sans l’intervention d’une énergie étrangère tend vers la production du corps ou du système de corps qui dégage le plus de chaleur”.

Berthelot créa à Meudon, en 1883, un laboratoire de chimie végétale. Il apporta des preuves de la fixation de l’azote par le sol, du rôle des micro-organismes et de celui des effluves électriques dans ce domaine. C’était un esprit encyclopédique. Aussi, consacra-t-il une partie de son temps à l’histoire de l’alchimie et de la chimie. Il publia plusieurs livres sur ces sujets dont, en 1890, l’histoire de Lavoisier intitulée “la Révolution chimique”.

Les relations qu’il eut avec Renan et les écrits d’Auguste Comte comme “La philosophie positiviste”, eurent assurément une grande influence sur sa pensée. Il était bon, tolérant et indulgent, et le manifesta sa vie durant.

Il croyait au progrès de l’homme et à celui de la science, et faisait de l’an 2000 un tableau dont nous ne voyons encore que l’ébauche, mais qui ne nous paraît pas relever de la science-fiction. Ce progrès, il le résumait ainsi : « *Nous serons alors bien prêts de réaliser les rêves du socialisme... pourvu que l’on réussisse à découvrir une chimie spirituelle, qui change la nature morale de l’homme aussi profondément que notre chimie transforme la nature matérielle* ».

Pour ce qui concerne la religion, il a écrit : « *Certes, un prophète aurait fort surpris Platon et Aristote il y a vingt siècles, s’il avait annoncé que c’était le rêve messianique d’une peuplade syrienne qui allait hériter de leur civilisation et saisir pendant de longues générations la direction religieuse et philosophique du monde. Je ne sais si, dans un*

avenir de durée égale, je veux dire après vingt ou trente siècles écoulés, le christianisme ne sera pas à son tour oublié: je veux dire entré dans les limbes de l'histoire, comme les religions qui l'ont précédé».

Il a écrit encore: «*Tandis que les théologiens, dupes de leurs illusions et de leur orgueil, érigent leurs systèmes sur les origines et les fins des choses en principes absolus et invariables, révélés par la divinité, dont ils se déclarent à priori les organes... les savants, plus modestes, ayant reconnu la source relative et historique de ces assertions, se bornent à tracer des règles actuelles à la conduite pratique de la vie. En morale et en politique, aussi bien en hygiène et en industrie: règles toujours provisoires, modifiables (...)*» Cette position était à l'opposé de celle du philosophe très cléricale Pierre Duhem (1861-1916), son ennemi juré.

Les publications de Berthelot sont très nombreuses, de l'ordre de 1200, non compris les livres qu'il a écrit. Elles ont été faites avec 38 collaborateurs, dont son préparateur Paul Sabatier (1854-1941), prix Nobel de chimie en 1912 conjointement avec Grignard, 62 autres élèves fréquentèrent son laboratoire du Collège de France. Il ne prit jamais aucun brevet.

Si Berthelot fut honoré à maintes reprises au cours de sa longue carrière, des critiques quelquefois violentes lui ont été adressées. La principale concerne son refus d'admettre la théorie atomique, avec toutes les conséquences que cela entraînait étant donné le véritable mandarinat qu'il exerçait sur les chimistes de notre pays. Il était, en quelque sorte, le chimiste officiel de la troisième République. Ses idées positivistes en sont peut être aussi la cause.

Berthelot occupa d'éminentes fonctions d'intérêt général. En 1870, il est président du Comité scientifique de la défense nationale, ce qui l'amènera à faire des découvertes dans le domaine de la chimie des explosifs. En 1871, il est élu sénateur de Paris sans avoir fait acte de candidature et, en 1881, sénateur inamovible. Ministre de l'Instruction publique en 1886 et 1887, il travaille beaucoup à la réforme des enseignements secondaire et supérieur. Il sera également ministre des Affaires étrangères.

Grand-croix de la Légion d'honneur en 1900, membre de l'Académie de médecine en 1863, de l'Académie des sciences en 1873 et secrétaire perpétuel en 1889, de l'Académie française en 1901, son jubilé scientifique fut fêté à la Sorbonne le 24 novembre 1901 en présence de 3 000 personnes venues du monde entier.

Berthelot épousa en 1861 Sophie Caroline Niaudet, sa cadette de 10 ans. Elle appartenait à une famille protestante. Ils eurent six enfants. Les Goncourt ont dit d'elle que c'était une beauté intelligente, profonde, magnétique, et Auguste Bréal, grand ami des Berthelot: «*Je garde d'elle*

le souvenir d'une femme très belle, très bonne, très calme, silencieuse et équilibrée». Ce fut un mariage très heureux.

En 1907, M^{me} Berthelot tomba malade et, le matin du 18 mars, son mari préviut ses enfants que leur mère allait mourir. Ce qui fut le jour même, Berthelot appela ses enfants et la vieille bonne qui les avait tous élevés, puis passa dans la pièce voisine où il s'étendit sur un divan comme il le faisait quand il était fatigué. Peu de temps après, il poussa un profond soupir. Il était mort lui aussi, moins d'une heure après son épouse.

On sait qu'ils sont tous deux inhumés au Panthéon.

Claude Louis BERTHOLLET **La modestie couronnée de succès**

Il naquit le 9 novembre 1748 à Talloire, en Savoie alors italienne, fit ses études secondaires au collège de Chambéry, suivit les enseignements de médecine de l'université de Turin et obtint son diplôme en 1768. Venu à Paris quatre ans après, il fut médecin ordinaire de M^{me} de Montesson et du duc d'Orléans qui favorisa son goût pour les sciences. Il avait des relations suivies avec Lavoisier.

Ses premières publications, consacrées aux acides tartreux et sulfureux, datent de 1777. Berthollet était déjà connu comme chimiste. Il se fit naturaliser en 1778 et l'Académie l'admit comme membre en 1780. Devenu directeur de la manufacture des Gobelins, il utilisa pour la première fois l'acide muriatique oxygéné, le chlore, pour le blanchiment des toiles, ce qui facilita grandement la tâche des industriels. La technique, applicable également à la cire et à la pâte à papier, fut bientôt utilisée dans l'Europe entière. Toutes les ménagères connurent "l'eau de Javel", du nom du quai de Paris où se trouvait une usine de blanchiment dont Berthollet était conseiller technique.

Il publia en 1791 "Les éléments de l'art de la teinture" dans lequel il présente du point de vue scientifique ce qu'est le teinturage puis, dans le second tome, la pratique.

Il fut le premier à adopter les théories de Lavoisier en 1785. En 1794, on lui confia l'enseignement de la chimie à l'École normale, mais son cours n'eut pas un grand succès car il était assez confus et mal ordonné. Il fut l'un des fondateurs de l'École polytechnique.

En 1796, il fut chargé par le Directoire, avec Monge et quelques peintres et sculpteurs, de ramener en France des chefs-d'œuvre de grands Maîtres italiens qui constituaient le prix de la paix aux princes du pays, et accomplit cette tâche délicate avec succès. Chargé par



CLAUDE LOUIS BERTHOLLET (1748-1822).

Bonaparte de choisir et de diriger les savants qui l'accompagneraient dans la campagne d'Égypte (1798-1801), il eut à plusieurs reprises un comportement héroïque. Il fonda avec Monge "l'institut d'Égypte".

A son retour en France, il fit paraître dès 1803 son "Essai de statique chimique" dans lequel il introduisit l'expression "d'équilibre chimique". C'était une idée tout à fait nouvelle qui fut très controversée à l'époque mais prolongée avec succès par Henri Sainte-Claire Deville. C'est également lui qui a introduit l'expression "action de masse". Rappelons qu'avec Fourcroy, Guyton de Morveau et Lavoisier, il participa à la conception et à la rédaction des bases de la "Réforme et du perfectionnement de la nomenclature de la chimie", qui est une grande œuvre de la chimie française.

Il était lié d'amitié avec Napoléon qui avait pour lui une estime considérable. «*Je le demanderai à Berthollet*» disait-il lorsqu'il recevait sur une question scientifique une réponse qui ne le satisfaisait pas. Nommé comte d'Empire et sénateur titulaire de la sénatorerie de Montpellier, il ne chercha jamais à tirer profit de ses relations avec Napoléon. Il menait une vie très calme à Arcueil, alors à la campagne, où il avait installé un laboratoire. Tous les savants français et étrangers venaient le voir. Gay-Lussac était son voisin. Berthollet créa la "Société d'Arcueil" qui rassembla d'éminents chimistes et fit paraître de 1807 à 1817 "Les mémoires de la Société d'Arcueil" dont l'intérêt scientifique était certain.

William Wollaston (1766-1828), a dit de lui : « *Berthollet était un homme très aimable. Ami de Napoléon, il était bon, conciliant, modeste et franc. Son caractère n'avait rien de hautain...* ». Il vota la déchéance de l'Empereur, ce qui lui valut des relations difficiles avec lui au moment du retour de l'Île d'Elbe, puis accepta que la Restauration le nomme Pair de France. Il est vraisemblable que c'est son horreur de la guerre qui le poussa à avoir ce comportement un peu opportuniste.

Il mourut le 6 novembre 1822.

Jöns Jacob BERZÉLIUS

La référence

La contribution de Berzélius à l'essor de la chimie au XIX^{ème} siècle est considérable. C'était un chercheur et un expérimentateur de génie ainsi qu'un pédagogue remarquable. Il naquit en Suède à Wälfversunda, village du Gothland oriental, le 20 août 1779. Ses parents étant morts, il fut élevé par son grand-père qui lui donna une excellente éducation ; il étudia la médecine à Upsal et obtint son diplôme à 22 ans. Dès l'année suivante, il était nommé professeur assistant de médecine, botanique et pharmacie à Stockholm où il enseigna jusqu'à la fin de sa vie, et professeur de médecine et de pharmacie en 1807. En 1806, il fut élu membre de l'académie des sciences de Suède dont il devint président en 1810 et secrétaire perpétuel en 1818. Sa réputation de professeur attira des chimistes venant de toute l'Europe. Il parlait couramment l'allemand, l'anglais et le français.

En 1819, durant un séjour en France, il rencontra Laplace, Berthollet, Gay-Lussac, Ampère, Arago et d'autres, avec qui il eut des échanges particulièrement riches pour le plus grand bien de tous. En 1822, il était élu membre associé de l'Institut de France.

C'est Berzélius qui, le premier, proposa pour chaque élément un symbole constitué par la première lettre de son nom, et, parfois, par une deuxième lettre pour le différencier des autres éléments ayant la même initiale. Il utilisa des indices dans la représentation des molécules. Dans son "Essai sur la théorie des proportions chimiques" de 1818, il publia un tableau des masses atomiques de la plupart des éléments alors connus, grâce à la précision des mesures, à moins de 1% près, qu'il avait réussi à faire. Il prenait comme référence O = 100, la composition des oxydes servant de base aux calculs. Compte tenu de connaissances nouvelles, notamment de l'isomorphisme de différents corps, il fut amené, en 1826, à apporter des modifications à son tableau.

Berzélius utilisa très vite la pile électrique de Volta (1745-1827) dont il avait vu toute l'importance dans la recherche chimique. C'est



JÖNS JACOB BERZÉLIUS (1779-1848).

ainsi qu'il contribua, avec Davy, à la découverte du calcium, du baryum et du strontium en proposant l'utilisation de cathodes en mercure qui permettent la formation d'amalgames, le mercure étant ensuite éliminé par distillation. Davy ne manqua pas d'écrire tout ce qu'il devait aux travaux de Berzélius. *«Depuis que vous m'avez envoyé vos notes, j'ai fait d'autres essais plus fructueux et, en combinant votre mode opératoire ingénieux avec ceux que j'ai employés auparavant, j'ai réussi à obtenir des quantités suffisantes d'amalgames pour la distillation»*. C'est Berzélius également qui découvrit le sélénium et le thorium et isola le calcium, le baryum, le strontium, le tantale, le silicium, le vanadium et le zirconium.

Bien que ses recherches dans le domaine de la chimie organique n'aient pas été couronnées de succès, bien qu'il ait été le dernier grand chimiste à admettre le caractère élémentaire du chlore en 1820, Berzélius a marqué son époque et fait progresser la chimie dans une voie nouvelle, notamment comme adepte de la théorie atomique de Dalton. Son influence était considérable. Il fut le maître à penser des chimistes de tous pays pendant plusieurs décennies.

C'était un homme très attachant, aimé de ses élèves et de tous ceux qui avaient eu la possibilité de le rencontrer. Il laissa un souvenir tenace et profitable aux chimistes de son temps grâce au très grand retentissement de ses traités de chimie. Tout dévoué à la science, il ne se maria qu'à l'âge de 57 ans, et fut heureux jusqu'à sa mort en 1848.



HENRY CAVENDISH (1731-1810).

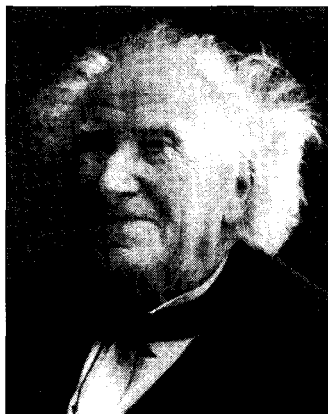
Henry CAVENDISH Le génial misanthrope

Il était né le 10 octobre 1731 à Nice où sa mère, de santé délicate, passait de longs moments. Sa famille était aristocratique et riche, proche parente des ducs de Devonshire et de Kent. La mort de sa mère alors qu'il était très jeune et le manque d'affection maternelle qui en résulta firent que Henry fut atteint d'une timidité malade qui se traduisait notamment par une impossibilité de s'adresser aux femmes, même celles qui étaient à son service. Durant la vie de son père, il vivait chichement se contentant d'une maigre pension que celui-ci lui allouait, mais, à la mort de son père, en 1783, il hérita d'une énorme fortune. Comme l'a dit Biot (1774-1862), célèbre physicien : « *C'était le plus riche de tous les savants et le plus savant de tous les riches* ». Sa fortune ne changea rien à ses habitudes de vie mais lui permit de faire installer dans une de ses maisons un très beau laboratoire.

Cavendish n'acceptait que les réceptions de caractère scientifique, à la Royal Society par exemple, ne pouvait parler qu'à une personne à la fois, et encore il ne fallait pas qu'elle le regarde en même temps, et s'exprimait avec hésitation. Cependant, les membres de la Royal Society le considéraient comme leur supérieur étant données l'étendue de son savoir et la clarté de ses raisonnements. Il s'habillait à l'ancienne avec une jaquette et un jabot, et portait tricorne.

En dehors de ses célèbres expériences qui aboutirent à la découverte de l'hydrogène et à la synthèse de l'eau, Cavendish s'intéressa à la mesure de la densité de la terre. Pour cela, il utilisa la balance de torsion inventée par Charles Augustin de Coulomb (1736-1806), pour mesurer la force d'attraction très faible exercée sur une bille de liège par une sphère de plomb de 158 kg. Il trouva que la densité de la terre était 5,48, valeur proche de celle actuellement admise (5,52).

Cavendish, qui consacra sa vie de misanthrope à la science, était avant tout un expérimentateur de génie. L'interprétation qu'il donnait de ses propres expériences était souvent erronée. Et les nouvelles théories de Lavoisier qui, notamment, battaient en brèche celle du phlogistique, ne furent jamais admises par lui. Il mourut en 1810 à Londres.



MICHEL EUGÈNE CHEVREUL (1786-1889).

Michel Eugène CHEVREUL **La bonne chimie conserve...**

C'est à Angers que naquit Chevreul le 31 août 1786. Il fit ses premières études dans sa ville natale et devint, en 1810, aide naturaliste au Muséum où il apprit la chimie avec Vauquelin. En 1830, il fut nommé professeur de chimie à la succession de son maître, poursuivit ses recherches dans le domaine des corps gras, démontra l'existence dans ceux-ci de glycérine et d'acides gras, proposa l'adoption des bougies en acide stéarique en remplacement du suif, et l'utilisation de l'acide oléique pour la préparation des laines à tisser. Il étudia les phénomènes de saponification et développa l'industrie de la savonnerie, s'intéressa également aux parfums, à certains médicaments et aux couleurs, et donna sur ce sujet un enseignement aux Gobelins. C'était un homme très réputé en France et en Europe. Il conseilla régulièrement Niepce de Saint-Victor dans ses recherches sur la photographie. Celui-ci mit au point différentes méthodes, notamment celles permettant l'obtention de négatifs sur verre. Certains, avec des preuves séricuses, attribuent à ce neveu de Nicéphore Niepce la découverte de la radioactivité, 40 ans avant Henri Becquerel.

Chevreul écrivit différents traités dont ses *Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale*, les *Leçons de chimie appliquée à la*

teinture. Il était membre de l'Académie des sciences en 1826, dont il participa à toutes les séances jusqu'à sa mort, et directeur du Muséum, le premier à être élu pour cinq ans. Il s'appelait lui même le "doyen des étudiants". C'était un homme calme, ponctuel, souriant, mais qui savait défendre avec fougue ses idées comme il le fit en 1862 alors que l'organisation du Muséum était attaquée. Il aimait la bonne chère mais ne buvait que de l'eau, même le jour où il fêta ses cent ans avec ses étudiants. On lui fit le reproche de s'intéresser aux sciences occultes vers la fin de sa vie. Il publia même un livre à ce sujet.

Chevreul mourut le 9 avril 1889. Il avait presque 103 ans.

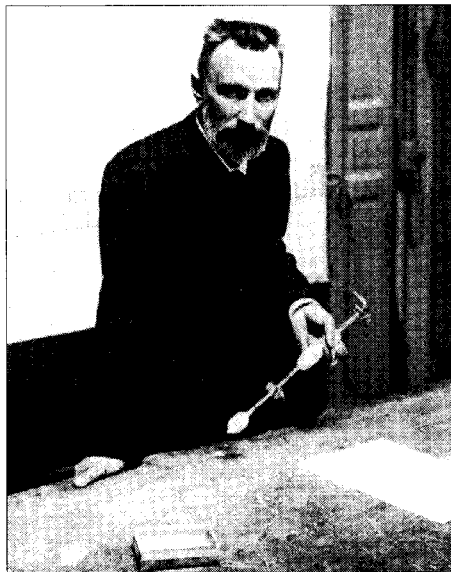
Pierre et Marie CURIE **Le couple de génies**

Les livres et articles consacrés à Pierre et Marie Curie sont très nombreux et tout ce qui concerne ces deux savants, notamment M^{me} Curie, y est dit. Il s'agit donc ici de rappeler les périodes les plus importantes de leur vie.

Pierre Curie naquit le 15 mai 1859 à Paris. Il avait un frère aîné, Jacques (1855-1941), très proche de lui bien que Jacques aimât la discussion et fût un extraverti alors que Pierre était introverti, réservé, très réfléchi et peu ambitieux. Son père, Eugène, d'origine alsacienne et de tradition protestante, était médecin, autoritaire, mais très dévoué aux hommes en difficultés. C'était un chercheur de vocation. Les deux frères ne reçurent pas le baptême ni de formation religieuse. Pierre eut un professeur privé, passa brillamment le baccalauréat à seize ans et devint préparateur dans une pharmacie de la rue du Bac. Il s'inscrivit alors à la Sorbonne et obtint le grade de licencié ès-sciences physiques deux années après. Nommé assistant du professeur Dessains, il consacra presque tout son temps aux travaux pratiques des étudiants, et le reste à la recherche.

Aimant beaucoup la nature, il fut marqué par la symétrie que possèdent les fleurs et rechercha celle-ci dans les cristaux. Avec son frère qui était devenu assistant en minéralogie, ils découvrirent la piézoélectricité et construisirent le premier appareil à quartz piézoélectrique en 1880. Cette découverte eut de remarquables applications en radio et, avec Paul Langevin (1872-1946), dans la mesure des profondeurs sous-marines par ultra-sons. Ayant passé le doctorat ès-sciences, Jacques Curie fut nommé professeur de minéralogie à Montpellier où il fit toute sa carrière d'enseignant.

En 1882, Pierre Curie devint chef de laboratoire à l'École supérieure de physique et chimie industrielles de la ville de Paris (ESPCI),



PIERRE CURIE (1859-1906)
PENDANT UN COURS.



MARIE CURIE (1867-1934)
DANS SON LABORATOIRE.

où il enseigna avec beaucoup de succès. Le directeur de l'école, Paul Schützenberger (1829-1897), professeur de chimie, lui apporta une aide certaine, voire chaleureuse. Mais, pendant deux ans, Pierre n'eut guère le temps de s'occuper de ses recherches. Il avait alors 29 ans et travaillait dans un couloir près de sa salle de cours. C'est à cette époque qu'il construisit la célèbre "balance de Curie". Mais Curie n'était toujours pas docteur ès-sciences. En 1891, il décida de travailler sur les propriétés magnétiques de différentes substances en fonction de la température et soutint sa thèse en 1895 sur ce sujet. Parmi les découvertes qu'il fit dans ce domaine, il faut citer le "point de Curie" qui est la température au dessus de laquelle les corps ferromagnétiques deviennent paramagnétiques. Il fut nommé professeur à l'ESPCI la même année, mais cette nomination ne s'accompagnait pas de l'attribution d'un laboratoire, si bien qu'il dut continuer à travailler dans son couloir.

Il eut une grande notoriété grâce à ses travaux dans des domaines variés concernant le spectre infra-rouge, le magnétisme, la symétrie dans les phénomènes physiques qui constitue, selon Alfred Kastler (1902-1984), prix Nobel de physique 1966, la partie la moins connue de son œuvre, mais la plus profonde, puis, avec Becquerel, l'action du rayonnement du radium sur les tissus dont les conséquences furent la lutte contre certains cancers par "curiethérapie".

Pierre Curie et Manya Skłodowska se marièrent le 26 juillet 1895. Il n'y eut qu'une cérémonie à la mairie de Sceaux. Ils s'adoraient. Marie

n'était pas une femme d'intérieur. Deux enfants naquirent, deux filles, Irène le 12 septembre 1897 et Eve le 6 décembre 1904.

Avec Henri Becquerel, ils reçurent le prix Nobel de physique en 1903 pour leurs travaux sur la radioactivité, et Pierre entra à l'Académie des sciences en 1904 après s'être déjà présenté deux ans auparavant. Une chaire de physique avait été créée pour lui à la Sorbonne en 1904. Marie devint chef de travaux dans le laboratoire de son mari.

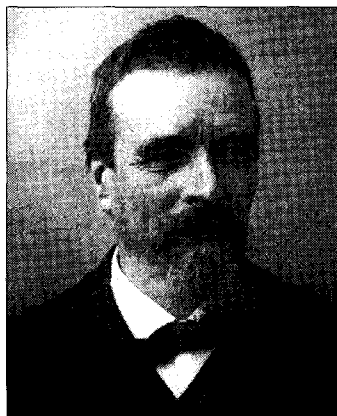
Le 19 avril 1906, Pierre Curie mourut, écrasé par un lourd véhicule traîné par des chevaux percherons, au croisement du Pont-Neuf et de la rue Dauphine. Son enterrement fut très discret, seuls sa famille et ses proches amis y assistaient. Mais ce décès eut un très grand retentissement, tant dans la presse française qu'étrangère. Tous les articles rendaient hommage au grand savant disparu très jeune alors qu'il était promis à de nouvelles grandes découvertes. Rien ne prouve, contrairement à ce que l'on a pu dire, qu'il se soit suicidé.

Marie fut chargée du cours que faisait son mari à la Sorbonne, puis, en 1909, nommée professeur titulaire de la chaire créée pour Pierre. C'était la première fois, en France, qu'une femme accédait à un poste de professeur de l'enseignement supérieur.

Ce qui concerne les travaux de Pierre Curie dans le domaine nucléaire sera indiqué avec ceux de son épouse.

Manya (Marie) Sklodowska naquit à Varsovie le 7 novembre 1867. Ses parents étaient de modestes enseignants. Elle avait un frère, Jozio, et trois soeurs Zosia, Bronya et Hélé. Après de très bonnes études secondaires, elle décida de travailler pour faire des économies lui permettant tout d'abord d'aider sa soeur Bronya qui s'était beaucoup occupée d'elle depuis la mort de leur mère et qui faisait alors des études médicales à Paris, ensuite pour aller elle-même à Paris suivre les enseignements de sciences physiques à la Sorbonne. Bien qu'elle fût timide, son ambition le lui commandait. Elle devint donc "gouvernante" d'enfants dans différentes familles aisées de la région, et cela dura cinq ans.

Marie arriva à Paris en octobre 1891. Au bout de deux ans, elle fut reçue première à la licence de physique et en 1896, première à l'agrégation de physique. Plus tard, elle devint professeur à l'École normale supérieure de jeunes filles de Sèvres. Ses élèves l'adoraient. Auparavant, la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale lui avait demandé de signer un contrat pour l'étude des propriétés magnétiques des différents aciers selon leur composition. Ce travail commença dans le laboratoire du professeur Gabriel Lippmann (1845-1921), inventeur de l'électromètre capillaire, prix Nobel de physique en 1908, où elle avait trouvé refuge, mais la place lui manquait. Grâce à des amis communs, elle fit la connaissance de Pierre Curie qui obtint de "Papa



PAUL SCHÜTZENBERGER (1829-1897), DIRECTEUR DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHYSIQUE ET CHIMIE INDUSTRIELLES DE LA VILLE DE PARIS, OÙ ENSEIGNÈRENT LES CURIE.

Schütz", le directeur de l'ESPCI, qu'elle travaille à côté de lui, dans son couloir.

On a dit que c'était Pierre Curie qui incita son épouse à faire des recherches sur les "rayons uraniques" de Becquerel, sans abandonner ses cristaux. En fait, ils travaillèrent beaucoup ensemble sur le sujet. Schützenberger, toujours aussi attentionné pour les Curie, mit alors à leur disposition un vieux hangar froid et humide, rue Lhomond, devenu célèbre, qui nécessitait de perpétuelles réparations. C'est là qu'ils découvrirent le polonium et le radium (1898), en utilisant notamment des appareillages comme l'électromètre des frères Curie et bien d'autres tout à fait appropriés à l'utilisation qu'ils voulaient en faire, construits par Pierre, génial concepteur. C'est à la suite de ces expériences que Marie supposa que l'émission des rayons était due à un phénomène émanant de l'atome lui-même. En mars 1902, Eugène Demarçay, célèbre spectrographe, confirma, sur un échantillon de chlorure de radium, l'existence de ce métal.

Mais Marie Curie n'avait toujours pas achevé sa thèse. La soutenance eut lieu le 25 juin 1903 devant Gabriel Lippmann, son professeur et son ami, Henri Moissan et Bouty (1846-1922), professeur à la faculté des sciences de Paris. Elle reçut le grade de docteur ès-sciences physiques, avec les félicitations du jury. C'était la première fois, en France, qu'une femme obtenait ce grade.

Le décès de son mari apporta évidemment beaucoup de perturbations dans la vie familiale et scientifique de M^{me} Curie. Elle n'en poursuivit pas moins ses recherches qui aboutirent en 1910 à la préparation, avec André Debierne, de radium métallique, après avoir traité une grande quantité de pechblende. Le nom de "curie" fut donné à l'unité

de radioactivité et l'étalon de radium déposé à Sèvres au Bureau International des Poids et Mesures.

Candidate à l'Académie des sciences où elle aurait été la première femme élue, elle subit un échec (28 voix contre 30), en janvier 1911. C'est Edouard Branly (1844-1940), physicien connu pour sa découverte du cohéreur utilisé pour la réception des signaux émis par Télégraphique Sans Fil, qui est élu. Elle reçoit cependant la même année le prix Nobel de chimie, premier savant à obtenir deux fois le prix, "pour les services rendus à l'avancement de la chimie en découvrant les éléments radium et polonium, pour avoir isolé le radium et pour l'étude de la nature des composés de cet élément remarquable".

En 1911 également, M^{me} Curie fut, à propos de sa vie personnelle, l'objet d'attaques directes par une certaine presse allant jusqu'à demander la suppression de la chaire qu'elle occupait à la Sorbonne et même l'interdiction de recherche en France pour "l'étrangère qui vole son mari à une mère de famille française". Elle fut très affectée par cette violente cabale, et sa santé, déjà chancelante, en souffrit. Elle reçut heureusement de nombreuses marques de sympathie venant de France et de l'étranger.

La renommée des travaux des Curie permit la construction de l'Institut du radium de 1912 à 1914. Il comprenait le pavillon Curie dirigé par Marie et le pavillon Pasteur, dont le directeur, le professeur Claude Regaud (1870-1940), et ses collaborateurs firent des travaux importants sur la radiothérapie du cancer de l'utérus. Les co-fondateurs furent l'université de Paris et l'institut Pasteur. Actuellement, la fondation Curie est constituée par les laboratoires précédents ainsi que par trois hôpitaux dont la vocation est toujours celle des établissements d'origine.

Pendant la guerre, Marie Curie, aidée par sa fille Irène, consacra tous ses efforts à soigner les blessés notamment en utilisant la radiographie et la curiethérapie. De plus, elle forma du personnel qualifié pour travailler dans les hôpitaux militaires, ainsi que des ambulanciers. C'est elle qui créa les "camions radio" pour le dépistage de la tuberculose. Elle dut vaincre sa timidité naturelle pour obtenir des militaires une aide "civile", surtout parce qu'il s'agissait d'une femme. Après la guerre, elle reprit ses activités d'enseignant et de chercheur en consacrant celles-ci à l'étude des propriétés du polonium. En 1920, grâce à Mrs William Brown-Meloney dite "Missy", une journaliste américaine très tenace, M^{me} Curie accepta, malgré ses réticences initiales, de faire une tournée aux Etats-Unis pour y recevoir la somme de 150 000 \$, somme énorme pour l'époque, afin d'acheter un gramme de radium, quantité égale à celle dont elle disposait à Paris. L'accueil fut triomphal. Son laboratoire attira de nombreux jeunes chercheurs français et étrangers.

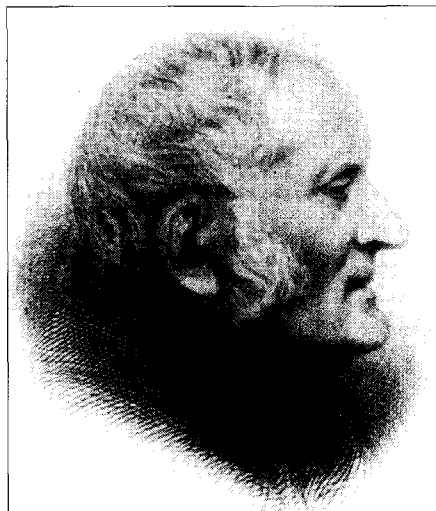
Bien qu'elle fût très timide et réservée, elle était souvent considérée, notamment après le décès de son mari, comme une personne glaciale et insupportable qui n'acceptait de recevoir ceux qui le souhaitaient que si cela lui plaisait à moins qu'elle y fût obligée. Ce n'était pas l'avis de ses élèves et collaborateurs du laboratoire pour qui leur "patronne" avait de l'amitié et souvent une certaine intimité. De plus, elle était très sensible aux souffrances humaines et le manifesta de façon remarquable pendant la guerre. Sa gloire fut immense. Einstein, qui la connaissait bien, disait : « *C'est la seule personne que la gloire n'a pas corrompue* ».

La santé de Marie Curie déclinait régulièrement, comme en 1911-1912, mais cette fois aucune amélioration n'apparaissait. La manipulation de corps radioactifs n'y était sans doute pas étrangère, elle qui ne prenait pas de précautions particulières dans son laboratoire, pas plus que son mari. Poussée par sa famille et ses amis, elle accepta finalement de séjourner au sanatorium de Sancellemoz, près d'Annecy, au début du mois de juin 1934, et mourut le 4 juillet. Elle fut enterrée civilement à Sceaux, aux côtés de Pierre. Leurs cendres furent transférées au Panthéon le 20 avril 1995 en présence de leur fille Eve et des présidents des républiques française et polonaise.

Marie Curie est la première femme admise au Panthéon pour ses mérites scientifiques. Le président Mitterrand déclara à cette occasion : « *La France ne fait pas seulement œuvre de reconnaissance, elle fait acte de foi dans la science et la recherche* ».

John DALTON **La théorie atomique**

C'était le fils d'un tisserand de Eaglesfield, dans le Cumberland, où il naquit le 6 septembre 1766. Dès l'âge de douze ans, il fonda une école qu'il ferma au bout de deux ans lorsqu'il partit pour Kendal rejoindre son frère aîné, professeur dans une institution appartenant à leur cousin G. Bewley. Les frères prirent l'école à leur compte trois ans plus tard et demandèrent à leur soeur de venir les rejoindre pour faire le ménage. Il s'instruisit tout seul en lisant, entre autres, les publications de Newton, acquit des notions de latin, de grec et de français, étudia la météorologie et publia même un traité sur ce sujet. A 27 ans, il devint professeur de mathématiques et de physique au New College de Manchester, mais, au bout de six années, le collège étant transféré ailleurs, il se contenta d'être professeur privé donnant des leçons particulières, jusqu'à la fin de son existence. Sa vie fut donc tout à fait modeste, et il s'en contenta, refusant à différentes reprises les proposi-



JOHN DALTON (1766-1844).

tions plus lucratives et les moyens matériels meilleurs qui lui étaient proposés. Sa seule distraction était d'aller chaque jeudi faire une partie de quilles "Au chien et à la perdrix". Ses qualités de scientifique commençant à être connues, il put faire des conférences dans les grandes villes d'Angleterre, ce qui lui donna l'occasion de rencontrer les grands chimistes de l'époque. On dit que Davy le traita de façon assez désinvolte. Puis il rentra à Manchester où il retrouvait son indépendance et le calme propice à la réflexion. Il était atteint de "dyschromatopsie", c'est à dire d'un trouble de la perception des couleurs, dont il étudia sur lui-même les caractéristiques. On sait que depuis cette époque, cette maladie est couramment appelée "daltonisme".

C'est en 1805 que parut dans "Manchester memoirs" la première publication de Dalton sur la théorie atomique, mais ce n'est qu'en 1808 que fut édité son "New System of Chemical Philosophy" dans lequel il précisa sa pensée, notamment après avoir étudié la composition des oxydes d'azote. Il faisait revivre la conception grecque des atomes, unités indivisibles de la matière, sous une forme précise. Dans un élément, les atomes, qui sont insécables, (α privatif et $\tau\epsilon\mu\nu\omicron$, je coupe), sont identiques entre eux, mais ont une masse différente quand on passe d'un élément à un autre. La masse 1 est attribuée à l'hydrogène, 5 à l'azote, 7 à l'oxygène, ... Quand deux éléments ne donnent qu'un seul composé, il est binaire. Exemple : HO, NH. Si deux composés existent, l'un est binaire, l'autre ternaire. La loi des proportions multiples de Dalton dit : *« Lorsque deux éléments se combinent pour donner plusieurs composés, les différents poids de l'un des éléments qui entrent en combinaison avec*

un poids donné de l'autre sont entre eux dans des rapports entiers petits». La loi de Gay-Lussac, « *les volumes de deux gaz qui se combinent sont entre eux dans un rapport simple* » était proche de celle de Dalton, mais le savant français n'en avait pas tiré toutes les conséquences.

Les travaux de Dalton furent très bénéfiques à la chimie, et conduisirent notamment aux lois de Gay-Lussac et à celles d'Avogadro-Ampère.

Malgré tout ce faisceau de résultats qui, certes, peuvent paraître un peu confus, les travaux de Dalton soulevèrent beaucoup de critiques et la théorie atomique ne fut admise que beaucoup plus tard. Berzélius chercha bien à concilier les deux lois précédentes qui concernent poids ou volumes en proposant, en 1818, une table des poids atomiques. Mais les difficultés nées de la confusion faite par la plupart des chimistes entre atome et molécule eurent pour conséquence le rejet de la théorie atomique et l'introduction des "équivalents" proposés par Wollaston et prônée par J. B. Dumas. Les "équivalents" sont les nombres qui expriment, par exemple, les quantités de mercure, cuivre et zinc, qui se combinent avec une même quantité de chlore (100 de Hg, 31,75 de Cu et 33 de Zn pour 35,5 de Cl).

Dalton établit également la loi sur les pressions partielles : « *Dans un mélange gazeux, les molécules de chaque gaz exercent la même pression que si elles étaient seules; la pression totale est la somme des pressions partielles des différents gaz du mélange* ».

Dalton doit être considéré comme l'un des plus grands chimistes qu'il y ait jamais eu, un de ceux qui ont fait faire à cette science des progrès fondamentaux.

Il mourut à Manchester en 1844.

Sir Humphrey DAVY **Le savant homme du monde**

C'est un personnage hors du commun. Il naquit le 17 décembre 1778 à Penzance, en Cornouailles, dans une famille de condition modeste. Il avait quatre frères et soeurs. Son père était sculpteur sur bois. Très vite, son instituteur reconnut en lui une aptitude particulière aux études qui le fit considérer par son entourage comme un prodige. Il aimait beaucoup la poésie. Pour survenir aux besoins de sa famille à la mort de son père, sa mère, qui tenait un hôtel meublé, le mit en apprentissage chez un apothicaire et médecin, Bingham Borlase, qui reconnut très vite "l'aptitude de son jeune auxiliaire à la pensée originale" et qui l'aida à satisfaire son besoin de connaissances, lié notamment aux progrès de la

chimie, en lui prêtant des livres et en l'encourageant à poursuivre ses expériences. Un de ses livres de base était les "Éléments de chimie" de Lavoisier. A l'âge de 20 ans, il rédigea un mémoire très apprécié sur la respiration, et, grâce à cette publication, il fut nommé pratiquement directeur du "Pneumatic Institute of Bristol" par son fondateur, le docteur Beddoes, à qui il avait envoyé son mémoire. C'est à cette époque qu'il s'intéressa à l'air nitreux déphlogistiqué, c'est à dire le protoxyde d'azote, dont on disait qu'il avait des effets nocifs sur la respiration. Davy prépara du gaz pur et l'expérimenta sur lui même. Il découvrit qu'il endormait la douleur due aux maux de dents et procurait des sensations comparables à celles que donne une ébriété. C'est pour cela que le nom de "gaz hilarant" fut donné à ce gaz. Cette découverte eut un grand retentissement et Davy dut en faire des démonstrations publiques.

A la création en 1801 du Royal Institute de Londres par le comte Rumford (1753-1814), il s'agissait de trouver un administrateur, brillant conférencier, afin d'attirer l'attention de mécènes. Davy accepta le poste qui lui était proposé. Le succès dépassa toutes les espérances, et ses conférences avec démonstrations étaient suivies non seulement par des savants et des scientifiques, mais aussi des artistes, littérateurs, journalistes, politiciens. Il faut bien dire qu'avec le temps, sa production scientifique en souffrit.

En 1800, Volta avait construit la première pile. Le grand mérite de Davy est d'avoir très rapidement compris l'intérêt que cette grande découverte présentait pour la chimie, notamment pour isoler de nouveaux éléments. On a vu l'importance de son œuvre dans la recherche des alcalins, des alcalino-terreux et dans celle des halogènes. En 1824, l'Amirauté britannique demanda à Davy de proposer une méthode pour éviter la corrosion des revêtements en cuivre destinés à protéger les carènes des voiliers. L'utilisation de l'électrochimie lui permit de proposer une méthode très efficace, connue actuellement sous le nom de protection cathodique. Elle consiste, dans le cas de ces navires, à fixer sur le cuivre des blocs de fer qui jouent le rôle d'anode dans la pile cuivre-fer, le cuivre cathode n'étant pas attaqué. Cette première application de la méthode ne fut pas un succès, car le cuivre qui restait nu ne pouvait empêcher les salissures de se fixer à sa surface, ce qui avait pour effet de diminuer la vitesse des navires, alors que s'il est oxydé, ses sels, qui sont toxiques, éliminent les salissures. Davy avait cependant montré qu'il savait appliquer sa grande culture scientifique à la résolution de problèmes concrets. La méthode est toujours très utilisée de nos jours.

C'est également à Davy que l'on doit l'arc électrique en 1808. Par ailleurs, avec l'aide de son assistant Michael Faraday, il réussit à mettre au point en quinze jours un dispositif ingénieux destiné à éviter les ex-



SIR HUMPHREY DAVY (1778-1829).

plosions de grisou provoquées par les lampes de mineurs. Il s'agissait d'une toile métallique entourant la flamme, qui isolait celle-ci de l'extérieur où se trouvait le méthane. Invité à faire protéger son invention par un brevet, il répondit avec magnanimité : *«En réalisant cette lampe, je n'avais d'autre dessein que de servir la cause de l'humanité, et, si j'ai réussi, le sentiment de l'avoir fait sera ma meilleure récompense»*.

Davy, Sir Humphrey Davy en 1814, fut comblé d'honneurs dans son pays, et même en France puisqu'il reçut la médaille et les prix offerts par Napoléon pour récompenser "la meilleure expérience qui serait réalisée au cours de l'année sur le courant galvanique". C'était pourtant le blocus continental, la France et l'Angleterre étaient en guerre !

Malade, il vécut en Italie de 1813 à 1820. Il revint alors dans son pays jusqu'en 1827, période pendant laquelle il écrivit d'ailleurs un ouvrage sur la pêche à la mouche, puis partit en Suisse, et mourut à Genève en 1829.

Davy n'a pas toujours eu, vis à vis de son entourage, de ses collègues, ou de ses collaborateurs, une attitude sans reproches. Il a souvent été hautain, voire méprisant, parfois agressif. C'est ainsi qu'à ses yeux, son disciple Faraday était toujours un tâcheron qu'il avait condescendu à prendre à son service. Selon J. B. Dumas, *«Il n'avait pas pour lui les égards que tout homme voué au culte de la science doit accorder si volontiers à celui qui s'y distingue»*.

Mais, finalement, ce qu'il faut retenir de Davy est son inspiration et son talent dans la réalisation de ses idées, qui ont eu une influence décisive sur le développement de la chimie moderne.

Eugène Anatole DEMARÇAY
Une référence en spectroscopie

Né le 1er janvier 1852 à Paris, il fit ses études au lycée Condorcet puis passa une année en Angleterre. A son retour, il entra à l'École polytechnique et fut quelque temps, dans cette école, assistant d'Auguste Cahours (1813-1891). Celui-ci était surtout connu pour ses travaux en chimie organique. Il avait notamment découvert l'alcool amylique et écrit plusieurs traités dont la "Chimie des demoiselles", au titre évocateur de la ségrégation sexuelle de l'époque, et qui rassemblait les leçons professées à la Sorbonne pour l'enseignement secondaire des filles. Comme celles de son patron, les premières recherches de Demarçay concernaient la chimie organique et, plus particulièrement la série terpénique et les esters des acides monosaturés. Il aimait la science pure et, dans ce domaine, eut des contacts avec de jeunes chercheurs comme Moissan, Becquerel et les Curie. C'était un très grand spécialiste de spectroscopie, consulté par des chercheurs réputés. Ainsi, c'est lui qui, à la demande des Curie, confirma l'existence des raies du radium dans le spectre de certains sels de baryum. Il fut tout naturellement amené à étudier les terres rares.

Il eut, au cours de sa carrière, des accidents de laboratoires qui ne l'empêchèrent pas de poursuivre ses recherches, notamment sur l'europlum qu'il avait découvert, mais qu'il ne put mener à leur terme car il mourut à cinquante deux ans, en 1904.

Jean-Baptiste André DUMAS
Le grand maître

Il naquit à Alès le 14 juillet 1800. Son père, qui possédait une bonne culture, était un simple secrétaire municipal. A 16 ans, il partit à pied pour Genève où il devint apprenti pharmacien et put suivre des cours à l'Université. S'intéressant surtout à la physiologie, il publia, avec le physiologiste Pierre Prevost (1751-1839), des travaux d'embryologie et de chimie biologique. Il monta alors à Paris où, grâce à Arago, Thénard le prit comme préparateur à l'École polytechnique. En 1830, il fut l'un des fondateurs de l'École centrale et, en 1832, succéda à Gay-Lussac dans la chaire de la Sorbonne, où Sainte-Claire Deville le remplaça. En 1853, il fut élu membre de l'Académie des sciences dont il devint secrétaire perpétuel. Il enseigna également à la Faculté de médecine et au Collège de France. En 1875, l'Académie française l'accueillit après le décès de Guizot. Il s'était marié à 25 ans avec la fille d'Alexandre Brongniart (1770-1847), directeur de la manufacture de Sèvres, minéra-

logiste célèbre et professeur à la Sorbonne puis au Muséum, lui-même fils de l'architecte de la Bourse de Paris.

La carrière politique de Dumas commença en 1849 : député du Nord, ministre de l'Agriculture et du Commerce, fonction qu'il n'exerça que pendant 3 mois, conseiller, puis président du Conseil municipal de Paris en 1859, sénateur sous l'Empire, il exerça ces mandats avec beaucoup de succès, par exemple pour l'adduction d'eau et l'organisation de l'éclairage au gaz de Paris. Il lui était difficile de concilier ces fonctions avec la poursuite de ses recherches, mais il assura toujours ses enseignements. En 1870, il cessa toute activité politique, se remit au travail dans le laboratoire de Pasteur, qui était son élève et qui avait pour lui une très grande considération, ce qui l'amena à faire sa dernière publication qui traitait de la fermentation. Arrivé très jeune à la notoriété et aux honneurs, Dumas eut une influence considérable toute sa vie durant.

Le 30 avril 1836, dans sa leçon au Collège de France, Dumas dit : *« Pour le moment, bornons nous à établir avec Dalton que l'hypothèse d'atomes qui se déplacent mutuellement rend parfaitement compte de la loi des équivalents, tout comme leur insécabilité nous explique clairement pourquoi les combinaisons se font suivant les proportions multiples. Rien de plus naturel en effet que de considérer les masses matérielles de cuivre et d'argent, de fer, d'acide sulfurique et d'acide azotique, de baryte et de potasse, comme étant les représentants des atomes de ces corps, si tant est que les corps soient formés d'atomes. Mais cela suppose que les corps soient formés d'atomes, et, pour admettre ce principe, vous devez désirer des preuves. N'en demandez pas à M. Dalton : il ne vous en propose pas. M. Dalton suppose l'existence des atomes, mais il ne la prouve pas ; seulement, leur existence étant admise, il s'en sert pour rendre raison des rapports observés entre les quantités constantes de matière qui réagissent entre elles dans les phénomènes chimiques... »*

Pour expliquer les lois de la chimie quantitative, est-il indispensable au surplus de recourir à la supposition des atomes ? Est il nécessaire d'admettre l'insécabilité des particules matérielles entre lesquelles se passent les actions chimiques ? A cette question je répondrai sans hésiter : Non, cela n'est pas nécessaire ; non, parmi tous les faits de la chimie, il n'en est aucun qui oblige à supposer que la matière soit formée de particules insécables, il n'en est aucun qui donne quelque certitude ou même seulement quelque probabilité touchant l'insécabilité de ces particules ».

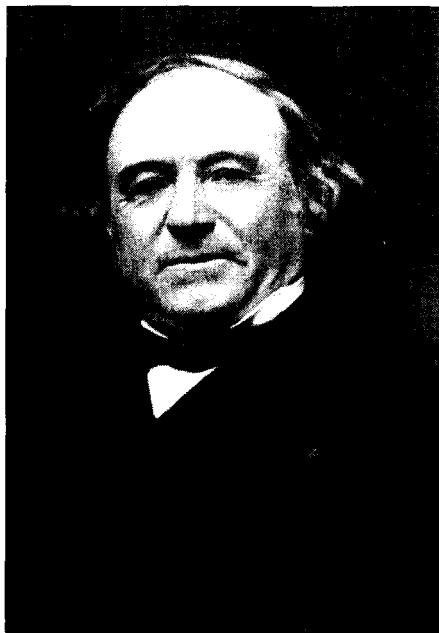
Et Dumas prononça un jour cette phrase célèbre : *« Si j'en étais le maître, j'effacerais le mot "atome" de la science, persuadé qu'il va plus loin que l'expérience, et jamais, en chimie, nous ne devons aller plus loin que l'expérience »*. Son autorité était telle que la plupart des chimis-

tes suivirent le Maître dans le camp des "équivalentistes", tout au moins en France, car en Allemagne par exemple, les travaux de Gerhardt* et Laurent* reçurent un écho très favorable de la majorité des chimistes. La différence entre atomistes et équivalentistes se traduisait en fait dans la façon d'écrire la formule de l'eau, H_2O pour les premiers, HO pour les seconds, avec toutes les conséquences qui s'ensuivaient. Cela était dû à la confusion qui existait entre molécule et atome, si bien que l'on donnait à O la valeur 8 et non pas 16 et qu'ainsi la formule HO ne correspondait pas à la structure de la molécule d'eau. En France, la querelle ne prit fin qu'après le décès du maître. Par contre, Dumas contribua largement à la prise en considération de la théorie des substitutions, initiée par Laurent, notamment grâce à ses expériences sur la substitution du chlore à l'hydrogène dans les composés organiques.

Le plus souvent en collaboration avec de jeunes chercheurs dont il associait le nom au sien, Dumas fit des recherches importantes sur l'esprit de bois (alcool méthylique), l'alcool amylique, l'indigo, les amines, les uréthanes, l'oxamide, ainsi que sur les densités de vapeur... Il publia plusieurs traités de chimie, dont les "Leçons de philosophie chimique" paru en 1836, et des livres sur des sujets plus précis comme la teinture ou les engrais. C'était un très grand professeur.

A l'inauguration de sa statue à Alès le 21 octobre 1889, Pasteur déclara : «*Pour moi, je puis dire que pendant quarante ans je n'ai cessé de travailler en ayant devant l'esprit cette figure vénérée dont un mot encourageant d'abord, puis mieux, puis plus que je n'osais espérer, étaient une récompense et un honneur qui dépassaient tous les autres. Son enseignement avait ébloui ma jeunesse, j'ai été le disciple des enthousiasmes qu'il m'avait inspirés*».

C'était un brillant orateur avec des échappées lyriques, des expressions heureuses, une noblesse voulue, et ses "Discours et éloges académiques" sont célèbres. Ils ont été réunis et publiés en 1884 et 1885. Ce fut un ardent défenseur de Lavoisier et il œuvra beaucoup pour obtenir sa réhabilitation, notamment, lorsqu'il fut élu président de l'Académie des sciences, en demandant au ministre de l'Instruction Publique des crédits pour permettre l'édition des œuvres du grand chimiste. «*Oui*, dit-il devant l'auditoire du Collège de France, *je doterai les chimistes de leur Evangile*». Six volumes furent ainsi édités de 1861 à 1893 grâce à Dumas puis au chimiste Edouard Grimaux (1835-1900), auteur de travaux de chimie organique, grand défenseur de la théorie atomique et continuateur de Dumas pour la publication des œuvres de Lavoisier. La correspondance de Lavoisier ne fut publiée qu'en 1955 sous le patronage de l'Académie des sciences, avec le concours de l'U.N.E.S.C.O.



JEAN-BAPTISTE ANDRÉ DUMAS (1800-1884).

Faut-il attribuer à Dumas une place parmi les très grands chimistes de cette époque ? Dans son "Histoire de la chimie", Delacre répond ainsi à cette question : *« Il nous semble que oui. Et cependant, il n'a aucune vérité définitive à son actif. Lui attribuer les séries homologues, c'est en priver Gerhardt qui nous semble avoir poussé la question avec une rigueur plus grande, bien que non définitive encore. De même, il est impossible de lui donner la substitution ; peut-être en a-t-il eu l'idée, mais quelle distance le sépare sur ce point de la profondeur de Laurent ! Par un juste retour, cependant, il était impossible que la théorie de l'élève trouvât un illustrateur plus heureux, plus élégant et plus précis que lui. Enfin, si l'on ajoute à cela la théorie de l'éthère* qui fut, malgré ses faiblesses, la meilleure de celles de l'espèce qui partagèrent l'opinion avant 1850, sa classification des métalloïdes, ainsi que ses déterminations analytiques, notamment celle du carbone, il faut reconnaître que, si plusieurs chimistes ont des titres plus précis, bien peu en ont autant et d'aussi élevés que le grand chimiste français »*. On doit tout de même lui tenir rigueur de son ostracisme vis à vis de Gerhardt et de Laurent, dont les idées furent assurément à la base de la chimie actuelle ; cela retarda leur éclosion.

Dumas mourut à Cannes le 11 avril 1884.

* L'éthylène.

Michael FARADAY

L'électrotechnique et l'électrochimie

Faraday fut un grand chimiste et un grand physicien. Il naquit en 1791 dans une famille modeste, à Newington, dans la région de Londres, où son père était maréchal-ferrant. Il fut mis en apprentissage chez un relieur dès l'âge de treize ans, ce qui lui permit de lire beaucoup, notamment "Conversations sur la chimie" écrit par une chimiste suisse, Jeanne Marcet (1769-1838), ce qui l'attira vers les sciences. Il entreprit alors de fabriquer différents instruments qui intéressèrent un client du relieur qui l'emmena écouter Davy au Royal Institute. Ayant fait la connaissance du Maître, il obtint de lui qu'il le prit comme aide de laboratoire en 1813. Bien qu'il lui fit faire souvent des tâches peu re-luisantes et qu'il n'ait pas pour lui la considération qu'il méritait. Davy eut le mérite certain de contribuer à l'éclosion d'un très grand savant qui, contrairement à lui, était simple, modeste et admiratif des décou-vertes faites par d'autres.

Faraday n'était pas un théoricien mais un intuitif et un expéri-mentateur de génie. En 1831, après plusieurs années d'expériences, il présenta à la Royal Society un mémoire célèbre dans lequel il annonçait la découverte de l'induction, dont on connaît les conséquences pour la production d'électricité, par la dynamo notamment. James Clerk Maxwell (1831-1879) en fit l'étude mathématique. Le phénomène de self-induction fut découvert pratiquement en même temps par Faraday et le physicien américain Joseph Henry (1797-1878).

L'étude des propriétés magnétiques de la matière le conduisent, en travaillant sur le verre, à la découverte du diamagnétisme et à montrer que tous les corps ont des propriétés magnétiques.

Vraisemblablement influencé par sa présence dans le laboratoire de Davy, connaissant les travaux d'Ampère sur la théorie des aimants, Faraday s'intéresse aux phénomènes d'électrolyse, donne les noms d'électrolyte, ion, anode, cathode, anion, cation, et énonce les lois de l'électrolyse. Il montre que, contrairement aux idées alors admises, le contact entre deux conducteurs ne détermine pas la production d'élec-tricité et que l'action chimique au niveau des électrodes est indispen-sable. Ses publications sur ce sujet, dans ses "Recherches", datent de 1833-34.

En 1823, Faraday publia ses premiers travaux personnels. Ils étaient relatifs à des études chimiques, notamment la liquéfaction des gaz. C'est ainsi qu'il réussit à liquéfier le dioxyde de carbone, le protoxyde d'azote, le dioxyde de soufre, l'ammoniac, les acides chlorhy-drique et sulfurique, le cyanogène et le chlore. A 54 ans, il parvint à li-



MICHAEL FARADAY (1791-1867).

quéfier l'éthylène et l'hydrogène phosphoré. Il appela "gaz permanents" l'hydrogène, l'oxygène et l'azote qu'il n'avait pas réussi à obtenir à l'état liquide bien qu'il ait affirmé que cela devait être possible. C'est lui qui découvrit la benzine en 1825.

Il succéda à Davy en 1827. Malgré la gloire qu'il avait acquise en attachant son nom à l'une des plus grandes découvertes de la science, il refusa les honneurs auxquels on l'appelait, notamment le titre de baronnet qui ne pouvait rien lui apporter, disait-il. Il mourut le 25 août 1867.

Antoine François, comte de FOURCROY **Généreux mais controversé**

Il naquit à Paris en 1755 et fit des études de médecine qu'il réussit à mener à leur terme grâce à la générosité des amis de Félix Vicq d'Azyr (1748-1794), médecin et anatomiste célèbre, qui fonda la Société Royale de Médecine en 1776. Il consacra sa courte vie à la chimie et il eut une influence déterminante sur l'évolution des idées dans ce domaine de la science et sur celle de son enseignement.

En recherche, Fourcroy permit à son élève et ami Vauquelin, en lui fournissant les moyens de vivre convenablement et en le conseillant pour l'orientation de ses travaux, de manifester ses talents. Il publia de nombreux mémoires notamment sur les eaux sulfureuses, le phlogistique



ANTOINE FRANÇOIS DE FOURCROY (1755-1809).

et les acides, la séparation du cuivre et de l'étain, et de nombreux articles dans le "Dictionnaire des sciences nouvelles". En chimie organique, il fit des recherches sur l'albumine et la gélatine. C'était un professeur très brillant et il revendiquait la gloire d'avoir été le premier à enseigner officiellement la théorie "lavoisienne". Il était titulaire de la chaire de chimie au Jardin du roi (Jardin des plantes, Muséum). Il fut, avec Lavoisier et Berthollet, l'un des créateurs de la nomenclature chimique dont Guyton de Morveau (1736-1816) fut l'initiateur.

A côté de son activité scientifique, Fourcroy fut chargé d'importantes missions de caractère plus administratif. C'est lui qui présenta à la Convention, le 3 vendémiaire an III (24 septembre 1794) le projet de création de l'École centrale des travaux publics, future Ecole polytechnique. Membre du Comité de Salut Public, il jouissait d'un très grand prestige. L'école était créée par arrêté en date du 6 frimaire an III (26 novembre 1794). La chimie occupait une place importante dans le programme, et des travaux pratiques étaient organisés, ce qui constituait une innovation. On l'appelait "physique particulière". Elle était divisée en trois parties, chacune d'elles étant enseignée pendant une année : substances salines, substances organiques, minéraux. Les "instituteurs" de chimie étaient Fourcroy, Berthollet et Guyton et leurs adjoints Chaptal, Pelletier et Vauquelin. C'est à Fourcroy que revint l'honneur de faire la leçon inaugurale de la nouvelle école. Directeur de l'Ins-

truction publique, il réorganisa les lycées et collèges dans toute la France.

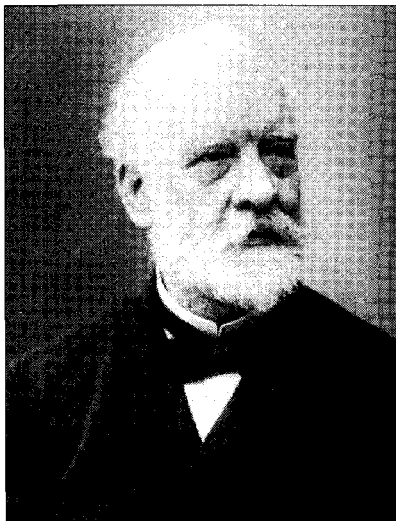
Fourcroy était membre de l'Institut depuis sa création. Sous la Révolution, il usa de sa grande influence pour éviter à quelques savants dont Chaptal d'être guillotiné. Par contre, on l'a accusé d'avoir demandé la mort de Lavoisier. Voici ce qu'en pense Cuvier, qui fut amené à faire l'éloge de Fourcroy après sa mort : «*Si, dans les sévères recherches que nous avons faites, nous avons trouvé la moindre preuve d'une si horrible atrocité, aucune puissance humaine ne nous aurait contraint de souiller notre bouche de son éloge et d'en faire retentir les voûtes de ce temple qui ne doit pas être moins celui de l'honneur que celui du génie*».

Fourcroy fut anobli par Napoléon. Il mourut d'une maladie de cœur en 1809.

Charles FRIEDEL **Savant et humaniste**

Il est né en 1832 à Strasbourg où son père était banquier. Après avoir fait ses études au lycée puis à la faculté des sciences de cette ville, il vint à Paris chez son grand-père maternel Georges Duvernois (1777-1855), professeur de zoologie au Collège de France. Il passa une licence en mathématiques puis entra dans le laboratoire de Würtz* comme élève payant, en 1854. Devenu préparateur à l'École des mines, il n'en continua pas moins à travailler dans le laboratoire de Würtz, et soutint sa thèse de doctorat sur deux sujets : "Recherches sur les acétones et les aldéhydes" et "Sur la pyzéoelectricité dans les cristaux conducteurs de l'électricité". Friedel était donc à la fois un minéralogiste et un chimiste. Il deviendra d'ailleurs professeur à la Sorbonne dans les deux disciplines, minéralogie à la mort de Delafosse (1796-1878), chimie organique en 1884 après le décès de son maître Würtz.

L'œuvre scientifique de Friedel est très vaste. Il a publié 254 mémoires originaux entre 1856 et 1899, seul ou avec des collègues ou collaborateurs comme Berthelot et Crafts, et aussi son fils et son neveu. Dans le domaine de la minéralogie, il découvrit des espèces nouvelles dont il chercha à faire la synthèse. En chimie organique, ses travaux concernent plus particulièrement les cétones, les aldéhydes de la série grasse, les composés du silicium comme le silico-pentane. Mais c'est évidemment l'action catalytique du chlorure d'aluminium en synthèse organique, la célèbre réaction de Friedel et de son collaborateur, l'américain James Mason Crafts (1839-1917), qui l'a fait connaître de tous les



CHARLES FRIEDEL (1832-1899).

chimistes. La note annonçant cette découverte fut présentée le 11 juin 1877 et le premier brevet pris le 22 mai de la même année. Les deux chimistes s'étaient connus au laboratoire de Würtz. Ils étaient très liés. Crafts fut par la suite directeur du célèbre M.I.T. Il promut l'usage de la notation atomique.

La nécessité de former des chimistes de qualité pouvant apporter à l'industrie chimique le développement qui lui faisait défaut depuis le milieu du siècle, surtout en chimie organique, incita Friedel à se battre pour obtenir de la part des organismes de tutelle la création d'un établissement ayant cette vocation. Il y parvint grâce à son opiniâtreté, sa patience, son pouvoir de persuasion et sa notoriété. En 1896, le laboratoire de chimie pratique et industrielle était créé et il en fut le premier directeur. C'est maintenant l'École nationale supérieure de chimie de Paris.

Chevalier de la Légion d'honneur dès 1869, au lendemain de sa soutenance de thèse, officier en 1888. Il succéda à l'Institut à Victor Regnault (1810-1878), célèbre pour ses travaux sur les états de la matière. Il fut trois fois président de la Société Chimique de France, et aussi président de la Société de physique et de la Société de minéralogie. Il obtint la médaille Davy de la Société Royale de Londres, et l'université d'Oxford le nomma "doctor juris civili, honoris causa".

Friedel était un esprit d'élite. Il parlait l'anglais et l'allemand, lisait le latin et le grec. Il trouvait un délassément dans le dessin qu'il pratiquait avec talent. Il appartenait à l'Église Réformée et faisait partie de la Société des amis des pauvres, de l'Union Chrétienne des jeunes gens, dont il fut le président, et il visitait les indigents. Les exercices

physiques avaient aussi leur part dans son éducation. Même à un âge avancé, il était souple et faisait travailler ses muscles comme il faisait travailler son esprit. Il mourut le 20 avril 1899 à Montauban, chez sa fille. Son fils Georges (1865-1933) fut un cristallographe réputé. Son petit-fils Edmond (1895-1972), géologue, devint directeur de l'école des mines de Paris. Son arrière-petit-fils, Jacques Friedel, né en 1921, professeur à la faculté des sciences d'Orsay et membre de l'Institut, est un physicien de l'état solide dont les travaux sont connus de tous les spécialistes.

Joseph Louis GAY-LUSSAC **Il était même admiré par Davy**

Il naquit le 6 décembre 1778 à Saint-Léonard de Noblat dans le Limousin. Son père était magistrat et son grand père médecin. En 1794, il se rend à Paris pour préparer le concours d'entrée à l'École polytechnique. Reçu en 1797, il sort de l'école en 1800 et devient assistant de Fourcroy puis préparateur de Berthollet. Ses premières recherches sont relatives aux propriétés des gaz et des vapeurs, sa première publication concernant la dilatation des gaz sous l'effet de la chaleur, qui devait conduire à la loi d'égalité des coefficients de dilatation.

En 1804 il effectue, avec Biot, une ascension en ballon pour savoir si les forces magnétiques existent encore au dessus de la surface de la terre. Il atteint alors une altitude de 4 000 m. Le 16 septembre de la même année, il fait une nouvelle ascension, seul cette fois, atteint 7 000 m, "record du monde" d'altitude, et ramène des échantillons d'air pour les analyser. En 1805-1806, il établit une collaboration très fructueuse avec le géologue et minéralogiste Alexandre von Humboldt (1769-1859). Ils firent ensemble un voyage à travers l'Europe. C'est à la fin de 1806, à 28 ans, qu'il fut élu membre de l'Institut. Le 31 décembre 1808, dans les "Mémoires de la Société d'Arcueil" fondée par Berthollet, il faisait paraître un article qui commençait ainsi : *«J'ai fait voir dans ce mémoire que les combinaisons des substances gazeuses les unes avec les autres se font toujours dans les rapports les plus simples, et tels qu'en représentant l'un des termes par l'unité, l'autre est un ou deux ou au plus trois»*. C'est la fameuse loi des nombres entiers qui préside aux combinaisons des corps sous l'état gazeux.

Un jour, Gay-Lussac remarqua dans une lingerie parisienne qu'une jeune vendeuse, dans ses moments perdus, lisait un livre de chimie. Il apprit que la jeune Joséphine Rogeot avait dû interrompre ses études. Il l'aida à achever celles-ci et l'épousa.



JOSEPH LOUIS GAY-LUSSAC (1778-1850).

Gay-Lussac et Thénard étaient condisciples à l'École polytechnique. Vers 1808, ils entamèrent une collaboration scientifique qui devait être longue et fructueuse, notamment dans le domaine des métaux alcalins et des halogènes. Gay-Lussac faillit devenir aveugle à la suite d'une explosion qui se produisit alors qu'il manipulait du potassium, et sa vue en souffrit tout le restant de sa vie. Les controverses avec Davy furent nombreuses au sujet de la paternité de la découverte de nombreux éléments nouveaux, mais, au delà des discussions parfois vives, chacun avait de la considération pour son rival. En 1813, Davy a écrit : «*Doué d'un esprit prompt et alerte, ingénieux et profond, et d'une activité intellectuelle intense, Gay-Lussac est également un manipulateur très habile. Selon moi, c'est le premier des chimistes français contemporains*».

Gay-Lussac s'est également intéressé à d'autres domaines de la chimie, par exemple la chimie analytique. Il est le principal initiateur de la méthode volumétrique. C'est lui qui inventa une éprouvette graduée dont il appliqua l'utilisation aux dosages "acide-alcali". La technologie chimique l'attirait également. Par exemple, il proposa une méthode pour rendre le bois ininflammable en l'imprégnant de borax ou de phosphate d'ammonium, et conçut les plans d'une tour destinée à fixer les vapeurs nitreuses pendant la fabrication d'acide sulfurique dans les chambres de plomb.

Gay-Lussac fut professeur de physique et de chimie à la Sorbonne, à l'École polytechnique et au Jardin du roi. En 1818, il

devint surintendant de la poudrière de l'Etat, en 1829 essayeur principal à la Monnaie et en 1832, abandonnant la chaire de physique de la Sorbonne, il prit celle de chimie générale du Muséum d'histoire naturelle. Député de 1831 à 1848, il siégea à la Chambre des pairs en 1836. Homme à la voix douce mais énergique, précis, peut-être un peu froid et réservé, remarquable professeur, c'était en quelque sorte le chimiste "officiel" de la France.

Il tomba malade le 1er janvier 1850 alors qu'il séjournait dans la propriété qu'il possédait à Saint-Léonard de Noblat, où il avait installé un laboratoire et une bibliothèque. Transporté à Paris deux mois après, il mourut d'une crise cardiaque le 9 mai.

Charles Frédéric GERHARDT et Auguste LAURENT **Les réprouvés**

Il est curieux de constater que ces deux authentiques savants sont méconnus, voire souvent totalement ignorés, en particulier dans leur propre pays. Ils étaient amis, se ressemblaient aussi bien à cause de leurs talents de chimistes que par la vie difficile qu'ils ont menée et par l'âge de leur mort. Ils avaient un esprit rebelle qui n'hésitait pas à lutter contre le "mandarinateur", notamment celui de Dumas, qui avait une autorité considérable sur les "Annales de chimie et de physique" et les "Mémoires de l'Académie des sciences". Cette situation incita d'ailleurs les deux jeunes chimistes, dont les mémoires avaient souvent des difficultés à être acceptés dans ces revues, à utiliser pour leurs publications les "Comptes rendus des travaux de chimie" que Gerhardt fonda en 1845, ce qui permettait d'éviter de demander à Dumas de présenter leurs notes à l'Académie. Il faut dire qu'une situation analogue existait en Allemagne avec Liebig et en Suède avec Berzélius.

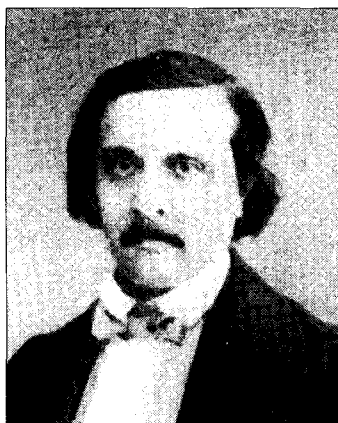
Gerhardt était né à Strasbourg le 21 août 1816. Son père, qui avait créé une fabrique de céruse (carbonate de plomb), envisagea pour lui une carrière industrielle et l'inscrivit à l'école technique de Karlsruhe. Il y resta deux ans puis entra à l'école de commerce de Leipzig. Il était alors logé chez le chimiste Erdmann qui le poussa à faire des études scientifiques. Il publia très vite un mémoire sur les silicates naturels, ce qui lui permit d'obtenir, dès 1836, le titre de membre de l'institut polytechnique de Leipzig. C'était un homme de caractère, voire de mauvais caractère. De retour à Strasbourg, il eut un différend avec son père au sujet de son orientation et s'engagea dans les chasseurs à cheval. Grâce à une somme de 2000 francs, dont on dit qu'elle lui fut donnée par Liebig, il réussit à se libérer de ses engagements, et partit à Giessen,

au laboratoire dirigé par ce maître, pour un séjour de six mois. Ses camarades de recherche voyaient déjà en lui le promoteur de la chimie de l'avenir. Pendant son séjour en Allemagne, Gerhardt avait traduit en français un livre de vulgarisation de Liebig intitulé "Introduction à l'étude de la chimie". Les idées exprimées étaient très éloignées de celles qu'il développera plus tard. Après un nouveau différend avec son père, lors de son retour à Strasbourg, il partit à pied pour Paris.

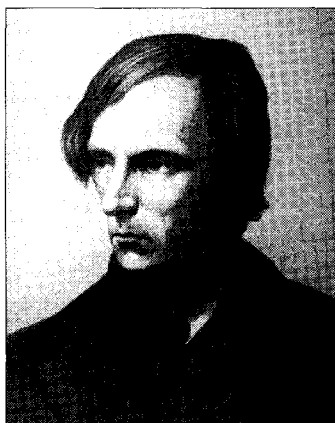
En 1838, il aurait pu entrer dans le laboratoire de Dumas grâce à l'intervention de Liebig, mais il préféra travailler au Muséum, avec son fidèle ami Cahours (1813-1891), préparateur de Chevreul, puis à l'École centrale où Cahours venait d'être nommé professeur. Il continua cependant, quatre ans durant, à suivre les enseignements de Dumas. Celui-ci le considérait comme un de ses disciples et, il faut le signaler, le fit nommer en 1841 professeur de chimie à Montpellier, où il succédait à Balard. Ses conceptions de la chimie organique évoluèrent avec le temps. En 1842, il écrivait : « *Le chimiste fait tout l'opposé de la nature vivante, qu'il brûle, détruit, opère par analyse, alors que la force vitale seule opère par synthèse; elle reconstitue l'édifice abattu par les forces chimiques* ». En 1853, par contre, dans la préface de son traité de chimie organique, il écrit : « *Les combinaisons que le chimiste sait préparer au laboratoire lui servent à découvrir les lois de transformation des composés que la nature vivante façonne elle-même; elles lui enseignent les moyens d'imiter ou plutôt de reproduire exactement ces mêmes composés dans ses cornues ou ses creusets au lieu de les extraire des parties animales ou végétales où elles sont toutes préparées. Elles contribuent à rapprocher la science de plus en plus de son véritable but qui est la connaissance de composer tous les corps, la connaissance des moyens de décomposition n'en étant que le préliminaire obligé* ».

C'est en 1844 que Gerhardt fit la connaissance de Laurent avec lequel il se lia d'une très forte amitié dont l'origine était à la fois scientifique, car ils avaient la même idée de la nouvelle chimie, et philosophique car ils avaient du monde futur et de l'idéal social la même vision.

En 1848, Gerhardt abandonna sa chaire de Montpellier revint à Paris où, pour vivre, il n'avait guère que ce qui lui était alloué au titre d'un "congé à demi-traitement". Après quelques déboires qui lui valurent, face à son ami Cahours, deux échecs dans ses demandes de nomination, l'une comme chimiste à la Manufacture des tabacs, l'autre à la Monnaie, et dont il rendit Dumas responsable, sans doute à juste raison sur ce point, il fut enfin, grâce à Thénard, nommé professeur à Strasbourg en 1855, où il mourut le 19 août 1856 d'une péritonite. Il avait repris des contacts, au moins épistolaires, avec Dumas et aussi avec Liebig, "ce féroce germain", qui avait tenu des propos très durs à



CHARLES FRÉDÉRIC GERHARDT
(1816-1856).



AUGUSTE LAURENT
(1807-1853).

son endroit au moment de la publication de certains de ses travaux. C'était un enthousiaste, un exalté quelquefois, mais sa passion était la chimie à laquelle il se consacra entièrement, sans moyens, au détriment de sa carrière et de son bien-être. Il fut très marqué par les querelles d'antériorités ou de conceptions que Dumas lui fit. Même près de trente ans après sa mort, en 1883, à la suite d'une adresse de compliments que lui envoyait la Société Chimique, Dumas, voulant rappeler le nom des chimistes qui en France avaient été ses prédécesseurs ou ses contemporains, ne jugea pas bon de citer Gerhardt ni Laurent. Il fallut toute l'autorité de Würtz, qui fut leur continuateur, pour que cette injustice soit publiquement réparée.

Auguste Laurent était né en 1807 à La Folie, près d'Arc, dans la Haute Saône. A sa sortie de l'École des mines en 1830, il devint répétiteur de Dumas à l'École centrale, mais pour peu de temps, car Laurent était lui aussi d'un caractère bouillant et il s'entendait mal avec son Patron. En 1833, il travailla à la manufacture de Sèvres puis, en 1835, dans une fabrique de porcelaine à Eich, au Luxembourg. C'est là qu'il fit la connaissance de la fille d'un Conseiller à la cour de Justice, "la compagne dévouée qui fut la seule joie de sa vie", et qu'il épousa en 1838. Il avait soutenu sa thèse de doctorat en 1837 et obtenu une chaire à Bordeaux l'année suivante. Pour rejoindre à Paris son ami Gerhardt, avec lequel il voulait lutter contre les vieilles doctrines chimiques, et aussi contre le mandarinat, il demanda et obtint un congé sans traitement en 1845. Suppléant pendant un an à la Sorbonne, il donna sa démission en 1847, et réussit à être nommé essayeur à la Monnaie. Laurent se présenta ensuite à la chaire du Collège de France devenue vacante, mais, malgré le soutien de Biot, Balard, qui disposait déjà de

deux laboratoires, lui fut préféré. Il mourut le 23 avril 1853, vraisemblablement de la tuberculose.

Comme son ami Gerhardt, c'était lui aussi, un travailleur acharné, un caractère souvent difficile, bien plus théoricien qu'expérimentateur, mais un homme franc et désintéressé. Il vécut des heures difficiles avec Dumas qui ne lui facilita pas toujours l'existence, et eut des échanges violents avec "l'irascible" Liebig. Tout ce qui a été dit précédemment sur les difficultés relationnelles de Gerhardt est valable pour Laurent. Il faut reconnaître toutefois que Dumas facilita grandement la nomination dans l'enseignement supérieur de ses deux disciples, certes en province, ce qui à l'époque constituait un handicap, et contribua avec tout son talent à la diffusion de leurs théories lorsqu'il les approuvait. Quant à Liebig, qui avait contribué à la formation de Gerhardt, il avait assurément un caractère aussi difficile que celui des deux jeunes chimistes français !

Gerhardt consacra sa vie à la diffusion de ses idées. Il commença, avec Laurent, par refuser la mise à l'écart de la loi d'Avogadro. Il apporta à la construction de la chimie moderne, qui devait conduire à la théorie atomique, une contribution fondamentale, grâce à la clarté de sa conception des atomes et des molécules déjà évoquée en 1831 par Gaudin (1804-1880), à la notion de "type", que Dumas avait entrevue en remarquant l'analogie qu'il y avait entre l'acide acétique et ses dérivés chlorés, et à celle de "série homologue". Les quatre types étaient : HH, HCl, HHO, et HHIIN, auxquels Kekule* ajouta plus tard CH_4 . A partir de ces types, dont la notion devait conduire à celle de "valence", on peut obtenir les autres corps de la chimie organique, notamment les alcools pour lesquels il est simple de passer de l'un à l'autre par substitution du "radical" CH_3 à H. Une "série homologue" est ainsi constituée, formée de corps différant entre eux de CH_2 , et dont les propriétés physiques et chimiques présentent les plus grandes analogies.

Pendant sa courte vie, Gerhardt trouva le temps de traduire plusieurs ouvrages de Berzélius et de Liebig et d'écrire un "Précis de chimie organique", une "Introduction à l'étude de la chimie par le système unitaire" et un "Traité de chimie organique".

C'est à Laurent que l'on doit l'idée de la théorie des substitutions que Dumas eut le mérite de développer et de propager, contre Berzélius et Liebig. Jusqu'alors, la réaction chimique était considérée comme une addition. Ainsi, dans le cas de la réaction de l'acide sulfurique avec la potasse, on écrivait le sulfate de potasse $\text{SO}_3 \cdot \text{K}_2\text{O}$, formule dualistique, et non pas SO_4K_2 . Par réaction de substitution, on passe de $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ à $\text{CCl}_3\text{CO}_2\text{H}$. Berzélius, avec tout son prestige, était le grand défenseur du dualisme, ce qui explique que l'évolution des idées ait été si lente.

Laurent écrivit plusieurs traités dont la "Méthode de la chimie".

Les travaux de Gerhardt et Laurent forment un tout qui a incontestablement abouti petit à petit à l'adoption de la théorie atomique, grâce à leurs continuateurs parmi lesquels Würtz, Schützenberger, Friedel, qui ont achevé leur œuvre. Ils eurent le courage de défendre leurs idées contre celle des Maîtres. Pourquoi en France cela fut-il si difficile et pourquoi, encore actuellement, leurs travaux sont-ils si mal connus ?

Louis Bernard, baron GUYTON de MORVEAU **La nomenclature**

Il naquit à Dijon en 1737. Ses études de droit lui permirent de devenir à dix huit ans, par dispense d'âge, procureur général au Parlement de Dijon. Mais, la littérature et la chimie le passionnaient. Il écrivit le poème héroï-comique "Le Roi iconoclaste ou le Jésuite croqué" et trois volumes de vers, de discours et d'éloges, puis d'autres livres traitant de morale et d'instruction publique. Par ailleurs, il créa à Dijon un cours public de chimie, devint professeur de chimie à l'Université, et publia des travaux sur les fumigations acides dites "guytonniennes" contre les miasmes contagieux. En 1785, il abandonna sa charge de procureur et se consacra avec succès à la chimie. Il fit des travaux sur les peintures, le platine, et aussi sur les eaux. Installé à Paris, il rédigea entre 1781 et 1792, un "Dictionnaire de chimie" qui faisait partie de l'Encyclopédie méthodique", mise à jour de l'Encyclopédie de Diderot. Ce dictionnaire était très inspiré par la théorie de Lavoisier à laquelle il avait adhéré pleinement peu de temps auparavant.

Le titre de gloire de Guyton de Morveau est d'avoir été à l'origine de la création de la nomenclature chimique. Il avait été frappé, lorsqu'il faisait ses cours à Dijon, de la difficulté qu'il avait à utiliser tout un ensemble de mots ou d'expressions pour désigner à ses élèves les corps dont il voulait parler. Par exemple, pour les oxydes de cuivre, on disait "Vénus légèrement déphlogistique" ou "Vénus extrêmement déphlogistique", Vénus étant le nom du cuivre. On parlait de "vitriol vert, blanc ou bleu" pour les composés analogues de l'acide sulfurique avec les oxydes de fer, cuivre ou zinc. Cette nomenclature n'avait pas seulement pour but de désigner par des noms semblables, les corps jouissant de propriétés analogues. Elle présentait de plus l'avantage d'indiquer dans le nom du composé la nature des éléments qui le constituent. Les règles de cette nomenclature méthodique de la chimie, qui constituent les bases de la nomenclature actuelle, furent proposées à l'Académie des sciences en 1787 par Guyton de Morveau, Lavoisier, de Fourcroy et Ber-

thollet sous le nom de "Méthode de Nomenclature Chimique". Il faut bien dire que Lavoisier s'était attribué un rôle prépondérant dans cette présentation. Indiquons également que Bergman avait précédemment fait quelques propositions afin de donner à la chimie un langage rationnel et propre, mais que les choses en étaient restées là. Suivant une opinion très répandue, le succès de la nomenclature fut tel que les travaux antérieurs à sa parution devinrent inintelligibles pour les chimistes nouveaux qui n'avaient connu qu'elle.

Guyton de Morveau avait une très grande culture scientifique et son influence sur l'évolution de la chimie fut certaine. Cependant, son adhésion aux conceptions de Lavoisier fut lente. Il proposa même, pour expliquer l'augmentation de poids des métaux lors de leur calcination tout en continuant à admettre la théorie du phlogistique, que celui-ci devait avoir un poids négatif.

Il était célèbre. Membre de l'Institut dès la création de cette institution, il devint professeur puis directeur de l'École polytechnique lors du départ de Monge pour l'Égypte avec Bonaparte. C'était un chaud partisan de la Révolution. Il fut élu de la Côte d'Or à l'Assemblée législative en 1791 et à la Convention en 1792, membre du Comité de Salut Public en 1793. En 1794, ses fonctions de Commissaire du peuple à l'armée du Nord lui donnèrent l'occasion d'obtenir que les ballons d'observation soient utilisés par les armées. Le nouvel aérostat, "l'Entrepreneur", intervint à la bataille de Fleurus, ce qui gêna beaucoup les coalisés. Il fut fait baron de l'Empire en 1811.

Il mourut en 1816, le 2 janvier.

Frédéric et Irène JOLIOT-CURIE Deux prix Nobel

Emilie, la mère de Frédéric, était parisienne d'origine alsacienne. Fils d'un ouvrier aciériste, son père Henri vint à Paris à vingt ans et servit dans l'armée pendant le siège. Il devint "communard". Pour éviter les représailles, il dut fuir en Belgique jusqu'à l'amnésie de 1879. A son retour, il créa une entreprise de vente en gros de nouveautés qui fut prospère. Les Joliot eurent six enfants. Les deux fils aînés moururent jeunes et M^{me} Joliot, ainsi que les autres enfants Henri, Marguerite et Jeanne, s'occupèrent avec beaucoup d'attentions de Frédéric né le 19 mars 1900. Celui-ci fut élevé en dehors de toute religion. A dix ans, Frédéric entra au lycée Lakanal, à Sceaux, où il resta sept ans au cours desquels il pratiqua avec succès le football, une de ses passions. Il fut très affecté par la mort de son frère Henri, tué dès le début de la guerre.

Après ses études secondaires, il s'inscrivit au collège Lavoisier pour y préparer le très difficile concours d'entrée à l'ESPCI. Il ne put commencer à suivre les enseignements qu'en 1920, ayant été très malade, vraisemblablement de fièvre typhoïde, pendant près d'une année. Il eut la chance d'avoir Paul Langevin comme professeur, qui remarqua très vite ses qualités exceptionnelles. Il choisit l'option physique pour pouvoir garder des relations suivies avec Langevin. Joliot était un expérimentateur brillant et très inventif.

Frédéric Joliot sortit de l'École en 1923 et fit un stage dans la métallurgie, aux Aciéries Arbed, à Esch-sur-Alzette, au Luxembourg, où il eut la possibilité de côtoyer le monde du travail. Il est curieux de noter que Pierre et Marie Curie, ainsi que Frédéric Joliot, eurent l'occasion, au début de leur carrière, de travailler, peu de temps il est vrai, dans le domaine de la métallurgie.

Libéré de toutes obligations militaires, il s'agissait maintenant pour lui d'entreprendre un travail de recherche fondamentale pour lequel il était très attiré. Sur les conseils de Langevin, il alla voir Marie Curie à l'Institut du radium, avec l'émotion et la peur que l'on devine. «*Pouvez vous commencer votre travail demain?*» lui dit M^{me} Curie. Il devint préparateur et c'est Irène qui fut chargée par sa mère de lui apprendre les techniques propres au laboratoire qu'elle avait élaborées avec Pierre.

Fred était un homme dynamique, gai, sympathique et attirant, et aussi pacifiste viscéral. Il se révéla bientôt comme un excellent orateur, particulièrement volubile. Frédéric mit beaucoup d'animation dans le laboratoire et Marie apprécia rapidement toutes ses qualités, lui reprochant simplement de fumer. Il épousa un an plus tard Irène Curie. Marie Curie commençait à l'appeler Fred comme l'avaient fait très vite les autres membres du laboratoire. Il n'y eut pas de cérémonie religieuse. En dehors de la famille, seuls Debierne et Biquard, l'ami de toujours de Fred, étaient là. Les Joliot eurent deux enfants, Hélène née le 17 septembre 1927 et Pierre le 12 mars 1932.

Afin de pouvoir soutenir une thèse de doctorat, Frédéric fut contraint de passer la seconde partie du baccalauréat puis la licence. Et, en même temps, il donnait des cours dans un établissement privé. Ses recherches concernaient alors l'étude de l'électrochimie des éléments radioactifs, titre de la thèse qu'il soutint le 17 mars 1930. Mais il avait commencé à travailler avec Irène à partir de 1928. Sa situation de gendre de la "patronne" était assez inconfortable comme l'était celle de fille de la "patronne" pour Irène.

Il avait réussi, juste avant la guerre à faire acheter par la France l'essentiel du stock mondial d'eau lourde préparée en Norvège et à le

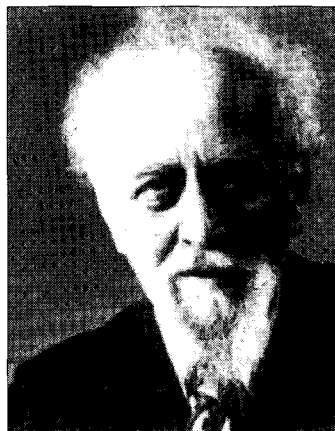
faire passer en Angleterre en 1940 où furent poursuivies, par ses collaborateurs, les recherches que Joliot aurait voulu faire en France. Sa participation à la résistance est importante et c'est la période où il devient membre du Parti Communiste Français, peut-être parce qu'il avait une considération extrême pour Langevin. Pendant l'occupation, il fut arrêté deux fois, mais refusa toujours de quitter la France alors que cela lui était proposé. Il put néanmoins faire encore quelques recherches, souvent clandestines, dans son beau laboratoire du Collège de France.

Frédéric Joliot reçut beaucoup d'honneurs et eut beaucoup de responsabilités à assumer. Il fut pendant un an directeur du Centre National de la Recherche Scientifique, successeur de la Caisse Nationale des Sciences, où il apporta un ensemble de modifications salutaires. Le Haut Commissariat à l'Énergie Atomique, dont il fut le premier Haut-Commissaire, fut créé le 18 octobre 1945. Il était rattaché directement au Président du Conseil. De Gaulle, faisant abstraction de son appartenance politique lui dit : *«J'ai confiance en très peu de gens, Joliot, mais j'ai confiance en vous»*.

Dès 1948, la France était en mesure de faire diverger sa première pile atomique connue sous le nom de "ZOE" (puissance proche de Zéro, alimentée par de l'Oxyde d'uranium, modérée à l'Eau lourde) qui fonctionna pendant 28 ans. Bientôt, un grand centre d'études nucléaires commençait à sortir de terre à Saclay. Pour des raisons politiques, Joliot dut quitter son poste en 1950 par décision du président du Conseil Georges Bidault (1899-1983). Il fut remplacé par Francis Perrin, fils de Jean Perrin, que beaucoup s'étonnèrent de voir accepter la succession de son ami révoqué. Fred eut du mal à supporter l'événement car il voyait certains de ses collègues et relations se détourner de lui. Il était Commandeur de la Légion d'Honneur.

Frédéric fut élu membre de l'Académie des sciences en 1943. La cérémonie de remise de l'épée fut retardée car Paul Langevin, que Joliot avait choisi comme parrain, était alors incarcéré par les Allemands. Elle eut lieu seulement le 17 novembre 1945. Mais la santé de Langevin était chancelante, et un mois plus tard il mourait.

Après le décès d'Irène en 1956, Fred se retrouva désespéré. Il ne retourna pas souvent à son laboratoire et s'occupa assidûment des nouvelles installations du Laboratoire Curie en construction à Orsay et auxquelles Irène tenait beaucoup. Il allait régulièrement à l'Arcouest, près de Paimpol, où il possédait une maison et s'adonnait à la pratique de la voile et à la pêche. C'était un lieu de rencontre avec d'autres savants qui fréquentaient également ce coin de Bretagne. C'est là qu'il eut une grave hémorragie. Il fut transporté par train de Saint-Brieuc à Paris puis à l'hôpital Saint-Antoine où il mourut le 14 août 1958. Il est vraisem-



JEAN PERRIN (1870-1942)

Prix Nobel 1926, physicien, il étudia les rayons cathodiques, le mouvement brownien, la fluorescence. Il fut le professeur d'Irène Curie.



PAUL LANGEVIN (1872-1946)

Physicien célèbre pour ses travaux sur les rayons X, l'ionisation des gaz, le magnétisme, la théorie de la relativité, il fut le professeur de Frédéric Joliot à l'ESPCI.

blable qu'il souffrait d'une cirrhose du foie ayant pour origine une exposition prolongée au rayonnement du polonium. Ce décès eut un retentissement considérable. Il y eut deux cérémonies funéraires, l'une à la Sorbonne qui était officielle, l'autre à Sceaux où se retrouvèrent la famille, les amis, collègues, membres du P.C.F. et du Mouvement pour la Paix, étudiants, anonymes... De Gaulle déclara quelques temps après : *« Je suis celui qui l'a mis à la tête du Commissariat à l'Energie Atomique. Je suis content de l'avoir fait et je le ferais encore »*.

Poussé par ses amis du Parti Communiste qui voyaient en lui un porte-drapeau connu de tous, il continua pendant la "guerre froide" à participer à nombre de meetings politiques, tout en restant un pacifiste convaincu. Après sa mort, des références inopportunes furent faites à sa personne par la presse et les dirigeants de son parti.

Irène naquit le 12 septembre 1897 à Paris. Elle n'entra qu'assez tard au collège Sévigné, ayant auparavant bénéficié des enseignements de sa mère et de ceux d'éminents savants comme Langevin et Jean Perrin. Après le baccalauréat, elle obtint la licence de mathématiques et celle de sciences physiques et devint préparateur à l'Institut du radium en 1918.

Pendant la guerre, elle apporta une aide particulièrement efficace à sa mère pour tout ce qui concernait l'aide aux blessés, la mise en place de postes de secours et la formation de personnel hospitalier qualifié. On lui décerna la médaille militaire alors que Marie ne l'obtint pas, on se demande pourquoi.

C'est en 1925 qu'elle soutint sa thèse de doctorat sur les rayons alpha émis par le plutonium. Irène ne ressemblait pas à Fred, sauf pour le goût des activités physiques, mais beaucoup à son père. Elle était introvertie, très sensible, défendait ardemment la libération de la femme, mais elle aimait également se distraire.

Après son mariage, Irène, qui était déjà très connue du monde scientifique, continua à signer ses publications Irène Curie. En 1930, Fred voulut ajouter le nom de Curie à celui d'Irène et au sien. Ils continuèrent cependant à signer Irène Curie et Frédéric Joliot, à quelques exceptions près. On a dit que Marie n'était pas heureuse de voir son gendre s'approprier le nom de Pierre. D'autres disaient que cela démontrait bien que, pour Fred, son mariage était une preuve d'arrivisme. Ce n'est qu'après la guerre qu'il fut régulièrement appelé Joliot-Curie. Quoi qu'il en soit, ce fut un mariage heureux.

Irène eut des fonctions de haute responsabilité tout en poursuivant ses recherches. Elle fut sous-secrétaire d'Etat à la recherche scientifique en 1936 dans le gouvernement Léon Blum (1872-1950). En 1946, elle est directrice de l'Institut du radium et participe à la création du Commissariat à l'énergie atomique dont elle resta commissaire jusqu'en 1951. Par féminisme essentiellement, elle posa plusieurs fois sa candidature à l'Académie des sciences. Chaque fois, cette candidature fut écartée.

A la mort de Marie Curie, Debierne lui avait succédé comme titulaire de la chaire de chimie nucléaire de la faculté des sciences de Paris, libérant la Maîtrise de Conférences qui fut attribuée à Frédéric Joliot. En 1937, la chaire de sanskrit du Collège de France ayant été transformée en chaire de chimie nucléaire, Frédéric en fut nommé titulaire, et Irène le remplaça à la Faculté des sciences. Disposant chacun d'un laboratoire, la collaboration entre les deux Joliot-Curie devint inévitablement plus lâche.

Après la période difficile qu'avaient passée les Joliot-Curie, Irène fut à nouveau malade. On parlait de leucémie. Elle entra à l'hôpital Curie, voisin de l'Institut du radium, et mourut le 17 mars 1956. Bien que sa famille ait souhaité une cérémonie intime, on lui fit des funérailles nationales. Cependant les honneurs militaires ne lui furent pas rendus. Elle fut suivie d'une cérémonie simple qui eut lieu à Sceaux devant la tombe où ses parents étaient enterrés.

A la mort d'Irène, Frédéric Joliot-Curie obtint de cumuler les fonctions de professeur à la Faculté des sciences et celles qu'il assumait déjà de professeur au Collège de France. Avant lui, seuls Claude Bernard (1813-1878) et Marcellin Berthelot avaient jusqu'alors obtenu cette autorisation.



IRÈNE (1897-1956) ET FRÉDÉRIC (1900-1958) JOLIO-CURIE.

En 1930, les physiciens allemands Walther Bothe (1891-1957) et H. Becker avaient montré que des noyaux légers, notamment de béryllium, lithium ou bore, émettaient un rayonnement très pénétrant lorsqu'ils étaient bombardés par des rayons alpha provenant du polonium. Ils pensèrent qu'il s'agissait de rayonnement gamma. Irène et Frédéric qui avaient décidé de travailler ensemble depuis 1928 et qui possédaient une grande quantité de ce métal, reprirent ces expériences. Ils disposaient alors d'un électromètre de Hoffman, appareil de grande précision, inconnu en France jusqu'alors. Fred le relia à une chambre d'ionisation afin de mesurer l'intensité de l'émission. Ils montrèrent que le rayonnement inconnu pouvait projeter à grande vitesse les noyaux des atomes de la cible et pensèrent que c'était un rayonnement gamma particulier.

C'est le physicien anglais Sir James Chadwick (1891-1974), prix Nobel de physique en 1935, qui indiqua en 1932 qu'il s'agissait de neutrons. Les Joliot-Curie, bien qu'ayant fait auparavant des expériences capitales sur le sujet, sont passés tout près d'une grande découverte. Ils apportèrent par la suite des renseignements précis sur la nature du neutron.

En 1934, Irène et Frédéric bombardent une feuille d'aluminium avec des particules alpha et constatent que l'échantillon continue à émettre un rayonnement après l'arrêt du bombardement. Ils démontrent qu'il y a formation de radiophosphore qui donne du silicium stable et

(1)

Physique nucléaire - *Sur un nouveau type de radioactivité*
 Note de Jean Curie et F. Joliot présentée par M. Jean Perrin

ACADÉMIE DES SCIENCES
 15 JAN 1934

26

Nous avons montré récemment par la méthode "Melson"
 que certains éléments légers (gallium, bore, aluminium) émettent
 des électrons positifs quand on les bombarde avec des rayons α
 du polonium. Selon notre interprétation l'émission des électrons
 positifs de Be serait due à la matérialisation interne des
 rayonnements δ tandis que les électrons positifs émis par B et
 l'Al seraient des électrons de matière transmutée accompagnant
 l'émission des neutrons.

En cherchant à préciser le mécanisme de ces émissions
 nous avons découvert le phénomène suivant :

L'émission des électrons positifs par certains éléments légers
induite par les rayons α du polonium subsiste pendant
des temps plus ou moins longs pouvant atteindre plus d'une
heure dans le cas du bore après l'enlèvement de la
source de rayons α .

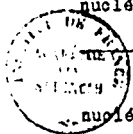
MANUSCRIT DE LA COMMUNICATION À L'ACADÉMIE DES SCIENCES DU 15 JANVIER 1934
 ANNONÇANT LA RADIOACTIVITÉ ARTIFICIELLE.

un positon. En substituant le bore à l'aluminium, on obtient du radio-azote. Il ne s'agit donc pas d'un phénomène isolé. La radioactivité artificielle était découverte. Une première note fut présentée à l'Académie des sciences le 15 janvier 1934 par Jean Perrin. Ils reçurent le prix Nobel de chimie en 1935 "en reconnaissance de leurs synthèses de nouveaux éléments radioactifs".

En 1938, Irène et le Yougoslave Pavel Savitch, toujours à l'institut Curie, avaient décidé d'étudier l'irradiation de l'uranium et montrèrent que la désintégration conduisait à un corps ayant les propriétés du lanthane, donc éloigné de l'uranium dans la classification des éléments. Mais ils n'en tirèrent pas aussitôt les conséquences. Fermi avait déjà annoncé en 1934 que l'on pouvait produire des éléments transura-

Document retiré du file cacheté n° 11620 déposé le 30 octobre 1939 en vertu
 de la demande de brevet le 18 août 1938
 Sur la possibilité de produire dans un milieu uranifère des réactions
 nucléaires en chaîne illimitée.

H. HALBAN jun., F. JOLIOT, L. KOWARSKI



On sait que l'uranium irradié par les neutrons subit une rupture
 nucléaire très exoénergétique. Lorsque ce phénomène est produit par les
 neutrons thermiques, il comporte une émission de neutrons rapides secondaires; il est probable (bien que non démontré) qu'une émission analogue
 accompagne la rupture produite par les neutrons rapides qui sont, d'ail-
 leurs, beaucoup moins efficaces que les neutrons thermiques. Il a été mis
 en évidence que le nombre de neutrons secondaires libérés, en moyenne,
 lors d'une rupture provoquée par un neutron thermique, est de l'ordre
 de 3 à 4.

On conçoit ainsi que si le milieu uranifère contient un élément capable de
 ralentir les neutrons jusqu'à l'état thermique, on peut s'attendre à ce
 que si une certaine fraction des neutrons secondaires provoqués, après ralentissement,
 de nouvelles ruptures. Si cette fraction est supérieure à 1,
 une réaction à chaîne explosive pourrait prendre naissance au sein de la
 masse uranifère et s'y propager, sous certaines conditions, le nombre de
 ruptures se développant suivant une progression géométrique.

CONDITION NECESSAIRE POUR LE DEVELOPPEMENT D'UNE CHAÎNE DIVERGENTE. -

La discussion des possibilités d'une telle chaîne exige la connaissance de ce qui peut advenir à chacun des neutrons présents dans le système, que nous supposons limité et ne contenir que les éléments U, H, O (oxyde d'urane mouillé avec de l'eau).

Un neutron introduit ou produit dans le système y diffusera jusqu'à ce qu'il subisse un des sorts suivants:

- 1° Diffusion hors du système,
- 2° Absorption par le milieu lorsqu'il n'a pas encore atteint l'énergie thermique. Parmi les processus d'absorption de cette catégorie, l'absorp-

COMMUNICATION À L'ACADÉMIE DES SCIENCES EXPLIQUANT LE MÉCANISME
 DE LA RÉACTION EN CHAÎNE DANS L'URANIUM IRRADIÉ PAR DES NEUTRONS (1939).

niens par bombardement d'uranium avec des neutrons. La fission de ^{235}U par les neutrons fut finalement démontrée par Otto Hahn et Fritz Strassmann (1902-1980), avec l'aide de Lise Meitner (1878-1968) et Otto Frisch (1904-) qui donnèrent une interprétation aux expériences de Fermi: sous le choc d'un neutron, un noyau d'uranium peut se casser en deux et donner naissance à de nouveaux neutrons, avec dégagement de chaleur. C'est la théorie de la fission. Les neutrons peuvent à leur

tour provoquer de nouvelles fissions s'ils sont ralentis. Il faut donc utiliser un modérateur à cet effet et ainsi entretenir la réaction. C'est le mécanisme de la réaction en chaîne démontré par Frédéric Joliot et son équipe en 1939. Ils mirent également en évidence le fait que l'eau lourde, D_2O , était très bien adaptée à ce rôle de modérateur.

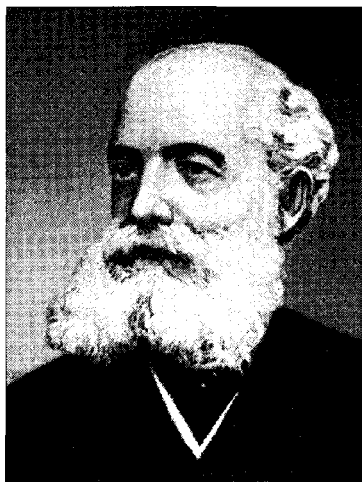
Frédéric, au Collège de France, réussit à construire dans les caves de son laboratoire, aménagées peu de temps avant la guerre, un cyclotron de 80 cm de diamètre et poursuivait ses travaux avec ses collaborateurs, notamment l'autrichien Hans Von Halban (1908-1964) et Lew Kowarski (1907-1979), russe d'origine, qui, en 1940, emmenèrent en Angleterre le stock mondial d'eau lourde pour qu'il ne tombe pas aux mains des allemands. C'était le début de l'utilisation de matériel lourd au laboratoire.

Les recherches de Frédéric furent très réduites pendant la guerre et, une fois la paix revenue, il se consacra beaucoup à de hautes tâches administratives ainsi qu'aux associations internationales œuvrant pour la paix des peuples. Il eut beaucoup à souffrir de la méfiance que son appartenance politique faisait naître dans l'esprit de certains de ses compatriotes, ainsi qu'à l'étranger.

Frédéric Auguste KÉKULÉ von STRADONITZ **L'inspiration**

Comme Liebig, Il est né à Darmstadt, mais 26 ans après lui, le 7 septembre 1829. Sa formation de chimiste se fit essentiellement au cours d'une succession de stages dans différents laboratoires européens, et non des moindres : chez Liebig à Giessen, chez Dumas où il fera un séjour très fructueux et qui lui permettra de connaître Würtz et Gerhardt, chez Planta à Reichenau, en Suisse, où il sera assistant pendant 18 mois, à Londres où il pourra établir des relations avec Williamson. C'est dans cette ville qu'il eut la révélation de la répartition des atomes dans la molécule alors qu'un soir, installé et rêvant sur l'impériale d'un autobus, il rentrait à son domicile.

En 1858, il eut l'idée de représenter les corps non plus uniquement par des formules mais aussi par des schémas simples. C'était une façon particulièrement spectaculaire de montrer ce qu'était la valence d'un élément, on disait alors "unité de saturation", et pourquoi celui-ci pouvait se lier à 1, 2, 3 ou 4 atomes d'hydrogène à la fois. Cela conduisait à la notion de carbone tétravalent, avec toutes ses conséquences pour le développement de la chimie organique.



FRÉDÉRIC AUGUSTE KÉKULÉ VON STRADONITZ (1829-1896).

La même année, Kékulé fut nommé professeur à l'université de Gand où il resta pendant huit ans, et attira de nombreux étudiants dans son laboratoire. Il fut élu, en 1864, membre associé de l'Académie royale de Belgique, où son influence fut considérable. En 1865, il proposa le benzène comme pivot de la série aromatique, les six atomes de carbone formant une chaîne fermée, chacun d'eux étant lié à ses voisins, d'un côté par une, de l'autre par deux "unités de saturation".

Kékulé quitta Gand en 1866 sans avoir assuré une succession digne de ce qu'il avait apporté et sans laisser beaucoup de traces. Il devint professeur à Bonn où un magnifique laboratoire l'attendait. Cependant, ce n'était pas un véritable expérimentateur, mais davantage un visionnaire sachant tirer parti des résultats qui naissent des expériences des autres. Ses travaux, qu'il ne faut pas minimiser, notamment sur la structure du benzène et les "formules développées", ont beaucoup apporté à la chimie.

Kékulé eut le mérite d'organiser en 1860, à Carlsruhe, le premier Congrès international de chimie. Il s'agissait pour les savants réunis de préciser des notions comme équivalent, atome, molécule. La loi d'Avogadro fut acceptée et, en conséquence, la molécule et le poids atomique. Plus tard, Mendéléev déclara que c'était ce congrès qui l'avait mis sur la voie conduisant à l'établissement de sa classification périodique. Kékulé écrivit différents traités dont le "Traité de chimie organique ou De la chimie des combinaisons du carbone", la "Chimie des dérivés du benzol" ou les "Tableaux servant à l'analyse chimique".

Il mourut en 1896.

Antoine Laurent LAVOISIER*
Le chêne abattu

Son père, procureur au Parlement, était riche, cultivé et de grande valeur morale. Antoine Laurent Lavoisier naquit le 27 août 1743 à Paris. Il eut une soeur, Marie Marguerite Emilie, sa cadette de deux ans, qui mourut à l'âge de 15 ans. Sa mère décédée alors qu'il n'avait que cinq ans, il fut élevé par sa jeune tante Constance Punctis, qui consacra sa vie à éduquer son neveu. Ses études au collège Mazarin furent brillantes. Il obtint même un grand prix au concours général de discours français en 1760. Il avait donc tout pour réussir dans la vie, aucune question ne se posant pour la suite de ses études : il ferait du droit. Mais Lavoisier avait une passion pour les sciences. Parallèlement, il suivit donc au Jardin du roi, l'actuel Muséum, et dans différentes disciplines, les cours de savants réputés : minéralogie avec Guettard (1715-1786), botanique avec Bernard de Jussieu (1699-1777), chimie avec Guillaume Rouelle (1703-1770), qui eut sur sa formation une influence certaine car, finalement, il choisit d'être chimiste.

En 1764, l'Académie des sciences mit au concours une étude sur le sujet suivant : "Le meilleur moyen d'éclairer pendant la nuit les rues d'une grande ville en combinant ensemble la clarté, la facilité du service et l'économie". En 1766, il envoya son mémoire en précisant qu'il n'avait pas eu le temps de faire les expériences qu'il projetait sur les huiles et les matières combustibles à utiliser. Il obtint une médaille d'or offerte par le roi. Ce fut très certainement cet événement qui orienta la carrière de Lavoisier, car il constitua le point de départ des recherches qui devaient l'amener à la découverte de la composition de l'air, à celles des réactions d'oxydation et de combustion, aux phénomènes de la respiration, et à l'abandon complet et définitif de la théorie du phlogistique.

En 1766, Lavoisier était candidat à l'Académie. Il fut battu à la succession de Pierre Joseph Macquer (1718-1784), professeur au Jardin du roi, par Louis Claude Cadet de Gassicourt (1731-1799), apothicaire et chimiste, qui avait fait de nombreuses recherches sur la falsification des vins, vinaigres et tabacs. Il ne manifesta aucun sentiment d'amertume. En 1768, il fut élu comme adjoint, premier grade des Académiciens, dans la classe de chimie. Il s'agissait de pourvoir au remplacement de Hyacinthe Théodore Baron (1707-1787), docteur Régent de la Faculté de médecine, décédé. L'Académie proposait un nom au roi

Bien qu'annoblé en 1775, il fut toujours appelé *Lavoisier*, même par son père dans leur correspondance, alors qu'il était devenu *de Lavoisier*. On lit aussi quelquefois *Delavoisier*.

qui nommait. Bien que Lavoisier ait obtenu plus de voix que son concurrent, Antoine Gabriel Jars, métallurgiste, né en 1732, le roi prit en considération le fait que l'écart de voix était faible, que Jars était de onze ans le plus âgé des deux candidats et qu'il avait, dans plusieurs circonstances, été employé par lui pour des objets intéressant son service et même celui de l'État. Mais, étant donné que Lavoisier était un savant très distingué, il le nommait «*pareillement pour être dès à présent adjoint dans la même classe, et lorsqu'il viendra à vaquer une autre place dans cette classe, il n'y sera point fait de nouvelle élection*». Le grand mathématicien Lagrange (1736-1813) avait appuyé sa candidature en disant : «*qu'un jeune homme qui avait du savoir, de l'esprit, de l'activité, et que la fortune dispensait d'embrasser une autre profession, serait très utile aux sciences*».

Il exerça ses fonctions avec beaucoup de talent et d'assiduité et devint un personnage important. Il était chargé de faire des rapports sur les questions posées à l'Académie. Celles-ci étaient souvent sans intérêt, sauf quelquefois lorsqu'il s'agissait par exemple des aréomètres, de la théorie des couleurs, des pompes pour élever l'eau de la Seine. En 1772, il était membre associé, pensionnaire en 1778, directeur en 1785. L'Académie lui prenait beaucoup de temps et son laboratoire lui coûtait cher. En fait, ayant acheté le tiers d'une charge au fermier général Baudon, il gagnait sa vie en tant qu'adjoint à la "Ferme générale", cet organisme impopulaire chargé de recouvrer la gabelle, les droits d'octroi, ceux sur les tabacs, les boissons, les marchandises, et qui procuraient des revenus très élevés aux titulaires des charges. Il devint "Fermier général titulaire" en 1779, puis membre du Comité d'Administration quatre ans plus tard. Il est reconnu que certains fermiers généraux profitaient de leurs fonctions pour s'enrichir honteusement. Ce ne fut pas le cas de Lavoisier qui exerça son métier de façon très stricte, parfois même sévère avec les hommes, mais tout à fait honnêtement. Sa correspondance montre qu'il s'est toujours élevé contre le favoritisme et le particularisme, qu'il tenait compte de l'avis de ses collaborateurs, et qu'il se préoccupait du rôle social qu'il devait avoir. Mais, il ne transigeait pas sur ses principes. C'est lui qui obtint en 1787, pour mieux contrôler les entrées dans la ville, l'édification du mur d'octroi qui ceinturait Paris, la "barrière des Fermiers généraux". Ces grands travaux, très onéreux, furent fort mal accueillis. On disait dans les faubourgs : «*Le mur murant Paris rend Paris murmurant*».

En 1775, il avait été nommé par Turgot Commissaire de la Régie des poudres et salpêtres. Il s'installa alors à l'Arsenal, près de la Bastille, où il avait son logement et où il créa, à ses frais, son laboratoire. C'était l'un des très rares, parmi les grands chimistes français ou étrangers, à

ne pas être professeur d'Université. L'Académie fut le pôle de ses activités scientifiques.

Le 4 décembre 1771, il épousa Marie Anne Pierrette Paulze, âgée de quatorze ans. C'était la fille du riche Jacques Alexis Paulze de Chasteignolles, avocat au Parlement, procureur du roi en Cour de Forez, Fermier général chargé de la direction du département du tabac, directeur de la Compagnie des Indes. Il donna à sa fille une dot de 80.000 francs, somme très importante à l'époque. Lavoisier était plus riche encore. Marie s'imposa beaucoup d'efforts pour être digne du génie de son mari. Pour cela, elle reprit ses études générales, notamment en apprenant le latin et l'anglais pour pouvoir traduire les mémoires écrits dans cette langue, mais aussi en cultivant, avec David (1748-1825), ses dons certains pour le dessin. On lui doit des illustrations de mémoires de son mari représentant des dispositifs expérimentaux. C'était sa secrétaire, mais également une maîtresse de maison accomplie qui savait recevoir et aussi parler de science avec les savants ou grands hommes de l'époque que son mari invitait. Elle coordonnait la vie très agitée du grand chimiste entre l'Académie, la Ferme et la science. Son emploi du temps était minuté :

- études et expériences de 6 à 9 h et de 19 à 22 h ;
- reste de la journée : Académie, Ferme, Régie des poudres ;
- une journée par semaine : répétition des expériences devant les amis.

Les difficultés rencontrées par le monde agricole, notamment la faible rémunération des métiers de la terre, conduisirent Lavoisier à étudier lui-même le problème, tant du point de vue de la technique agricole que de la gestion. A cet effet, en 1778, il acheta une grande propriété à Freschimes, en Sologne, où il résida deux mois par an. Après quelques années, il possédait 1000 hectares de terrain !

On a vu, à propos de ses découvertes, que Lavoisier était un homme d'ordre, de méthode, et qui conduisait ses raisonnements avec une grande logique, aussi bien en science que dans la Ferme. Ses expériences étaient simples, faites avec des appareillages simples qu'il avait le plus souvent conçus, et elles étaient quantitatives car il utilisait la balance de précision dont Dumas disait qu'il s'agissait « *d'un instrument qui avant lui n'avait jamais été sérieusement employé dans les recherches chimiques* ». Et Pasteur dira : « *Le trait le plus caractéristique de l'œuvre de Lavoisier, c'est, à mon sens, et si je puis m'exprimer ainsi, d'avoir introduit dans la chimie l'esprit de la physique. La physique est essentiellement, comme l'astronomie, une science de mesures précises...* » Il savait prendre ses responsabilités aussi bien dans sa vie professionnelle qu'en recherche. C'est ainsi que pendant dix ans, de 1775 à 1785,



ANTOINE LAURENT LAVOISIER (1743-1794).

il fut seul de son opinion contre celle de tous les chimistes français et étrangers pour qui la théorie du phlogistique était inattaquable. Dans son "Traité de chimie" paru en 1789, il écrivit : « *Rien ne se crée ni dans les opérations de l'art, ni dans celles de la nature, et l'on peut poser comme principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération* ». C'est sur ce principe qu'est fondé l'art "de faire des expériences en chimie", ce qui était à l'époque une nouveauté.

Lavoisier était très courageux physiquement et moralement. Ainsi, il manifesta son courage physique lorsqu'il échappa de peu à la mort à la suite d'une explosion survenue à la poudrerie d'Essones au cours d'essais destinés à étudier le remplacement du salpêtre par le chlorate de potassium. Il manifesta son élévation de pensée, teintée d'une pointe d'humour, par exemple dans sa dernière lettre, écrite à l'un de ses cousins alors qu'il était en prison :

«J'ai obtenu une carrière passablement longue, surtout fort heureuse, et je crois que ma mémoire sera accompagnée de quelques regrets, peut-être de quelque gloire. Qu'aurais-je pu désirer de plus? Les événements dans lesquels je me trouve enveloppé vont probablement m'éviter les inconvénients de la vieillesse. Je mourrai tout entier, c'est encore un avantage que je dois compter au nombre de ceux dont j'ai joui. Si j'éprouve quelques sentiments pénibles, c'est de n'avoir pas fait plus pour ma famille, c'est d'être dénué de tout et de ne pouvoir lui donner ni à elle ni à vous aucun gage de mon attachement et de ma reconnaissance.

Il est donc vrai que l'exercice de toutes les vertus sociales, des services importants rendus à la patrie, une carrière utilement employée pour le progrès des arts et des connaissances humaines, ne suffisent pas pour préserver d'une fin sinistre et pour éviter de périr en coupable!

Je vous écris aujourd'hui parce que demain il ne me serait peut-être plus possible de le faire, et que c'est une douce consolation pour moi de m'occuper de vous et des personnes qui me sont chères dans ces derniers moments.

Ne m'oubliez pas auprès de ceux qui s'intéressent à moi. Que cette lettre leur soit commune, c'est vraisemblablement la dernière que je vous écrirai».

On doit à Henry Le Châtelier une très belle biographie de Lavoisier. En voici un extrait :

«Les succès de Lavoisier comportent des enseignements trop oubliés aujourd'hui. Ils montrent en premier lieu, l'influence du caractère sur la production scientifique: l'ardeur au travail, la curiosité intellectuelle et les habitudes d'ordre, de méthode sont des facteurs autrement puissants que l'inspiration irréfléchie et l'esprit de fantaisie dont l'art et la science moderne sont si fiers de nos jours. Ils montrent, en second lieu, l'importance de la culture générale, de l'éducation littéraire et philosophique sur la formation de l'esprit scientifique. Le contact des grands penseurs est autrement fécond que le simple apprentissage des recettes scientifiques et pratiques, trop en faveur dans notre enseignement.

Il montre enfin l'importance du contact incessant avec la nature, de l'étude expérimentale du monde réel pour combattre la tendance de notre esprit à se complaire dans les hypothèses irréelles et les idées imprécises. Lavoisier se proposait seulement de résoudre les problèmes pratiques que lui posaient journellement ses fonctions de membre de l'Académie des sciences, de fermier général, de régisseur des poudres, de membre du Comité des poids et mesures ou du Comité d'Agriculture, et de grand propriétaire terrien. Pas une seule de ses recherches n'a eu comme point de départ une préoccupation théorique; il a créé cependant, par sa découverte des lois de conservation de la masse et des éléments une science nouvelle: la chimie».

Et Pasteur écrit à l'occasion de la publication par Dumas des œuvres de Lavoisier : *« (...) C'est une chose digne de remarque : Lavoisier n'a découvert aucun corps simple, aucune combinaison nouvelle. Les phénomènes qu'il a étudiés étaient connus de ses devanciers. Les arts ne lui doivent directement aucune application. Nulle voix ne s'élèvera jamais pour lui refuser le premier rang parmi les chimistes les plus célèbres de tous les temps et de tous les pays. C'est que le nom de Lavoisier restera éternellement attaché à la connaissance exacte de ce*



LAVOISIER EXPOSE AUX PRINCIPAUX SAVANTS FRANÇAIS DE SON ÉPOQUE LES RÉSULTATS DE SES RECHERCHES (Bas-relief de son monument).

qui intéresse le plus l'économie de l'univers. Le feu et l'eau, l'air et la terre, ces quatre sources de la vie, ces principes de toutes choses selon la croyance antique, personne n'en a mieux compris et expliqué la nature que Lavoisier. Porter la lumière sur de tels objets, c'était la répandre sur tous les autres. Aussi Lavoisier se trouve-t-il naturellement le premier législateur de la chimie».

Les scellés furent apposés le 10 septembre 1793 au domicile du citoyen Lavoisier, "cy-devant Fermier général et membre de la cy-devant Académie des sciences." Ils furent levés le 28 septembre puis définitivement apposés le 24 novembre. Le tribunal révolutionnaire qui le jugea était présidé par Coffinhal (1754-1794), en l'absence de Fouquier-Tinville (1746-1795). Avec 26 autres fermiers généraux, dont son beau père, Lavoisier fut condamné à mort, incarcéré à la Conciergerie et guillotiné dès le lendemain, 8 mai 1794, place de la Révolution (place de la Concorde), ses biens devenant propriété de la Nation.

On a fait beaucoup de reproches aux savants de l'époque à propos de leur passivité lors de l'incarcération et de la condamnation de Lavoisier. Fourcroy en particulier, a été visé par ces attaques, ainsi que Guyton de Morveau et Laplace, étant donné les hautes fonctions qu'ils occupaient et leurs relations avec les gouvernants. Seuls le mathématicien Borda (1733-1799) et l'abbé Haüy firent des interventions qui restèrent vaines. Il est certain que ce n'est pas le savant qui a été guillotiné, mais le fermier général, celui qui prend toujours plus d'argent au peuple. Il avait aussi contre lui, et c'était important à cette époque, le fait qu'il était riche, célèbre, et aussi qu'il ne manifestait jamais la moindre émotion. Et pourtant, il avait apporté son concours à la République dans les domaines de ses compétences. Au moment de son procès, il rédigea d'ailleurs une notice dans laquelle il indiquait les services rendus à la République. En avril 1796, un ordre de restitution remettait à la veuve de Lavoisier, "reconnu injustement condamné", les biens de son mari, le séquestre n'étant définitivement levé qu'en 1808. Cette mise sous séquestre a sans doute évité que les manuscrits, registres de laboratoires, appareillages, correspondances de Lavoisier ne soient détruits.

Après la mort de Lavoisier, seule sa veuve chercha à maintenir vivante la mémoire de son mari. C'est elle qui put récupérer les documents dont nous venons de parler. Ils ne furent dispersés qu'après sa mort. L'Académie ne se manifesta à aucun moment. Dumas chercha à réhabiliter Lavoisier tombé dans l'oubli. Würtz prit également une part importante dans cette croisade. Lavoisier n'inspire d'ailleurs toujours pas beaucoup nos compatriotes, peut-être parce que l'histoire des sciences et de ceux qui l'ont faite n'est pas une discipline officielle !

Actuellement Lavoisier n'a ni statue, ni boulevard ou avenue à son nom dans Paris, seulement une petite rue du 8^{ème} arrondissement.

M^{me} Lavoisier se remaria en 1805 avec un anglais excentrique, le comte Benjamin de Rumford (1753-1814), à qui l'on doit l'invention de différents appareils (calorimètre, thermoscope à air, photomètre) et des études sur la densité de l'eau, le frottement des métaux. Elle tint à se faire appeler M^{me} Lavoisier de Rumford. L'union ne fut pas heureuse. Elle ne dura que quatre ans. M^{me} Lavoisier mourut le 10 février 1836 à 78 ans.

Henry LE CHÂTELIER **Fondateur de la science métallurgique**

Henry Le Châtelier, dont le père était ingénieur des Mines et avait collaboré avec Sainte-Claire Deville à la mise au point de la fabrication industrielle de l'aluminium, naquit à Paris le 8 octobre 1850. Entré et



HENRY LE CHÂTELIER (1850-1936).

sorti premier de l'Ecole polytechnique, il devint élève de l'Ecole des mines et, à 27 ans, professeur de chimie physique et de métallurgie dans cet établissement. De 1897 à 1907, il fut professeur de chimie au Collège de France puis, au décès de Moissan, succéda à l'illustre chimiste dans la chaire de chimie à la Sorbonne.

Le Châtelier fut un grand professeur dont les cours étaient particulièrement clairs. Il considérait le professorat comme un stimulant énergétique pour la recherche scientifique et avait en horreur l'empirisme et les enseignements technologiques. Il cherchait par contre à habituer

les élèves à l'observation, au rapprochement, au raisonnement, et à ne pas seulement meubler leur mémoire. Il était également passionné par l'économie politique et les problèmes sociaux. Membre de l'Académie des sciences en 1907, "docteur *honoris causa*" de très nombreuses écoles et universités étrangères, Grand Officier de la Légion d'honneur, il eut tous les honneurs, malgré sa grande modestie alliée à une grande bonté. C'est lui qui fonda la "Revue de Métallurgie".

Les premières recherches de Henry Le Châtelier concernent les matériaux hydrauliques qui le menèrent, en 1887, à la soutenance de sa thèse: "Recherches expérimentales sur la constitution des mortiers hydrauliques". Rapidement, il s'intéressa à la mécanique chimique. Il généralisa les travaux de Gibbs (1839-1903) et Van't Hoff (1852-1911) en précisant que les variations de pression et de concentration tendent à s'opposer à la variation qui leur donne naissance, et proposa des applications possibles.

Dans le domaine de la métallurgie, ses travaux ont été d'importance considérable: examen micrographique des métaux et alliages avec le banc de métallographie par réflexion qu'il avait mis au point, et technique de préparation des échantillons qui ont permis de faciliter l'établissement des diagrammes d'équilibres. La mesure des hautes températures, indispensable pour l'étude des transformations des métaux et alliages, lui doit le couple thermoélectrique et l'idée d'utiliser la visée optique avec le pyromètre optique, perfectionné ensuite par Ribaud (1884-1963).

Il mourut le 17 septembre 1936 à Miribel les Echelles dans l'Isère.

Paul Emile LECOQ de BOIBAUDRAN **La passion de la science**

Il naquit le 18 avril 1838 à Cognac dans une noble famille protestante dont la devise était: "Justice, amabilité et sens de la responsabilité personnelle". Son père et ses frères étaient des distillateurs et il participa lui-même aux activités de la firme alors qu'il était relativement âgé. Sa mère, très cultivée, lui apprit les langues étrangères (il parlait très bien l'anglais), la littérature classique et l'histoire. C'est en étudiant les abrégés de l'Ecole polytechnique qu'il acquit de bonnes bases en physique et en chimie. Sa famille l'encouragea à développer ses connaissances scientifiques et installa, dans la maison familiale, un laboratoire privé où fut faite la découverte du gallium.

Lecoq avait étudié la spectroscopie pendant quinze ans et possédait une grande compétence dans ce domaine. C'est ce qui lui permit



PAUL EMILE LECOQ DE BOISBAUDRAN (1838-1912).

d'observer la présence de raies nouvelles dans le spectre d'une blende et le conduisit à la découverte du gallium. Un mois après sa découverte, il fit une démonstration devant les membres de la section de chimie de l'Académie dans le laboratoire de Würtz, pour prouver qu'il s'agissait bien d'un métal nouveau. Il l'appela "Gallium". En novembre 1875, il réussit à préparer du gallium pur en électrolysant une solution déshydratée de gallium dans la potasse. Rappelons que Lecoq de Boisbaudran fit des recherches sur les terres rares et réussit à découvrir le samarium et le dysprosium. En 1874, il écrivit un traité : "Spectres lumineux destinés aux recherches de chimie minérale".

Vers la fin de sa vie, son activité fut très ralentie à cause d'une douloureuse ankylose des articulations qu'il supporta avec un grand courage. Il mourut le 28 mai 1912.

Nicolas LEMERY **L'un des pères de la chimie**

Il était né à Rouen le 17 novembre 1645 dans une famille protestante, ce qui lui interdit d'obtenir un poste officiel. Son père était procureur au Parlement de Normandie. Après ses premières études à Rouen, il commença à faire des expériences chez l'apothicaire de ses parents.



NICOLAS LEMERY (1645-1715).

Il vint ensuite à Paris où il resta peu de temps chez Glazer, démonstrateur au Jardin Royal, avec lequel il ne s'entendait pas.

Il entreprit alors des voyages à travers la France, seul moyen d'apprendre alors, car il n'y avait pas de livres. Un séjour de trois années à Montpellier, où il fut pensionnaire de Verchaut, Maître apothicaire, qui instruisait beaucoup de jeunes, lui fut très profitable. Après avoir visité d'autres villes, il revint à Paris en 1672 et entra en relations avec le Prince de Condé dont il connaissait Martin, l'apothicaire.

Il réussit à ouvrir un cours public rue Galande qui eut très vite une grande réputation, et les produits qui sortaient de son laboratoire étaient très demandés. Notamment, il était le seul dans Paris à faire du "magistère de bismuth" qui n'est autre que du blanc d'Espagne, mais dont la vente permettait au laboratoire de fonctionner. Le nombre de ses élèves augmentant sans cesse, il fut contraint de les loger dans des chambres de la rue Galande, une table d'hôte leur permettant de déjeuner avec le Maître. Mais, la chimie était confuse, contenant du vrai et du faux, souvent volontairement. Lemery fut le premier à en extraire des idées plus simples et plus compréhensibles. Il publia en 1675 son cours de chimie dont les éditions se succédèrent rapidement, et fut traduit en latin, allemand, anglais et espagnol. Il publia une "Pharmacopée universelle" en 1697 et un Traité de l'antimoine contenant l'analyse chimique de ce minéral. Beaucoup le considérèrent comme le véritable père de la chimie.

Persécuté après l'Édit de Nantes, il n'accepta pas la situation de chimiste qui lui était proposée en Allemagne et partit pour l'Angleterre. S'étant converti au catholicisme, il revint en France quelques années après. Fontenelle (1657-1757), philosophe et poète, neveu des Corneille, né à Rouen comme Lémery, a dit : «*Presque toute l'Europe a appris de lui la chimie, la plupart des grands chimistes français ou étrangers lui ont rendu hommage de leur savoir*».

Il mourut d'apoplexie en 1715.

Justus LIEBIG **L'original de talent**

Liebig est un personnage original, aussi bien dans la vie de tous les jours que dans le domaine scientifique. Il naquit le 12 mai 1803 à Darmstadt où son père était droguiste. L'environnement dans lequel il vivait eut pour effet de lui donner la passion de la chimie. Il faisait des manipulations dans l'atelier de son père et lisait tous les ouvrages de chimie qu'il pouvait se procurer. Au gymnase, il était considéré comme un cancre et le directeur déclara un jour devant ses camarades que les élèves de son genre étaient une punition pour les professeurs et un fléau pour les parents (Delacre). Un jour, il amena en classe du fulminate de mercure qu'il fit exploser. Mis à la porte du gymnase, son père réussit à la placer chez un pharmacien. Cette étape ne dura que peu de temps, car il voulait être chimiste et rien d'autre.

Il suivit alors les cours de l'université de Bonn puis de celle d'Erlanger et devint un étudiant sérieux, ce qui lui valut d'obtenir une bourse pour venir deux ans à Paris. Il put entrer dans le laboratoire de Gay-Lussac en 1812. Dans son nouveau laboratoire, on lui demanda d'étudier les fulminates. Coïncidence ?

En 1824, il fut nommé à la chaire de l'université de Giessen qu'il ne devait quitter que 28 ans plus tard. Dès 1823, il avait observé que le fulminate d'argent avait la même composition que le cyanate d'argent préparé par Wöhler, ce qui conduisit à la notion d'isomère proposée par Berzélius. Il devait par la suite collaborer étroitement avec Wöhler. Ce fut alors toute une série de recherches en chimie organique : découverte du chloroforme, du chloral, constitution des acides organiques, obtention des aldéhydes, définition de la notion d'acidité... Par ailleurs, il fit faire de grands progrès à l'analyse organique. En 1852, il acceptait la chaire de professeur de chimie de Munich à la condition de ne plus avoir à s'occuper de science pure. Il eut de grandes controverses avec Dumas ainsi qu'avec Auguste Laurent et Charles Gerhardt notamment à propos



JUSTUS LIEBIG (1803-1873).

de la théorie des substitutions à laquelle il ne commença à croire que très tardivement.

Liebig était donc très attiré par tout ce qui concernait les applications de la chimie, et s'intéressa aussi bien au blanchiment du papier par l'ozone qu'à l'origine du "bouquet" des vins ou à la chimie agricole dont il est souvent considéré comme le fondateur. Il précisa la nature des éléments indispensables à la croissance des plantes et montra l'intérêt et l'efficacité des engrais artificiels. Son rival dans le domaine fut encore Dumas avec lequel il eut des controverses quelquefois vives concernant des priorités de découverte. Son nom est encore très connu pour les "extraits de viande Liebig" dont il vanta les mérites.

Liebig écrivit de nombreux livres dont un dictionnaire de chimie, un traité de chimie organique appliquée à la physiologie végétale et à l'agriculture, et un traité de chimie organique appliquée à la physiologie et à la pathologie. En 1861, il avait été nommé membre correspondant de l'académie des sciences de Paris. C'était un très bon professeur, l'un des premiers à avoir associé l'enseignement traditionnel et le travail pratique en laboratoire. Maître de la chimie allemande, ce fut un très grand nom de la chimie.

Il avait un caractère entier et difficile. Ses différends, souvent orageux, avec des grands chimistes de son époque comme Berzélius, Dumas, Gerhardt et Laurent, sont bien connus. A propos des français, il fit preuve d'une versatilité étrange. En 1841, dans une lettre à Berzélius

au sujet d'un mémoire de Dumas et Stas (1813-1891), il écrivit : *«Je t'aroue que son mémoire est vraiment blessant par son arrogance ; il est en partie visiblement dirigé contre ta personne ; car, pourquoi ne cite t'il pas son compatriote Dulong dans une question que celui ci a traitée d'une manière décisive et se rapportant à des recherches où tu t'es élevé contre toi même, c'est à dire contre tes déterminations antérieures ? Ces Français n'ont vraiment aucun sentiment de l'honneur vrai, aucun sens du droit et de l'équité ; depuis de nombreuses années, ils s'occupent de spéculations théoriques sans utilité pour la science et rien que pour satisfaire leur fatuité et leur arrogance ; ils ont fait une découverte, c'est que le mot "radical" doit être banni et remplacé par le mot "type"»*. En 1871, par contre, après la guerre franco-allemande, il prononça un discours à l'académie de Munich dans lequel il disait : *«Jamais je n'oublierai avec quelle bienveillance Arago, Dulong, Thénard accueillèrent les étudiants allemands, et combien mes compatriotes que je pourrais nommer sont, comme moi-même, reconnaissants envers les savants français de l'appui efficace qu'ils leur ont octroyé»*. Enfin, dans son autobiographie parue en 1890, il écrivit : *«Ce qui me frappait le plus dans les travaux des Français, c'était leur profonde vérité et le soin qu'ils mettaient à écarter les explications basées sur les apparences. C'était tout l'opposé pour les travaux allemands : en abusant des déductions, ils avaient fait perdre à la théorie scientifique la solidité de sa charpente»*.

Il mourut en 1873.

Andréas Sigismund MARGRAFF* **Un bienfaiteur**

Né à Berlin en 1709, il était chimiste, directeur de la classe de philosophie expérimentale de l'académie royale de Berlin.

En chimie minérale, il réussit à trouver un nouveau mode de préparation du phosphore, toujours à partir des phosphates de l'urine. Il découvrit l'acide phosphorique qu'il appela "fleur de phosphore", la magnésie en analysant la serpentine qui est un silicate hydraté de magnésium, et proposa une méthode permettant de distinguer la soude de la potasse. En chauffant de la calamine (silicate ou carbonate de zinc) avec du charbon, en vase clos, il put obtenir le zinc métallique. Il fit quelques recherches sur le platine. C'est en extrayant le sucre de la betterave et de la carotte que Margraff acquit la plus grande notoriété. Il ne chercha pas à tirer profit de sa découverte qui ne prit du développement

* ou MARGGRAF, MARGGRAFF, MAARGRAFF.



ANDRÉAS SIGISMOND MARGRAFF (1709-1782).

que petit à petit. En 1796, en Allemagne, et en 1812, à Passy, les premières raffineries furent construites. Le blocus continental accéléra la production de cette dernière usine, l'arrivée de la canne à sucre étant devenue difficile. Olivier de Serres (1539-1619), agronome qui substitua à l'agriculture routinière une agriculture scientifique et industrielle, avait précédemment signalé la présence de sucre dans ces plantes.

Toutes ses recherches figurent dans "Opuscules chimiques" parus entre 1761 et 1767. Margraff mourut en 1782 à Berlin.

Dmitri Ivanovitch MENDELÉEV **La classification périodique**

C'était le dernier d'une famille de 17 enfants. Il était né le 8 février 1834 à Tobolsk, en Sibérie occidentale, dans une famille d'artisans modestes, mais instruite. Les Mendéléev étaient très indépendants, libéraux, féministes et défendaient farouchement les droits de l'homme dans cette Russie où l'esclavage était encore très répandu. Son grand-père maternel devait, en 1789, sous l'influence de la Révolution française, créer une revue qui promouvait toutes ces idées. L'atmosphère familiale a contribué assurément à donner à Dmitri cet esprit indépendant qui le caractérisait.

Le père de Dmitri, dont les négligences vis à vis de la pratique religieuse des élèves lui valurent quelques ennuis, fut directeur du gymnase de Tobolsk. Mais il perdit la vue et, sa pension ne permettant pas de faire vivre les huit enfants encore à sa charge, son épouse Maria

trouva un emploi dans une fabrique de verre et en devint la directrice. Malheureusement, la fabrique fut entièrement détruite par un incendie et le père de famille mourut. Maria partit pour Moscou avec ses deux plus jeunes enfants afin de leur faire suivre des études supérieures. Elle ne parvint pas à les faire inscrire à l'Université, et gagna Pétrograd où, grâce à un ami de son mari, elle obtint ces inscriptions. Dmitri entra dans la section physique et mathématiques. Sa mère, qui exerça sur lui une très heureuse influence, mourut quelques mois plus tard. Il acheva ses études à Pétrograd, reçut la médaille d'excellence et présenta dès 1855 un travail documentaire sur l'isomorphisme.

Atteint d'hémoptysies répétées, il partit pour la mer Noire et enseigna au lycée de Simféropol, puis à celui d'Odessa où il commença à préparer une thèse de doctorat. De 1859 à 1861, il fit un séjour prolongé à Paris dans le laboratoire de Würtz, puis chez Bunsen à Heidelberg. À son retour, il présenta sa thèse à l'université de Pétrograd sur les volumes spécifiques. Nommé professeur de chimie à l'Institut technologique de cette ville en 1865, il obtint en 1869 la chaire de chimie générale de l'Université. Il avait participé en 1860 au fameux congrès de Carlsruhe organisé par Kékulé. Mendéléev dira que les travaux présentés au cours de ce congrès avaient fortement influencé ses réflexions conduisant à l'établissement de sa classification des éléments.

C'est en 1869 que Mendéléev présenta à la Société Chimique Russe son célèbre mémoire sur "La relation entre les propriétés et les poids atomiques des éléments". Il y écrivait : « *Les propriétés, comme les formes et les combinaisons, sont une fonction périodique de la grandeur du poids atomique* ».

Mendéléev eut une vie universitaire assez agitée à cause de ses idées peu traditionnelles et de son franc-parler. Il fut même suspendu de ses fonctions en 1890 pour avoir signé une pétition considérée comme injurieuse par le gouvernement.

Mendéléev s'intéressa à bien d'autres domaines de la chimie, notamment l'industrie pétrolière dans le Caucase et en Pensylvanie, l'industrie du fer dans l'Oural, la fabrication directe de gaz dans les mines de charbon, la compression des gaz, l'isomorphisme... Il écrivit plusieurs ouvrages dont un "Manuel de chimie organique" et "Les principes de chimie". Bien des pays l'honorèrent, mais ses idées très "avancées" lui créèrent souvent des difficultés dans son propre pays et le Tsar l'éloigna à différentes reprises en l'envoyant en mission à l'étranger. Lorsqu'il mourut, le 2 février 1907, il lisait un livre de Jules Verne. Et le Tsar Nicolas II envoya à sa femme le télégramme suivant « *En la personne du professeur Mendéléev, la Russie perd l'un de ses meilleurs fils, dont nous garderons toujours le souvenir* ».

Henri MOISSAN
Le premier français prix Nobel de chimie

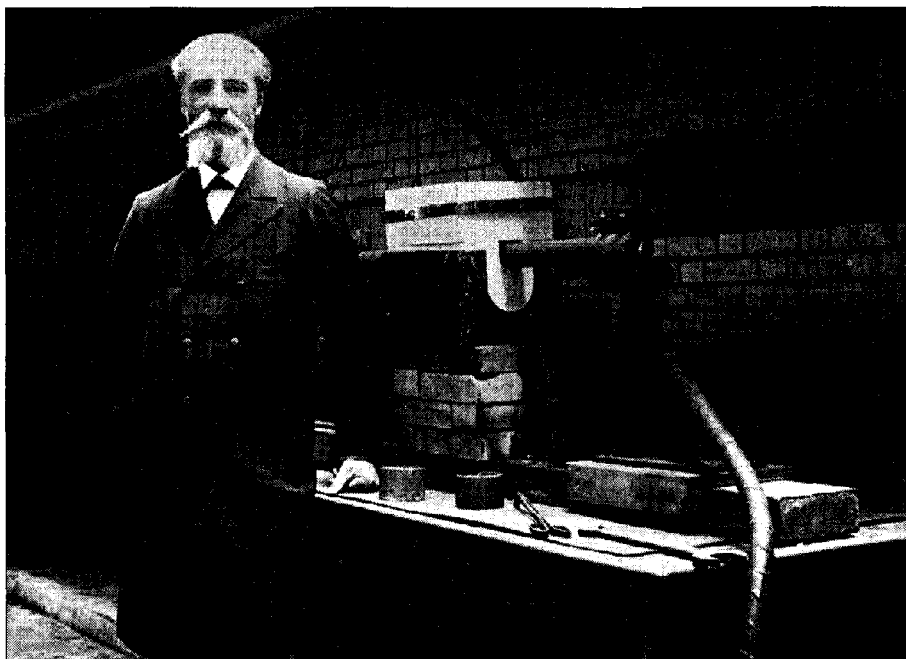
Son père était employé à la Compagnie des Chemins de fer de l'Est et sa mère couturière. Il naquit à Paris le 28 septembre 1852. En 1864, sa famille se fixa à Meaux et il entra au collège municipal. Son maître, M. James, auquel Moissan garda une très vive reconnaissance, remarqua ses qualités intellectuelles et lui donna gratuitement des leçons supplémentaires pour faciliter ses progrès et lui insuffler le goût du travail. Il quitta cependant le collège en 1870 sans avoir le moindre grade universitaire, mais il avait déjà un très grand enthousiasme pour la chimie. Il fut d'abord apprenti chez un horloger de Meaux puis, sa famille ayant regagné Paris, son Père lui conseilla de devenir pharmacien, et il entra comme stagiaire dans la droguerie Baudry, rue Saint-Denis. On pouvait en effet à cette époque devenir pharmacien de deuxième classe sans posséder le baccalauréat.

Théodore Plicque, son camarade de collège, qui travaillait au Muséum d'histoire naturelle dans le laboratoire de l'agronome Dehérain (1830-1902), l'incita à quitter la droguerie pour entrer, en 1872, au Muséum dans le laboratoire du professeur Frémy, membre de l'Académie des sciences. Un an après, il rejoignit cependant Plicque chez Deherain qui remarqua rapidement les brillantes qualités de sa nouvelle recrue. Mais Moissan avait également une véritable passion pour la littérature et il fit quelques infidélités à la chimie pour écrire une pièce en vers qui faillit être représentée à l'Odéon. Plus tard il dira : *« Je crois que j'ai mieux fait d'étudier la chimie »*.

N'ayant aucun grade universitaire, il entreprit d'apprendre le latin, passa le baccalauréat puis la licence en 1877. Pendant cette période, il poursuivit cependant ses recherches et fit, avec son maître, une première publication à l'Académie des sciences sur l'absorption de l'oxygène et l'émission d'acide carbonique par les plantes maintenues à l'obscurité. Parallèlement, il entreprit des recherches sur le fer pyrophorique qui le conduisirent à présenter sa thèse de doctorat en 1880.

En 1879, reçu pharmacien, il fut nommé chef de travaux pratiques à l'École de pharmacie et en 1882 professeur agrégé dans cette école. Entre temps, il avait pris, sans grand succès commercial, la direction du laboratoire d'analyses de l'Union des Chambres Syndicales. En 1882, il épousait Léonie Lugan, la fille d'un pharmacien de Meaux.

Moissan entreprit dans cette période d'étudier les fluorures, sujet auquel son premier maître Frémy s'était intéressé. L'expérience qui lui permit d'isoler le fluor fut réalisée dans l'amphithéâtre de la rue



HENRI MOISSAN (1852-1907)

DEVANT LE FOUR À ARC EXPÉRIMENTAL QU'IL AVAIT RÉALISÉ À LA SORBONNE.

Michelet où se trouvaient provisoirement les laboratoires de la Faculté des sciences. Debray (1827-1888), professeur de chimie, avait autorisé Moissan à y travailler de façon à ce qu'il puisse bénéficier de l'utilisation d'une centaine d'éléments Bunsen qui servaient à alimenter l'éclairage de l'appareil de projection. Grâce à Friedel, il put continuer ses recherches jusqu'à la fin de l'année sur la table de l'amphithéâtre, en dehors des heures de cours, malgré l'opposition du préparateur de Debray que cela dérangeait. Finalement, après de très nombreux essais, et en tenant le plus grand compte des échecs de ses prédécesseurs, il fit l'électrolyse de l'acide fluorhydrique sec rendu conducteur par addition de fluorhydrate de fluorure de potassium. Il put ainsi préparer le fluor de façon régulière.

Le fluor fut isolé le 26 juin 1886, et une note à l'Académie des sciences fut présentée dès le lundi suivant par Debray. On a vu qu'une commission composée de Berthelot, Debray et Fremy avait été chargée d'assister à une préparation et que le premier essai avait été un échec. Le second essai fut une réussite. Par la suite, Moissan entreprit l'étude systématique des propriétés du nouvel élément : mesure des propriétés physiques, étude de ses combinaisons avec le phosphore le carbone, l'arsenic...

Lorsqu'il aborda ses recherches sur la préparation du diamant synthétique, qui furent couronnée de succès en 1893, Moissan se rendit compte que de très hautes pressions et de très hautes températures étaient indispensables pour mener à bien ses recherches. Comme on l'a vu dans l'article consacré au carbone, les hautes pressions furent obtenues en refroidissant brutalement, à volume constant, la fonte riche en carbone dont la masse volumique diminue, comme celle de l'eau, au moment de sa solidification. Les hautes températures étaient obtenues dans un four électrique alimenté par un courant de 45 ampères sous 40 volts, fournis par une dynamo. C'était un four à arc, les électrodes étaient en graphite et le revêtement intérieur en chaux. La température atteinte était évaluée à 3000°C. Les applications industrielles du four électrique furent nombreuses, notamment pour la fabrication de carbures, du carbure de calcium en particulier, et des métaux réfractaires. Henry Le Châtelier a dit que s'il n'est pas vraiment le père du four électrique utilisé avant lui par Sir William Siemens (1823-1883), de la famille d'industriels allemands, naturalisé anglais en 1859, il est certain qu'Henri Moissan en a été « *un merveilleux agent de publicité et y a ainsi attaché son nom* ».

L'œuvre de Moissan embrasse la chimie minérale toute entière. A une époque où presque toutes les recherches se faisaient dans le domaine de la chimie organique, il a très largement contribué à la réhabilitation de cette discipline. On a reproché à Moissan d'avoir fait des travaux de caractère essentiellement expérimental. Paul Lebeau (1868-1959), son élève, qui fit de nombreuses recherches sur la chimie des hautes températures, écrivit à ce sujet : « (...) *Si parmi les nombreux travaux de Henri Moissan il en est peu qui se rattachent à des questions purement théoriques, cela tient à la nature même de l'œuvre qu'il a accomplie. Il aimait à répéter après Faraday que la chimie est une science expérimentale, et il faut reconnaître que l'expérimentation lui avait apporté de telles satisfactions qu'il pouvait être fidèle à cette définition de notre science. Il fut d'ailleurs un manipulateur d'une rare habileté. Aimant par dessus tout la simplicité des moyens, il réalisait avec un matériel rudimentaire les expériences les plus délicates et les plus précises* ».

Moissan fut professeur de toxicologie puis de chimie minérale à l'école supérieure de Pharmacie entre 1886 et 1900. Cette année là, il devint titulaire de la chaire de chimie générale de la Faculté des sciences où il succéda à Troost. Membre de l'Académie de médecine en 1888, de l'Académie des sciences en 1891, il reçut le prix Nobel de chimie en 1906 alors qu'il était directeur de l'Institut de chimie appliquée, actuellement école nationale supérieure de chimie de Paris. Ce fut le premier français à recevoir le prix Nobel de chimie. Il était membre correspon-

dant de plus de vingt académies ou sociétés savantes étrangères. Moissan écrivit deux livres : "Le fluor et ses composés" et "Le four électrique" et, avec des collaborateurs, un "Traité de chimie minérale".

Moissan avait une grande distinction et une faculté d'élocution remarquable. « *Ses cours étaient émaillés d'anecdotes instructives qu'il intercalait à propos pour reposer d'une attention trop longtemps soutenue* » (P. Lebeau). Il était très hospitalier et recevait volontiers ses élèves dans son petit hôtel particulier artistement décoré, au 7 de la rue Vauquelin. Très cultivé, il était surtout attiré par la littérature et la peinture. Il eut un fils, ingénieur de l'Institut de chimie appliquée, assistant à l'École de pharmacie, mobilisé le 1^{er} août 1914 comme lieutenant d'infanterie et qui fut tué dès le 10 août 1914, à 33 ans.

La vie de Moissan fut probablement abrégée par la manipulation de fluor et de monoxyde de carbone. On a dit également qu'il prenait de grandes précautions contre les microbes et que, de ce fait, il avait perdu de la résistance contre l'infection relativement bénigne qui l'emporta. Il mourut le 20 février 1907, à 55 ans.

Joseph PRIESTLEY **Le chimiste clergyman**

Il était né le 30 mars 1733 à Fieldhead (Yorkshire) dans une famille pauvre et devint pasteur. Sa connaissance des langues était très vaste : grec, latin, hébreu mais aussi français et italien. Il fut prédicateur d'une congrégation à Needham Market puis à Hamptwich, mais prit le goût de la physique en faisant à ses élèves des démonstrations avec des machines pneumatiques et électriques. Il rédigea même en 1767 un ouvrage intitulé "Histoire de l'électricité" qui retint l'attention et lui permit d'entrer à la Société Royale de Londres. Nommé à Leeds, et son presbytère se trouvant près d'une brasserie, il eut la possibilité de disposer "d'air fixe", c'est à dire de dioxyde de carbone, et découvrit que l'eau additionnée de ce gaz avait un goût agréable. C'est ainsi le fondateur de l'industrie des boissons gazeuses artificielles. Six ans après son arrivée à Leeds, il devint bibliothécaire du marquis de Lansdown, Lord Shelburne, publia différents ouvrages philosophiques qui déplurent au marquis à cause de leur caractère critique vis à vis de l'église anglicane, quitta ses fonctions et se retrouva à Birmingham où, grâce à des amis, il put disposer d'un laboratoire.

C'était un grand laudateur de la Révolution française. Il devint même citoyen français et membre de la Convention Nationale, titres dont il était très fier. Cela lui valut cependant de voir la populace dé-



JOSEPH PRIESTLEY (1733-1804).

truire son laboratoire et sa bibliothèque le 14 juillet 1791. La vie n'étant plus possible pour lui en Angleterre, il partit trois ans plus tard pour les Etats-Unis, à Northumberland en Pennsylvanie, où ses relations avec les habitants furent souvent tendues, mais où il bénéficia de la protection du Président Jefferson. Il mourut le 4 février 1804.

Priestley se considérait plutôt comme théologien et physicien que comme chimiste. Son œuvre chimique est cependant considérable. Elle est entièrement consacrée à l'étude des gaz. En dehors de ses recherches sur l'oxygène, il publia, surtout entre 1771 et 1774, de nombreux travaux sur l'air fixe (acide carbonique gazeux), l'air inflammable (hydrogène), l'air nitreux (bioxyde d'azote), l'acide de l'esprit de sel (acide chlorhydrique gazeux) qu'il fut le premier à recueillir, l'air alcalin (gaz ammoniac), l'air acide vitriolique (gaz sulfureux). Il fit paraître ses travaux entre 1774 et 1777, dans six volumes intitulés: "Expériences sur différentes espèces d'air".

Le reproche a été fait à Priestley de ne pas rendre aux travaux des autres la justice qu'il aurait voulu qu'on rendit aux siens (Hoeffler), et aussi sa fidélité à la théorie du phlogistique. Mais ce fut un très grand chimiste. Qui n'a pas de défauts?

Henri Etienne SAINTE-CLAIRE DEVILLE **La chimie à haute température**

Il naquit le 11 mars 1818 aux Antilles, dans l'île Saint-Thomas qui était alors une possession danoise. Son père, qui avait conservé la nationalité française, y exerçait la profession d'armateur. Il vint en



HENRI ETIENNE SAINTE-CLAIRE DEVILLE (1817-1881).

France pour y poursuivre ses études, accompagné de son frère Charles qui devait devenir un géologue célèbre, grand spécialiste des volcans. A 25 ans, il obtint le diplôme de médecin.

Mais la chimie l'attirait irrésistiblement. Ses recherches sur les essences végétales retinrent l'attention de Thénard et Dumas qui appréciaient ses grandes qualités, dont l'enthousiasme et le sens des relations humaines. A 27 ans, il fut nommé professeur et doyen de la faculté des sciences de Besançon qui venait d'être créée. Il se distingua dans ses nouvelles fonctions et réussit à poursuivre des recherches soit d'intérêt régional, soit de caractère fondamental, sur les anhydrides par exemple.

Il ne resta que six ans à Besançon car il fut appelé à succéder au célèbre Balard qui quittait la maîtrise de conférences de l'Ecole normale supérieure pour être professeur au Collège de France. Sa réussite fut totale. Son besoin de communiquer avec ses contemporains lui fit prendre l'habitude de recevoir dans son laboratoire, le dimanche après-midi, ses collègues, élèves, mais aussi des hommes de lettres, hommes politiques ou ingénieurs avec lesquels il parlait de ses recherches et, souvent, leur présentait des expériences. Il fut élu membre de l'Académie des sciences en 1861.

En dehors de ses travaux sur la préparation industrielle de l'aluminium, dont un lingot fut présenté à l'Exposition Universelle de Paris en 1855, Deville, qui avait atteint une très haute compétence dans le domaine de la chimie à haute température, mit en évidence ce qu'il appela la dissociation de la vapeur d'eau et démontra que des composés très stables comme le carbonate de calcium pouvaient être dissociés à haute température. Les notions d'équilibre chimique et de réversibilité étaient les conséquences logiques qui en découlaient. Tous ces résultats

furent présentés en 1864 dans les célèbres "Leçons de la Société Chimique". Ils furent à l'origine de la mécanique chimique. Sainte-Claire Deville fit également des recherches importantes sur les métaux de la famille du platine qu'il réussit à fondre grâce au chalumeau oxydrique qu'il avait conçu avec Debray. Il écrivit plusieurs livres parmi lesquels: "De l'aluminium, ses propriétés, sa fabrication et ses applications" en 1859, "Rapport à l'Empereur sur la fusion de l'acier au four à réverbère sans l'utilisation de creuset" en 1862, "Métallurgie du platine et des métaux qui l'accompagnent" en 1863, "Leçons de chimie" en 1868. Il eut de brillants élèves parmi lesquels Debray, Hauteville, Troost.

On a beaucoup reproché à Deville de n'avoir pas cru à l'existence des atomes. Il a écrit: *«Je n'admets ni la loi d'Avogadro, ni les atomes, ni les molécules, ni les forces, ni les états particuliers de la matière, refusant absolument de croire ce que je ne puis ni voir ni même imaginer»*. Etant donné l'influence considérable qui était la sienne et celle de Dumas qui avait la même hostilité que lui vis à vis de la théorie atomique, il est certain que la chimie française subit un ralentissement dans son essor. Mais Deville lui avait déjà beaucoup apporté!

Il mourut en 1881. Son éloge funèbre fut prononcé par son ami Pasteur.

Carl Wilhelm SCHEELE **Le chimiste prolifique**

Il naquit le 19 décembre 1742 à Stralsund en Poméranie suédoise. C'était le septième de onze enfants. Son père le plaça à quatorze ans comme apprenti pharmacien à Gothenbourg, chez Bauch, un ami de la famille. Doué d'une mémoire très développée, il apprit la chimie en lisant des livres et en faisant des expériences dans la pharmacie Look, à Upsal, où il travaillait. A cette époque, il fit la connaissance de Bergman et de Linné. C'est Bergman qui le premier décela les qualités de chercheur de Scheele et les fit connaître au monde savant. D'une très grande modestie et dénué d'ambition, il refusa de faire une carrière académique et n'accepta aucune des propositions, même celle de Frédéric II, roi de Prusse, de venir s'installer à Berlin. Il resta donc pharmacien toute sa courte vie, ce qui ne l'empêcha pas de poursuivre ses recherches. Par contre, pour avoir une vie paisible, il accepta de prendre la responsabilité d'une pharmacie de Kjoping, laissée aux mains d'un veuve. Malheureusement, la propriétaire avait beaucoup de dettes qu'il remboursa petit à petit tout en finançant ses recherches sur son argent per-

sonnel. Il devint propriétaire de la pharmacie en 1777, épousa la veuve neuf ans plus tard et mourut deux jours après son mariage. Il avait eu une vie exemplaire, aussi bien comme savant que comme individu. De lui, le grand chimiste Jean-Baptiste Dumas devait dire : «*Il ne pouvait pas toucher à un corps sans faire une découverte*».

Hoeffler a écrit de lui : «*En passant en revue ses travaux divers, on se demande avec étonnement comment un seul homme a pu, dans l'espace de seize ans, faire tant de découvertes. Le chlore (acide muriatique déphlogistiqué), la baryte, le molybdène (acide molybdique), le tungstène (acide tungstique), l'acide fluo-silicique, l'acide arsénique, l'acide prussique, l'acide lactique, l'acide citrique, l'acide oxalique, l'acide tartrique, l'acide malique, l'acide gallique, le principe doux des huiles, le caméléon minéral (manganèse), la composition de l'air, tels sont les titres de Scheele à la reconnaissance de la postérité*».

Peut-être Scheele n'avait-il pas le sens de la généralisation que possédait Lavoisier, mais il possédait un talent incomparable d'expérimentateur et de reconnaissance des faits.

Louis Jacques THÉNARD **Une carrière exemplaire**

Louis, Jacques Thénard, fils d'un charpentier, est né en 1777 à La Louptière (Aube), près de Nogent sur Marne. D'abord instruit par le prêtre du village, il vint ensuite à Paris pour apprendre la chimie, alors que sa vie quotidienne était très difficile. Il eut la chance de connaître Fourcroy et Vauquelin. Celui-ci le prit dans son laboratoire et, en 1798, comme répétiteur à l'École polytechnique où il fut nommé professeur quelques années plus tard. C'est dans l'école que commença sa collaboration avec Gay-Lussac. Dès 1800, ils publièrent une note sur l'acide borique et le bore, puis vinrent leurs travaux sur les alcalins et sur les halogènes. Thénard fit des recherches très utiles dans le domaine de la chimie organique. Son nom reste également attaché à la découverte de l'eau oxygénée en 1818 et à sa décomposition catalytique en eau et oxygène au contact d'oxydes métalliques ou de métaux divisés. C'est lui qui, à la demande du chimiste Chaptal, alors ministre de l'Intérieur, créa le "bleu Thénard", qui est obtenu par calcination du mélange de phosphate de cobalt et d'alumine.

Thénard fut professeur au Collège de France où il succéda à Vauquelin en 1802, membre de l'Institut en 1810, doyen de la Faculté des sciences en 1821, député de l'Yonne de 1828 à 1832, nommé baron par Charles X en 1825, Pair de France en 1832. En 1813, il publia un



LOUIS JACQUES THÉNARD (1777-1857).

“Traité élémentaire de chimie théorique et pratique” qui fit longtemps autorité. A sa mort, en 1857, les habitants transformèrent le nom de son village natal en La Louptière-Thénard.

Georges URBAIN **L'homme des terres rares**

Il était né le 12 avril 1872 à Paris. Après des études à l'École supérieure de physique et chimie industrielles dont il sortit major en 1894, il prépara une thèse de doctorat es-sciences à la Sorbonne sous la direction de Charles Friedel. Dès la soutenance de sa thèse en 1899, il acquit une notoriété certaine. Il devint directeur du laboratoire de recherches de la Compagnie générale d'électricité, puis, en 1906, fut chargé du cours d'analyse chimique à la faculté des sciences de Paris et nommé professeur de chimie en 1909. Il découvrit le lutécium et prépara à un état de grande pureté plusieurs autres terres rares.

De 1928 à 1938, année de sa mort, il exerça les fonctions de directeur de l'Institut de chimie devenu École nationale supérieure de chimie de Paris en 1948. En 1936, à son instigation, la Caisse nationale de la recherche scientifique créa à Vitry-sur-Seine le L.C.T.C., Laboratoire central des traitements chimiques, dont la vocation était de préparer et de purifier à l'échelle pratiquement industrielle certains métaux des

terres rares. Il en fut le premier directeur. Ce laboratoire s'appelle maintenant Centre d'études de chimie métallurgique.

Il fut élu membre de l'Académie des sciences en 1921 et président de la Société chimique de France en 1926. Il était docteur *honoris causa* de la plupart des universités des pays alliés et membre correspondant de plusieurs sociétés savantes étrangères. C'était un remarquable professeur, d'une très grande culture, très libéral et indépendant. Il fut le premier à enseigner la chimie analytique avec les notations ioniques et le promoteur en France des complexes de Werner. De plus, il avait des talents reconnus de sculpteur, de peintre et de musicien.

Il mourut dans la nuit du 4 au 5 novembre 1938, emporté par une infection foudroyante.

Nicolas Louis VAUQUELIN **Fils d'ouvrier agricole et savant**

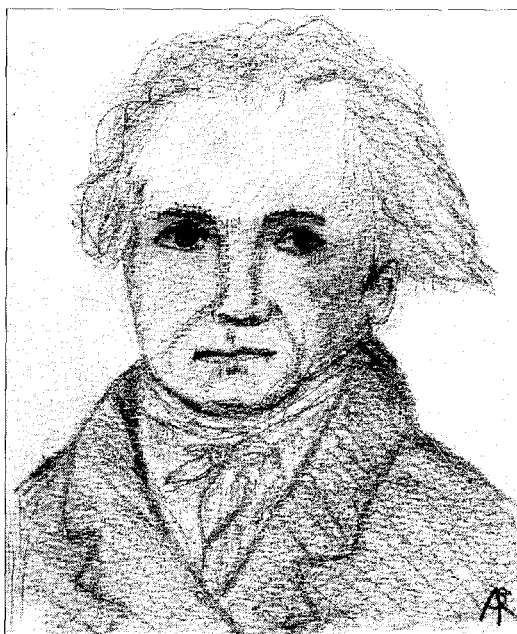
Nicolas Louis Vauquelin était né le 16 mai 1763 à Saint-André d'Hébertot, petit village situé à quelques kilomètres de Pont-l'Évêque, sur la route de Rouen. C'était l'aîné d'une famille qui comptait plusieurs enfants et vivait dans une très modeste chaumière. Son père cultivait quelques terres et avait un emploi complémentaire comme jardinier au château. Sa mère qui avait décelé chez ce fils des qualités nombreuses, débordait d'ambition pour Nicolas, et voulait que, plus tard, il serve au château afin qu'il ait un habit brodé d'or. La châtelaine, M^{me} Nollent d'Aguesseau qui connaissait le jeune garçon, convainquit ses parents de le faire entrer à l'école du village créée par son mari. Le maître d'école Vatel fut surpris par les facultés de Nicolas et le prit même comme suppléant car il n'avait plus rien à lui enseigner.

A 14 ans, le jeune Vauquelin partit pour Rouen où il entra dans la pharmacie Mezaize comme commissionnaire. Le pharmacien donnait des leçons à des jeunes gens plus fortunés mais refusait d'instruire Nicolas. Celui-ci devait se contenter d'écouter au travers de la porte ou de lire les notes que les jeunes élèves du pharmacien voulaient bien lui communiquer. Il fut contraint de quitter la pharmacie car Mezaize découvrit le stratagème et brûla ses cahiers. Nicolas partit pour Paris avec en poche la somme de cinq francs donnée par M^{me} d'Aguesseau et une recommandation du curé de Saint-André d'Hébertot pour le prieur de l'ordre des Prémontrés. Il travailla successivement chez plusieurs pharmaciens puis tomba malade. C'est alors que la chance commença à lui sourire. A l'Hôtel-Dieu, où il resta deux mois, un médecin lui fit faire la connaissance de Cheradame, apothicaire rue Saint-Denis, qui l'engagea

et le présenta à son cousin, le grand Fourcroy. Celui-ci reconnut très vite la valeur de Vauquelin, l'hébergea pendant huit ans dans son appartement où il vivait avec ses deux soeurs Mesdames Guesdon et Lebailly qui se prirent d'affection pour lui et le soignèrent comme un fils. Vauquelin leur garda beaucoup de reconnaissance et les recueillit chez lui lorsqu'elles devinrent pauvres et âgées.

Rapidement, Vauquelin combla les lacunes de son instruction et commença à se consacrer à la recherche grâce à Fourcroy qui l'avait embauché dans son laboratoire avec un salaire de 100 écus par an, nourri et logé. Il devint pharmacien en 1792. La collaboration entre les deux hommes fut très fructueuse et dura de longues années. Son premier travail était relatif à la combustion du phosphore. S'il acquit la renommée pour ses travaux de chimie analytique, dont la découverte et l'isolement du chrome sont sans doute les plus connus, Vauquelin fit également, sur les propriétés de nombreux corps, des recherches nouvelles qui firent l'objet de 180 publications. Nous avons vu qu'il découvrit la glucine et l'iridium. Il apporta également des renseignements précieux sur l'or, l'iode, la composition des aluns, de minerais de fer, l'analyse des fontes et des aciers, le salpêtre, l'identité de composition de la calcite et de l'aragonite, les étains et leur attaque par le vin et le vinaigre... On lui doit aussi de nombreux travaux dans les domaines de la chimie agricole et de la chimie animale. En chimie végétale, il analysa le tamarin, la belladone, le tabac, le seigle ergoté, le riz, la cannelle, l'oignon, la carotte, diverses sortes de champignons, la pomme de terre... Il rédigea des mémoires sur la sève des végétaux, les pollens, le sucre, l'acide citrique. En chimie animale, il fit l'analyse du sang, de l'urine, de la bile, des larmes, de la salive, du lait, de la sueur, du sperme. Avec Fourcroy, il étudia le principe fondamental de l'urine auquel il donna le nom d'"urée". Ses recherches sur les cheveux ont mis en évidence l'existence d'une matière colorante dont la disparition de la sécrétion conduit à l'apparition des cheveux blancs. Balzac utilisa la grande réputation de Vauquelin en le faisant intervenir sous son vrai nom, dans son roman César Birotteau, l'homme qui inventa "l'huile céphalique".

Vauquelin était déjà un chimiste renommé lorsqu'il fut affecté, comme pharmacien aide-major, à l'hôpital de Melun, puis comme commissaire du Comité de Salut public pour la fabrication du salpêtre. C'était la guerre. En 1793, il parcourut le pays et réussit à faire fabriquer les milliers de tonneaux dont les armées de la République avaient le plus grand besoin. La même année, il était élu membre de l'Académie royale des sciences, le dernier à être élu dans cette Académie supprimée par la révolution. Et il fut, en 1795, le premier élu à la nouvelle Académie des sciences dont il devint président en 1819. La même



NICOLAS LOUIS VAUQUELIN (1763-1829)
(dessin d'Alice Richardson).

année, il était élu membre de l'Académie de médecine. Au cours de sa carrière exceptionnelle, il fut successivement professeur à l'École polytechnique, Inspecteur général des Mines puis professeur à l'École des mines, professeur de chimie appliquée aux arts au Jardin des plantes, titulaire de la chaire de chimie au Collège de France, directeur de l'école de pharmacie de Paris de 1804 jusqu'à sa mort en 1829. Reçu docteur en médecine en 1811, il succéda à Fourcroy comme professeur à la Faculté de médecine à la mort de celui-ci.

Il subit un seul échec. On refusa, en 1802, de le nommer directeur du bureau de garantie pour les monnaies d'or et d'argent à l'Hôtel des Monnaies. Il écrivit alors, et publia anonymement, un manuscrit "L'Art de l'Essayeur". Lorsque l'auteur fut découvert, Vauquelin obtint aussitôt le poste qu'il convoitait. Il fut l'un des premiers membres de la Légion d'Honneur. Napoléon l'annoblit. Son blason de chevalier de l'Empire portait trois creusets.

En 1822, Louis XVIII fit dissoudre l'École de médecine dont il trouvait que les professeurs soutenaient les idées libérales des étudiants. Lui qui était foncièrement républicain et libéral fut marqué par cette décision. Il regagna bientôt son village natal et fut élu député du Calvados en 1827. Il était l'hôte du châtelain, ce qui aurait ravi sa mère si elle l'avait su. Il mourut le 15 novembre 1829 dans une chambre du

donjon du château, à la suite d'un refroidissement contracté pendant une promenade à cheval.

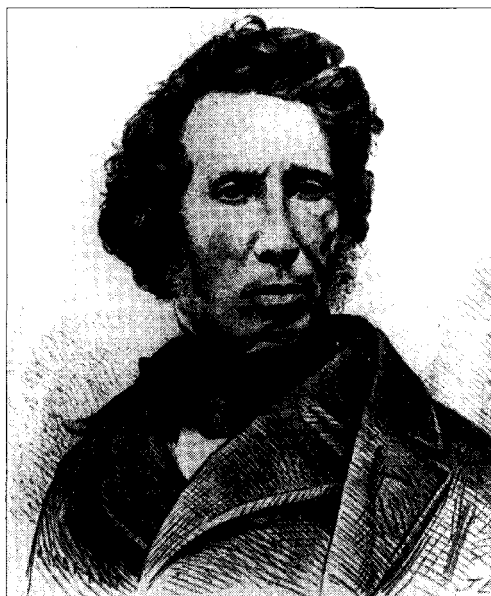
Vauquelin était un homme modeste, timide et très cultivé. Il était aussi fidèle à ses idées et courageux. C'est lui qui alla un jour, revêtu de son habit d'Académicien, sortir de prison son élève Mathieu Joseph Orfila (1787-1853), arrêté sur les ordres de Napoléon comme tous les Espagnols demeurant alors en France. Orfila, naturalisé français, devait devenir par la suite un toxicologiste célèbre et l'un des fondateurs de la médecine légale. On parla beaucoup de lui au moment de "l'affaire Lafarge".

À l'occasion de la célébration du bicentenaire de la naissance de Vauquelin, Georges Champetier (1905-1980), professeur à la faculté des sciences de Paris, directeur de l'E.S.C.P.I., écrivit : *« Savant modeste et sans passion dans ses écrits, aimant la simplicité dans sa vie comme dans ses travaux et dans l'exposé de ses recherches, Nicolas Vauquelin a cependant marqué de son empreinte tous les domaines de la chimie de son époque. Analyste exceptionnel, n'ayant confiance que dans les faits, il répugnait aux théories nouvelles, s'en tenant à celles de Lavoisier et de Fourcroy. Aussi, son œuvre a surtout un caractère expérimental. Mais les faits qu'il a solidement établis ont servi de base pour de nombreux développements ultérieurs »*.

Friedrich WÖHLER

Le père de la synthèse organique

Né le 31 juillet 1800 à Eschersheim dans la région de Francfort-am-Main, Wöhler entra au "Gymnase" de cette ville à l'âge de 14 ans et fut un élève moyen. Il s'intéressait à beaucoup de choses, les poètes, la peinture, les ruines romaines et surtout aux minéraux et à la chimie. A 19 ans, il s'inscrivit à la faculté de médecine de Marbourg qu'il quitta au bout d'un an pour aller à celle d'Heidelberg. En 1823, il devint docteur en médecine, chirurgie et obstétrique. Sur les conseils du professeur Léopold Gmelin qui créa le célèbre "Traité de Gmelin" dans lequel étaient publiés régulièrement les résultats des chimistes, il abandonna la médecine pour la chimie. Aussitôt, il demanda à Berzélius de l'accepter dans son laboratoire. La réponse fut : *« Celui qui a étudié sous la direction de M. Léopold Gmelin trouvera certainement peu à apprendre chez moi (...) Vous pouvez venir quand vous voudrez »*. Wöhler demeura un an dans ce laboratoire, mais le grand chimiste suédois eut une influence sur lui pendant toute sa vie. Leur correspondance est une source précieuse pour connaître l'histoire de la chimie.



FRIEDRICH WÖHLER (1800-1882).

Les recherches de Wöhler concernent la chimie minérale et la chimie organique. A son arrivée chez Gmelin, il travaille sur les composés cyaniques qu'il avait commencé à étudier en préparant sa thèse. A son retour de Suède, il est nommé professeur à Berlin. Il faut noter qu'ayant appris le suédois, Wöhler entreprit la traduction des écrits de Berzélius, tâche qu'il poursuivit pendant longtemps. C'est en 1828 qu'il réussit la synthèse de l'urée, l'une de ses deux grandes œuvres, par simple isomérisation du cyanate d'ammonium. C'est à ce titre qu'il est considéré comme le père de la synthèse organique. Il s'agissait d'un résultat remarquable, dont certains disaient qu'il était dû au hasard, d'autant plus que le Grand Maître de l'époque, Berzélius, avait dit que la synthèse des composés existant dans les substances qui constituent la nature vivante était impossible sans la présence d'une "force vitale", contrairement aux composés minéraux qui constituent la nature morte. Souvent en collaboration avec son ami Liebig, il travailla dans le domaine des alcaloïdes, des quinones, des acides urique et cyanhydrique... La seconde grande œuvre de Wöhler est la préparation de l'aluminium, qu'il obtint sous forme pulvérulente par action du potassium sur le chlorure d'aluminium. Il réussit à isoler le béryllium par la même méthode.

En 1831, Wöhler est nommé professeur à l'université de Cassel et en 1836 à celle de Göttingen où il termina sa carrière universitaire. Son "Précis de chimie" traite de chimie minérale (1831) et organique (1840). Il mourut le 9 octobre 1882.

Charles Adolphe WÜRTZ L'apôtre des théories nouvelles

Il naquit le 26 novembre 1817 à Wolfisheim, près de Strasbourg. Son père était pasteur de l'église Saint-Pierre le Jeune. Après des études secondaires au gymnase protestant de Strasbourg, il s'inscrivit à la Faculté de médecine où il commença à étudier la chimie chez le professeur Caillot dont il devint le préparateur en 1839. Docteur en médecine en 1843, il fit un séjour d'un semestre à Giessen chez Liebig, puis vint à Paris où il put entrer dans le laboratoire de J.B. Dumas, qui le fit nommer préparateur peu de temps après. En 1847, il était reçu à l'agrégation, puis chargé de cours, en 1849, quand Dumas devint sénateur. Avec deux amis chimistes, il créa même un laboratoire privé, mais sans grand succès, et qui ne dura que deux ans.

En 1853, à la mort d'Orfila, il était nommé professeur de chimie médicale puis, ultérieurement, doyen de la Faculté. En 1880, il devenait titulaire de la chaire de chimie organique qui venait d'être créée à la Sorbonne où il resta jusqu'à sa mort. Il avait été élu membre de l'Académie de médecine en 1856 et de l'Académie des sciences en 1867. C'était un éminent professeur, dont beaucoup parmi ses élèves devinrent de grands chimistes, un travailleur acharné, un homme bon et très convivial. Mais, avant tout, ce fut l'apôtre de la théorie atomique, le défenseur et le continuateur des théories de Gerhardt et de Laurent, contre Dumas, Sainte-Claire Deville et Berthelot, notamment. Dans la préface de ses "Leçons élémentaires de chimie moderne" dont la première édition parut en 1875, Würtz écrit : *« Les éditions de ce petit livre se succèdent rapidement, bien que les doctrines qu'il expose et la méthode qu'il essaye de propager soient bannies de l'enseignement officiel. A quelques exceptions près, ce dernier a maintenu le cadre et l'esprit des programmes tracés il y a trente ans. Expriment l'état de la science à cette époque déjà lointaine, ces programmes, d'ailleurs bien rédigés, ont besoin d'être modifiés aujourd'hui. Dans tous les pays d'Europe, excepté dans le nôtre, on a tenu compte, pour l'enseignement élémentaire de la chimie, des progrès accomplis de nos jours dans toutes les parties de cette science. Les idées qui se sont fait jour sur la constitution des composés organiques et sur le mode de combinaison de leurs éléments ont été étendues aux combinaisons minérales elles-mêmes, et ont cimenté l'alliance entre la chimie minérale et la chimie organique. A la base de ces idées se trouve une hypothèse célèbre, celle des atomes, hypothèse conçue dans l'antiquité, renouvelée dans les temps modernes et à laquelle les découvertes qui ont constitué la chimie à la fin du dernier*



CHARLES ADOLPHE WÜRTZ (1817-1884).

siècle ont donné, au commencement du nôtre, une expression nouvelle et une forme précise. Elle s'applique avec un égal bonheur à l'explication des phénomènes chimiques tels qu'ils nous apparaissent aujourd'hui, et à l'interprétation des faits concernant les divers états de la matière et les changements que lui font éprouver les agents physiques. La théorie atomique sert donc de lien entre la chimie et la physique, les deux sciences qui s'occupent de la constitution de la matière... Elle n'est qu'une hypothèse, mais elle offre un caractère de simplicité et de généralité qui lui assure la vraisemblance et par conséquent l'autorité, et qui en fait un instrument des plus efficaces pour la découverte des vérités scientifiques et pour l'amélioration des méthodes d'enseignement».

C'est Würtz qui découvrit les amines, fit la synthèse du glycol, de la choline, de l'aldol, et de bien d'autres composés organiques. Il publia plusieurs traités de chimie, un dictionnaire de chimie pure et appliquée qui eut un grand succès, un traité de chimie biologique et la théorie atomique, en 1878. Il créa le "Bulletin de la Société Chimique de France" en 1858.

Dans l'avant-propos de son "Dictionnaire de chimie", en 1869, il écrivit : «*La chimie est une science française; elle fut constituée par Lavoisier d'immortelle mémoire*».

Il mourut le 12 mai 1884.



6

QUELQUES TECHNIQUES FÉCONDES POUR L'EXPÉRIMENTATION NÉES AU DIX-NEUVIÈME SIÈCLE

LA PILE ÉLECTRIQUE

LUIGI GALVANI (1737-1798) ÉTAIT PROFESSEUR d'anatomie à l'université de Bologne. Il s'intéressait en particulier à l'irritabilité nerveuse des grenouilles, et, dans ce but, était amené à dépouiller ces pauvres animaux. Un jour de 1780, un de ses collègues utilisait, dans la même pièce du laboratoire, une machine destinée à produire des étincelles. L'un des aides du professeur toucha avec la pointe de son scalpel le nerf mis à nu de la grenouille, et les membres inférieurs de l'animal se contractèrent. Lucia, la femme de Galvani, observa que les contractions ne se produisaient à distance que lorsqu'on tirait une étincelle de la machine à frottement qui fournissait la seule électricité que l'on savait produire alors. Le phénomène dont il s'agit était déjà connu des physiciens sous le nom de "choc en retour". Il apparaît notamment pendant la décharge d'un nuage orageux.

Galvani poursuivit ses recherches, et, en 1786, pour étudier l'influence de l'électricité atmosphérique sur les mouvements de la grenouille par temps calme, il accrocha l'animal écorché à un fil de cuivre fixé à son autre extrémité sur le balcon en fer de la terrasse. Comme il ne se passait rien, il frotta le fil de cuivre contre le balcon pour améliorer le contact entre les deux métaux et observa la contraction des muscles de la grenouille lorsque celle-ci touchait également le fer. Et il n'y avait pas d'électricité dans l'air ! L'influence de l'électricité extérieure étant éliminée, il en déduisit que c'était "l'électricité animale" qui était responsable du phénomène.



LUIGI GALVANI (1737-1798).



ALESSANDRO VOLTA (1745-1827).

Alessandro Volta était professeur de physique à l'université de Pavie. Il s'était déjà signalé en inventant des appareils électriques tels que l'électrophore, l'électroscope, l'eudiomètre. L'interprétation du phénomène donnée par Galvani n'était pas de nature à le satisfaire. Il pensait qu'il s'agissait d'«*électricité métallique*» et disait : «*Lorsque deux métaux différents sont au contact l'un de l'autre, par suite de ce contact, par l'effet de cette hétérogénéité de nature, il y a développement d'électricité*».

La controverse entre partisans de l'une et de l'autre théorie dura plusieurs années. Un physicien italien, Jean Fabroni (1752-1822), proposa une explication fondée sur l'existence de réactions chimiques qui s'avérèrent proches de la vérité mais furent rejetées à l'époque. Volta décida alors de se passer de grenouille. Il construisit un appareillage constitué par l'empilement de séquences de trois rondelles placées toujours dans le même ordre : une de cuivre, une de toile imbibée d'eau saline et une de zinc. Il pouvait y avoir par exemple 20 séquences superposées. Une «*pile*» était ainsi constituée. Si la rondelle inférieure était en cuivre, la rondelle supérieure était en zinc. Le fait de toucher en même temps les deux extrémités de la pile, c'est à dire de fermer le circuit, provoquait une décharge qui peut être violente lorsque le nombre de séquences dépasse 20, soit environ 20 volts avec le cuivre et le zinc. La «*pile*» électrique fournit non plus une décharge unique comme la bouteille de Leyde, mais une décharge continue. Il passe un

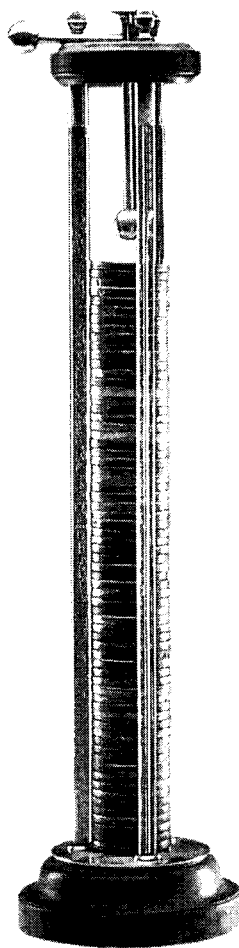
courant électrique continu. Le nom de "pile" a été donné par la suite à tout générateur d'énergie.

La découverte fit l'objet d'une lettre de Volta lue à la Royal Society de Londres par son président Sir Joseph Banks (1743-1820), le 20 mars 1800. Les physiciens français étaient demeurés assez indifférents aux recherches sur le galvanisme. Cependant, Bonaparte, membre de l'Institut, invita Volta à Paris pour répéter ses expériences au cours d'une séance de l'Académie. Le Consul créa également une commission chargée de reproduire les expériences de Volta et de lui donner son avis sur l'opportunité d'attribuer une médaille d'or à leur auteur. Cette commission était composée de Laplace, Coulomb (1736-1806), Halle (1754-1822), Monge, Fourcroy, Vauquelin, Charles (1746-1823), Brisson (1777-1828), Guyton de Morveau et Biot. C'est ce dernier qui fut l'auteur du remarquable rapport de synthèse qui s'ensuivit, dans lequel la théorie de la force électromotrice était exposée pour la première fois. Elle fut très utile et conduisit plus tard à l'interprétation du mode de fonctionnement des piles.

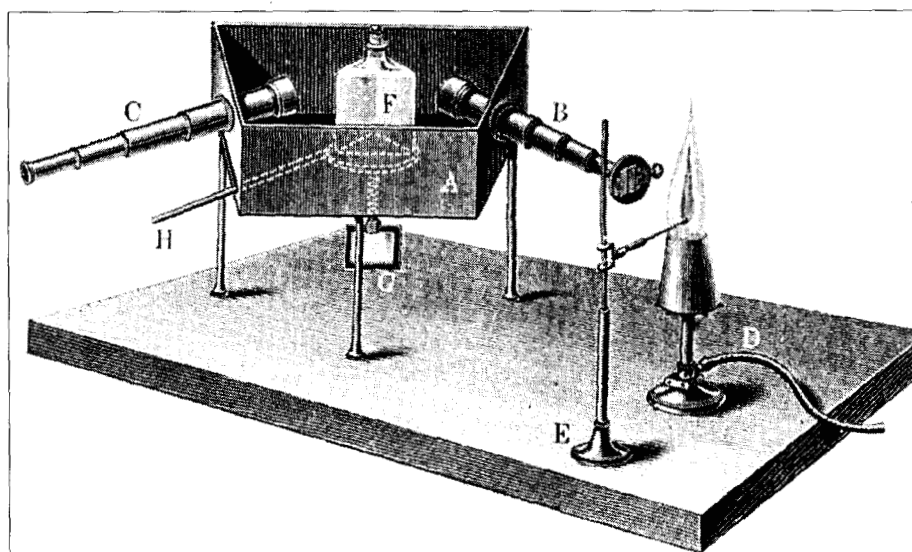
L'utilisation de la pile se développa de manière considérable et les résultats si spectaculaires obtenus par les chimistes, notamment dans la recherche d'éléments nouveaux, attirèrent l'attention du monde politique et même du grand public. Ainsi, Napoléon offrit à l'École polytechnique une batterie de 500 éléments, et une collecte faite dans son pays permit à Davy de disposer d'une batterie de 2000 éléments.

Volta, malade, dut abandonner ses fonctions de professeur à Pavie. Il se retira à Côme, sa ville natale, où il mourut en 1827. Quant à Galvani, il tomba vite dans l'oubli. Ayant refusé de prêter serment à la République Cisalpine créée par Bonaparte en 1797, il fut écarté de sa chaire de professeur puis réintégré quelques mois plus tard. Très désabusé, il mourut peu de temps après à Bologne, en 1798.

Madame Claude Duboc-Chabanon a proposé récemment des piles très simples destinées à sensibiliser à l'électrochimie les élèves de l'enseignement secondaire, par exemple la pile "doigt" (zinc-doigt-cuivre) ou la pile "au fromage" (zinc-fromage fondu-cuivre), capables de faire fonctionner une diode lumineuse.



LA PILE DE VOLTA
(1800).



LE PREMIER SPECTROSCOPE DE KIRCHHOFF.

Le système dispersif est un flacon triangulaire F contenant du sulfure de carbone entouré d'une boîte A formant écran. La lumière incidente arrive par le collimateur B; on l'observe par la lunette C. Le support E permet d'introduire, dans la flamme du brûleur D, la substance à étudier.

L'ANALYSE SPECTRALE

C'est grâce à Johannes Kepler (1571-1630) et à Sir Isaac Newton (1643-1727) que l'on sait que la lumière est en fait un mélange de lumières colorées. Le prisme permet de séparer ces radiations qui ont des longueurs d'ondes différentes. L'usage du spectroscopie, ou du spectrographe, fut d'abord réservé aux astronomes.

Joseph Fraunhofer (1787-1826) était né dans une famille pauvre. Il avait été placé comme apprenti chez un opticien de Munich. Un jour, la maison où il demeurait s'écroula et, bien que sérieusement blessé, il fut le seul survivant. L'électeur de Bavière, pris de pitié, donna 18 ducats au jeune garçon. Celui-ci entra à 19 ans dans une grande fabrique de verrerie et de matériel scientifique, et, trois ans plus tard, il en était l'un des directeurs. Après avoir apporté différents perfectionnements au spectroscopie, notamment en ajoutant au prisme une petite lunette qui permettait d'avoir du spectre une vision très nette, et aussi en remplaçant l'effet de dispersion du prisme par l'effet de diffraction d'un réseau, il eut l'idée d'examiner l'une des couleurs séparées par le prisme. Il constata alors que le spectre solaire était traversé d'un grand nombre de "raies" sombres, les "raies de Fraunhofer", fixes les unes par rapport



GUSTAV ROBERT KIRCHHOFF (1824-1887)



ROBERT WILHELM BUNSEN (1811-1899)

aux autres. Par contre, le spectre de Sirius donnait quelques raies différentes de celles observées dans la lumière solaire. Avec des lumières artificielles produites par des flammes, il observa la présence de deux raies brillantes et nota que l'addition de traces de sodium dans une flamme suffisait à les faire apparaître. Mais l'origine des raies n'était pas encore connue.

C'est à deux allemands, Robert Guillaume Bunsen et Gustave Robert Kirchhoff, que l'on doit la création de l'analyse spectrale. Le premier, après des études à Göttingen complétées à Berlin, Paris et Vienne, devint professeur de chimie à l'université d'Heidelberg et le second professeur de physique dans la même université. Unissant leurs efforts, ils perfectionnèrent le spectroscopie en étalant le spectre, ce qui permettait un repérage plus facile des raies, et améliorèrent le générateur de flammes grâce à la création du fameux "bec Bunsen". En mettant successivement dans la flamme différents corps, Kirchhoff vit apparaître dans le spectre des raies de positions précises et souvent de couleurs différentes : raie jaune pour le sodium, rouge pour le lithium, etc... Il en dressa l'inventaire et constata qu'il y avait coïncidence entre les raies de ces métaux et certaines raies du spectre solaire. Il déduisit de ses observations, d'une part que le soleil contenait tous les métaux connus sur terre et, d'autre part, que lorsqu'une raie apparaissait dans un spectre, cela signifiait que la flamme contenait le métal correspondant, sodium pour la raie jaune dont nous avons parlé, rouge pour le lithium.

Mais, pourquoi les raies du spectre solaire sont-elles sombres ? Dans leur publication "Recherches sur le spectre solaire et sur les spectres des éléments chimiques", Kirchhoff et Bunsen indiquent, en

1860. que si un rayon lumineux traverse un écran de gaz constitué par l'atmosphère solaire avant d'atteindre le spectroscope, ce gaz absorbe, dans le spectre de ce rayonnement, les radiations qu'il émet. L'analyse spectrale était née. La découverte du césium et du rubidium, due à Bunsen et Kirchhoff, fut la première application de la méthode, suivie bientôt par beaucoup d'autres. Grâce aux travaux de Sir John Herschel (1792-1871), fils de l'astronome William Herschel, l'existence des rayonnements infra-rouge et ultra-violet fut démontrée.

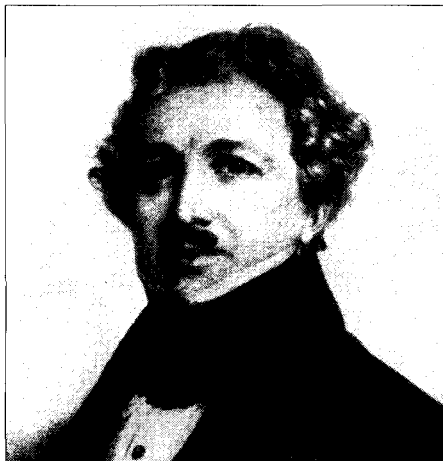
Les deux savants allemands devaient s'illustrer dans d'autres domaines, le premier avec la pile voltaïque qui porte son nom, les calorimètres à glace et à vapeur et le fameux bec Bunsen, conçu pour donner une flamme incolore nécessaire pour ses recherches. Dans le premier mémoire qu'il publia, il avait démontré que l'hydrate ferrique fraîchement précipité est un antidote contre l'intoxication par l'arsenic. Le second savant, dont on a dit que c'était la plus grande découverte de Bunsen, est resté célèbre grâce à ses "lois de Kirchhoff" sur les courants dérivés et celle sur le "pouvoir émissif" et le "pouvoir absorbant" qui conduit au concept du "corps noir".

Bunsen était un savant d'une très grande modestie qui ne parlait jamais de ses travaux à la première personne, mais disait toujours: «*On a découvert*». Il reçut de nombreuses décorations et distinctions, notamment celle de membre correspondant de l'Académie des sciences française en 1853 et membre associé étranger en 1882. Il disait: «*Ces choses avaient une valeur pour moi car elles faisaient plaisir à ma mère; mais elle est morte maintenant*».

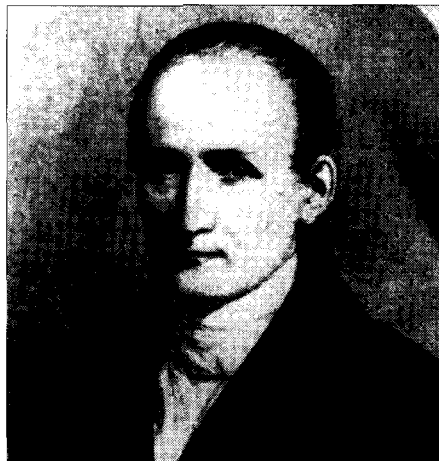
La possibilité de conserver une trace des images observées, grâce à la photographie récemment inventée, amena la transformation du spectroscope en spectrographe, qui permet l'analyse différée des spectres obtenus, en particulier si leur apparition est brève comme dans le cas du spectre d'étincelle.

LA PHOTOGRAPHIE

Le premier procédé permettant la fixation d'images sur plaques (daguerréotypes), est dû à la collaboration de Nicéphore Niepce (1765-1833) et Louis Daguerre (1789-1851). Il fut présenté en 1839 à l'Académie des sciences par Arago (1786-1853) qui illustra son exposé avec des vues d'une galerie du Louvre, de ponts de la Seine et du boulevard du Temple prises par Daguerre et lui-même. C'était après la mort de Niepce. Celui-ci avait réussi à impressionner par la lumière une plaque recouverte de chlorure d'argent, mais il ne savait pas la "fixer".



LOUIS JACQUES MANDÉ DAGUERRE
(1789-1851).



NICÉPHORE NIEPCE
(1765-1833).

Un nouveau procédé consistait à recouvrir une plaque de cuivre argenté d'une couche jaune-or d'iodure d'argent. Après exposition, la plaque était placée dans la vapeur de mercure chauffé à 60°C. Le mercure se fixait sur l'argent résultant de la décomposition de l'iodure aux endroits touchés par la lumière. L'image qui était "latente" devenait ainsi "révélée". Pour la fixer, il fallait éliminer l'iodure d'argent en excès avec une solution de NaCl. L'astronome Sir John Herschel recommanda pour la fixation de l'image l'utilisation d'hyposulfite de sodium dont l'action est beaucoup plus sûre et plus rapide.

Niepce était un mécanicien dont les travaux sur le moteur à combustion interne avait retenu l'attention des milieux scientifiques. Il ne considérait ses recherches sur ce que l'on appelle maintenant la photographie que comme un violon d'Ingres. Daguerre était un peintre connu, spécialisé dans l'exécution de décors d'opéras et de dioramas. L'utilisation de chambres noires l'amena à chercher à fixer les images données par ces chambres, ce qui permit à l'opticien Charles-Louis Chevalier (1804-1859), connu pour ses travaux sur le microscope, de le mettre en rapport avec Niepce.

Le procédé fut acheté par l'Etat et il entra directement dans le domaine public. Arago, qui avait beaucoup contribué à la prise de cette décision, déclara que la France le donnait libéralement au monde. Daguerre et le fils de Niepce recevaient une rente. La technique évolua rapidement par la suite, notamment grâce à la réalisation de négatifs par l'anglais W.H.F. Talbot (1800-1877), et par l'utilisation de supports nouveaux, surtout le verre, par Abel Niepce de Saint-Victor (1805-1870), neveu de Niepce.

LES HAUTES TEMPÉRATURES

Même si ce n'est qu'une légende, on fait remonter la première utilisation spectaculaire des hautes températures à Archimède qui, en 212 avant J.-C., brûla, grâce à ses "miroirs ardents", la flotte romaine qui s'apprêtait à attaquer Syracuse. C'était une utilisation de l'énergie solaire. Longtemps après, Buffon (1707-1788) reprit la méthode en brûlant un tas de bois à 65 m de distance, puis Lavoisier fondit différents métaux avec des "miroirs ardents". Ce n'est qu'après un silence de 170 ans que l'énergie solaire recommença à intéresser les chercheurs.

Aux temps néolithiques, la combustion du bois ou du charbon constituaient alors les seules possibilités d'obtention de températures élevées qui pouvaient être de l'ordre de 500°C, voire 900°C; l'examen des poteries conservées jusqu'à l'époque actuelle en témoigne. Les flammes furent vraisemblablement utilisées par les égyptiens, les grecs et les romains. Les vestiges des villes montrent en effet l'existence de canalisations en plomb assemblées par soudage autogène.

Le chalumeau

Lavoisier avait montré que la combustion était une réaction chimique et le rôle qu'y jouait l'oxygène. Une application industrielle de cette réaction a été l'utilisation de la chaleur dégagée par combustion d'un mélange gaz-oxygène, la nature du gaz étant variable. Le premier chalumeau qui permettait la production de la flamme, n'apparut que trente ans après les travaux de Lavoisier Il était dû à R. Hare (1781-1858) qui, en 1801, présenta un chalumeau oxhydrique à la société chimique de Philadelphie. Il utilisait un mélange d'un volume d'oxygène pour deux volumes d'hydrogène. En 1859, les travaux qu'il poursuivait sur le platine avec Henri Debray, conduisirent Henri Sainte-Claire Deville à construire un chalumeau oxhydrique plus perfectionné et plus sûr, qui lui permit d'atteindre la température de 2500°C et de fondre aisément le platine. La société L'Oxhydrique fut fondée en 1896 à Bruxelles pour la fabrication de ce chalumeau. Cependant, l'utilisation de celui-ci ne prit pas alors un développement considérable, en dehors des laboratoires.

E. Desbassayns de Richemont (1800-1859) déposa, en 1838, un brevet intitulé: «*Description d'un nouveau procédé de soudure du plomb, nommé autogène, et d'un chalumeau à air et à hydrogène dit aérhydrique*». Il utilisait un mélange contenant un volume d'hydrogène pour deux volumes d'air. Il fit également des essais en substituant le gaz

d'éclairage à l'hydrogène. Cet appareil a permis la première application moderne du soudage autogène, du plomb en particulier, et servit également pour le brasage du cuivre. Georges Claude (1870-1960), physicien et industriel qui réalisa un procédé de synthèse de l'ammoniac sous très haute pression, le perfectionna en 1906.

Henri Le Châtelier indiqua, en 1895, que la chaleur dégagée au cours de la combustion d'un mélange équimoléculaire d'acétylène et d'oxygène était très élevée et qu'elle permettrait d'atteindre une température de 3000°C, soit environ 1000°C de plus que celle de la flamme oxyhydrique. Un chalumeau oxyacétylénique fut donc construit auquel, petit à petit, l'ingénieur Charles Picard apporta des améliorations, notamment afin de rendre son utilisation sans dangers. Finalement, on utilisait de l'oxygène comprimé en bouteille métallique et de l'acétylène dissous dans l'acétone. Le succès de la flamme oxyacétylénique résidait dans le fait que, comme l'avait prédit Le Châtelier, elle est la plus chaude, la plus puissante par unité de surface, la plus réductrice, la plus aisément réglable et la plus économique de toutes les flammes que donne l'oxygène avec les combustibles usuels. C'était, jusque vers les années 1950, l'une des sources de chaleur les plus chaudes connues. Le chalumeau hydrogène-fluor permet d'atteindre une température de l'ordre de 4500°C.

Depuis 1951, il existe ce que l'on appelle des chalumeaux à plasma dans lesquels la très haute température est obtenue par l'impact du plasma qui communique son énergie au matériau situé devant la chambre de production. La température de ce plasma est de plusieurs milliers de degrés Celsius. Rappelons qu'un plasma, qu'on a quelquefois appelé le quatrième état de la matière, est constitué de particules neutres, molécules ou atomes, et de particules chargées, ions et électrons.

Le four électrique

La découverte de la pile électrique avait suscité un grand enthousiasme parmi les savants et provoqué des recherches d'orientation nouvelle. Elles conduisirent à des résultats spectaculaires, notamment à la conception de l'arc électrique par Davy en 1808. Cependant, la puissance des générateurs électriques n'était pas assez élevée pour permettre d'effectuer certaines expériences. Il fallut donc attendre la naissance de la dynamo pour pouvoir envisager la construction de fours électriques. C'est William Siemens qui construisit le premier four dans lequel il put fondre différents métaux. Mais, c'est Moissan qui apporta au four des perfectionnements qui lui permirent d'atteindre 3500°C. Il écrivit : « Ce

qui différencie ce four électrique de ceux qui ont été employés jusqu'ici, c'est que la matière à chauffer ne se trouve pas en contact avec l'arc électrique, c'est à dire avec la vapeur de carbone. L'appareil que vous avez sous les yeux est un véritable four à réverbère».

En 1892, Moissan réussit à préparer des nitrures métalliques, mais surtout des carbures dont le carbure de calcium qui fut à l'origine d'une industrie très florissante, étant donné la propriété de ce carbure de donner de l'acétylène sous l'action de l'eau. Selon toute vraisemblance, il réalisa la synthèse du diamant (voir le paragraphe sur le carbone).

Des fours électriques à résistance de métaux précieux fonctionnant par effet Joule furent également construits vers la fin du siècle, notamment à résistance de platine, qui peuvent monter à 1600°C. et de rhodium, jusqu'à 1800°C.



*GENÈSE ET DÉVELOPPEMENT
DE L'ENSEIGNEMENT MODERNE DE LA CHIMIE*

LA DÉCOUVERTE DES ÉLÉMENTS JALONNE L'HISTOIRE de la chimie et a très largement contribué à l'édification de la pensée scientifique moderne. Elle a longtemps été à la base de la transmission du savoir qui s'est faite pendant plusieurs siècles de manière chaotique à cause de la rivalité opposant des organismes et des hommes. Plusieurs établissements ont été le creuset dans lequel s'est construite la culture chimique et où l'enseignement de la chimie s'est petit à petit développé.

LE JARDIN DU ROI

Le Jardin du roi a joué, depuis le XVII^{ème} siècle, un rôle important dans le développement des sciences, et de la chimie en particulier, en permettant à des savants de poursuivre leurs travaux de laboratoire, ou en donnant aux jeunes la possibilité de suivre les enseignements les plus modernes pour l'époque. Mais qu'était donc le Jardin du roi ?

Alors qu'il existait déjà au XVI^{ème} siècle un jardin botanique à Montpellier, Paris ne comptait que des jardinets dont l'existence n'était due qu'à l'initiative privée. On note toutefois, sur un plan datant de 1515 environ, la présence sur l'île de la Cité, à l'emplacement de l'actuelle place Dauphine, d'un tout petit jardin, créé par le botaniste Jean Robin (1550-1629), dont le fonctionnement était un peu subventionné par le roi.

Mais il existait un antagonisme profond entre la doctrine des professeurs de l'École de médecine, très traditionnelle, et celle des médecins de la Cour, plus novatrice. Il s'agissait donc pour certains scientifiques de créer un contrepoids à la puissance de la Sorbonne, très scolastique, en organisant d'autres centres de culture.

Sous l'impulsion de Guy de la Brosse (1586-1641), botaniste connu et ami d'Héroard (1551-1628), premier médecin de Louis XIII, le roi accepte, en 1626, de créer un Jardin des plantes médicinales. Héroard est nommé surintendant et Guy de la Brosse intendant. Le 23 février 1633, le roi achète le terrain appelé "Clos Cloypeau" situé dans le faubourg Saint-Victor, donnant sur l'actuelle rue Geoffroy Saint-Hilaire, non loin de la "rivière" où les belles dames viennent en carrosse pour assister aux ébats nautiques :

La porte Saint-Bernard, fameuse par ses bains,
A, pour les attirer, certains tritons humains
Qu'expose à leurs regards, ou l'onde ou le rivage.
Leurs cœurs vers ces objets se rendent à la nage.

Les travaux durent cinq ans. En 1641, le jardin compte 2360 espèces et son succès est éclatant. Malheureusement, Guy de la Brosse meurt cette année là. L'établissement est un jardin, mais aussi un lieu d'enseignement gratuit de botanique, zoologie, chimie et médecine. Les cours sont professés en français, ce qui constituait une nouveauté très appréciée. Aucun diplôme n'est décerné. Bouvard succède à Héroard dans les fonctions de surintendant où l'on trouve un certain Pierre Chirac (1650-1732), premier médecin de Louis XV, en 1718.

Le grand intendant, celui à qui l'on doit l'essor considérable du Jardin du roi, fut Georges Louis Marie Leclerc, devenu plus tard comte de Buffon par la grâce du roi Louis XV. Il était né en 1707 à Montbard, en Côte d'Or, où son père était président du grenier à sel. Après des études à Angers puis à Genève, il eut la chance de faire la connaissance du duc de Kingston qui parcourait l'Europe, se joignit à lui, apprit l'anglais et fut initié à l'entomologie et à la botanique par le précepteur du duc qui les accompagnait. Très entreprenant, il acheta, près de Montbard, le domaine de Buffon. La présence à proximité d'un gisement de minerai de fer l'incita à monter une entreprise métallurgique et à rechercher une nouvelle méthode de traitement du minerai local qui était de médiocre qualité. L'entreprise se développa. Il employa jusqu'à 400 ouvriers.

Buffon vivait en été à Montbard et en hiver à Paris où il fit la connaissance de hauts personnages tant dans le milieu économique que scientifique. Il participa à des recherches dans des domaines variés touchant les mathématiques, la chimie, la botanique, l'agronomie et entra à l'Académie en 1733, en tant que mécanicien. C'est alors que ses rela-



GEORGES MARIE LECLERC, COMTE DE BUFFON
(1707-1788).

tions lui permirent d'être, en 1739, nommé intendant du Jardin du roi à la succession de Dufay (1698-1739), subitement décédé.

Buffon va mettre son génie d'homme d'affaires au service d'une œuvre désintéressée. Il réussit à racheter des parcelles jouxtant le jardin, développe les collections, améliore les enseignements. Il a en Louis Jean Marie d'Aubenton, dit Daubenton (1716-1800), médecin à Montbard, qu'il fait venir à Paris et qui devient trois ans après, en 1745, garde du cabinet du roi (le "droguier"), un collaborateur hors de pair. Le succès du Jardin du roi est considérable et Buffon est connu dans l'Europe entière. Il décide alors de rédiger une "Histoire naturelle générale et particulière" avec l'aide de spécialistes, car il n'est pas un véritable naturaliste, en se réservant le plan, les généralités, les vues systématiques. C'est à Daubenton qu'il confie la partie anatomique et descriptive. 38 volumes paraîtront. La rédaction de ces ouvrages est remarquable. Jean-Jacques Rousseau dira de Buffon : *«Je lui crois des égaux parmi ses contemporains, en qualité de penseur et de philosophe; mais, en qualité d'écrivain, je ne lui en connais aucun. C'est la plus belle plume de son siècle»*. Et Cuvier : *«Pour l'élévation du point de vue où il se place, pour la marche forte et savante de ses idées, pour la pompe et la majesté de ses images, pour la noble gravité de ses expressions,*

pour l'harmonie de son style dans les grands sujets, il ne peut être égalé par personne». Il mourut de la gravelle en 1788.

Deux intendants succédèrent à Buffon avant le changement de nom du Jardin. Ils n'étaient pas naturalistes et ne durent leur nomination qu'à leurs relations. Il s'agit de Charles Claude de Flahaut, comte de la Billarderie d'Angiviller en 1788 et Jacques Henri Bernardin de Saint-Pierre (1737-1814), l'écrivain auteur de "Paul et Virginie", qui avait été ingénieur des Ponts et Chaussées.

Pendant la Révolution, le Jardin du roi, devenu Jardin des plantes, est l'objet du vandalisme; les trésors qu'il contient ne sont plus en sécurité et il est question de le supprimer, comme d'autres institutions. C'est alors qu'intervient Joseph Lakanal (1762-1845), député de l'Ariège, membre de la commission d'instruction publique. Il réussit à convaincre la Convention nationale de l'intérêt scientifique et culturel qui rend indispensable le maintien de l'existence du Jardin. «*L'arbre de la liberté serait-il le seul qui ne pût pas être naturalisé au Jardin des plantes?*». dit-il en conclusion de son discours. Le décret porte :

- 1: L'établissement sera nommé à l'avenir Muséum d'histoire naturelle.
- 2: Le but principal de cet établissement sera l'enseignement public de l'histoire naturelle, prise dans son étendue, et appliquée particulièrement à l'avancement de l'agriculture, du commerce et des arts.

La réunion des professeurs, on ne dit plus désormais "officiers", élit Daubenton comme premier directeur du Muséum d'histoire naturelle, on ne dit plus intendant.

Le premier cours de chimie donné au Jardin du roi eut lieu le 23 juillet 1648, à six heures du matin. Il passa inaperçu, car c'était la Fronde et Paris était en ébullition. Une affiche rédigée dans un style qui rappelle celui des bateleurs, disait : «*William Davisson, Ecossais, Conseiller et Médecin royal, directeur du Jardin royal des plantes médicinales, ouvrira les sources botaniques et chimiques aux amis des sciences et du savoir. Grâce à lui, ils verront l'accroissement de plus de 70 plantes d'une nouvelle série. Ils recevront son enseignement au sujet des animaux, des végétaux et des fossiles. William Davisson insistera beaucoup sur la préparation et l'utilisation de l'antimoine, parce que les mots ne suffisent pas pour qualifier sa nature si riche qui est le principe de la vie et qui renferme en lui le "Balsamus"¹ et la "Humia"² aux propriétés guérissantes. En vérité, en vérité, je vous le dis, il n'est pas sous le ciel de médicament plus magnifique*».

Davisson était né en Ecosse en 1593. Marié à une française, il vint en France, étudia la médecine et la chimie. Médecin de l'ambassadeur

1. Baume. 2. Humus.

d'Angleterre à Paris, il avait des relations dans le milieu aristocratique. Grâce à elles, il fut nommé médecin du roi, puis intendant des plantes médicinales et professeur de chimie au Jardin du roi en 1647, le premier d'une longue série. Il écrivit un ouvrage qui obtint un certain succès et fut le premier à parler de cristallisation d'un point de vue scientifique. En butte à l'hostilité de plusieurs collègues, il quitta Paris pour la cour de Pologne, en 1651, mais il n'y trouva pas ce qu'il y cherchait et revint à Paris. En 1669, il occupait les fonctions de premier maître d'hôtel à l'hôtel de Condé. Il mourut quelques années après. Son influence dans le domaine de la chimie fut inexistante.

Parmi les successeurs de Davisson dans la période allant jusqu'à la Révolution, il convient de citer Fagon (1638-1718), très érudit, brillant conférencier et neveu de Guy de La Brosse, qui formera des élèves, Nicolas Lemery (1645-1715) qui prôna l'expérience et le raisonnement et publia un "Cours de chymie" qui eut un succès extraordinaire. Louis Lemery fut également professeur mais n'atteignit pas la réputation de son père. Et puis, il y eut Fourcroy dont nous avons déjà parlé. Dans les différentes disciplines enseignées au Jardin ou au Muséum, un fils ou un proche parent succéda souvent à son père, son frère ou son oncle, par exemple la famille de Jussieu : trois fils d'un pharmacien de Lyon, tous botanistes, Antoine (1686-1758), Bernard (1699-1777), et Joseph (1704-1779). C'est Antoine-Laurent leur neveu commun qui fit connaître les travaux célèbres de Bernard qui n'avait rien publié. Adrien (1797-1853), fils d'Antoine-Laurent, fut également professeur au Jardin du Roi. Autre famille, les Becquerel, tous professeurs de physique au jardin : Antoine-César (1788-1878), l'un de ses fils Edmond (1820-1891) et le fils de celui-ci, Antoine-Henri (1852-1908), célèbre pour ses travaux sur la radioactivité, prix Nobel avec les Curie en 1903, et Jean (1878-1953), fils d'Henri.

A côté des professeurs, il y avait des démonstrateurs qui présentaient les expériences illustrant le cours. Parmi eux, il en est un qui eut une influence très grande dans la formation des chimistes, c'est Guillaume François Rouelle (1703-1770). Né à Mathieu près de Caen, il fit des études à Blois, commença par suivre les cours de médecine à Caen, puis abandonna cette discipline pour la chimie, car il était d'une grande sensibilité et ne supportait pas la vue du sang. C'était un homme original, généreux, haut en couleur, et qui ne vivait que pour la chimie. Sa distraction était légendaire. Il pouvait poursuivre son cours alors qu'il avait quitté l'amphithéâtre pour aller chercher un instrument dans une autre salle. Tout en parlant, il lui arrivait de jeter à droite ou à gauche sa cravate, sa perruque, pour être plus à son aise. Il écrivait mal, son langage était peu châtié, et il le savait : *«Je ne fais pas partie de*



GUILLAUME FRANÇOIS ROUELLE (1703-1770).

l'Académie du beau langage» disait-il. Cependant, il était difficile de trouver une place pour assister à ses leçons tant celles-ci étaient appréciées, et il avait été contraint d'instituer un système de tickets donnant le droit d'entrer. Il connaissait très bien la chimie de son époque, qu'il enseignait avec fougue, et fit des recherches de qualité, notamment dans le domaine des sels. Diderot, qui suivait son enseignement et était son ami, rédigea son cours d'après les notes qu'il prenait. Elles circulaient de mains en mains. Lavoisier fut un auditeur assidu et reconnaissant de Rouelle avec qui il eut des entretiens fréquents et qui l'encouragea vivement à poursuivre ses travaux. Son influence sur toute une génération de chimistes fut bénéfique pour le développement de la chimie. Le minéralogiste Brongniart le qualifia de «*Père de la Chimie en France*», et Diderot dit de lui : «*Monsieur Rouelle a répandu le goût de la saine Chymie en France*».

Hilaire Marin Rouelle (1718-1799), dit Rouelle cadet, succéda à son frère comme démonstrateur en 1770. A l'opposé de Rouelle aîné, il était méthodique et réservé mais, lui aussi, très apprécié des étudiants, et membre de l'Académie. Antoine Brongniart fut son successeur et le dernier démonstrateur du Jardin du roi. Il fit des recherches de qualité sur l'acide tartrique et ses composés, l'acide formique et d'autres corps organiques.

Le Muséum d'histoire naturelle compta par la suite, parmi ses professeurs de chimie, nombre de savants célèbres tels Vauquelin (1804), Chevreul (1830), Gay-Lussac (1832), Frémy (1850)...

LES PHARMACIENS ET LA CHIMIE

Dans son livre "Les grands pharmaciens", Paule Fougère écrit : « *Retracer l'histoire de la pharmacie, c'est un peu évoquer l'histoire de la chimie* ». On ne saurait contester cette opinion qui naît à l'évidence de la lecture des pages qui précèdent : pendant plusieurs siècles, l'apport des pharmaciens au développement de la chimie a été considérable, aussi bien en France qu'à l'étranger.

Selon Louis Liard (1848-1917), ancien recteur de l'université de Paris, la vieille Université ignorait toujours l'enseignement supérieur des sciences. Ainsi, les savants qui ont marqué le XVII^{ème} siècle se sont formés en dehors d'elle, le plus souvent par leur propre effort. L'Université se contentait d'enseigner à la faculté des Arts les rudiments de mathématiques, physique et astronomie. Le Collège de France et le Jardin du roi palliaient cette carence.

Mais comment les pharmaciens étaient ils formés ?

On sait que, 3000 ans avant J.-C., les Chinois et les Egyptiens se préoccupaient déjà de rechercher des médicaments. Au début de notre ère, ce sont les médecins qui préparent eux-mêmes les drogues qu'ils prescrivent. Mais le besoin se fait bientôt sentir de gérer l'utilisation de ces médicaments, dont le nombre augmente, et ce sont les moines apothicaires qui s'en chargent. A l'exemple des Arabes qui ont ouvert des officines dirigées par des spécialistes, de véritables apothicaires apparaissent, qui sont tout d'abord sous l'autorité des médecins. La scission entre médecine et pharmacie apparaît déjà, en principe, à la fin du XII^{ème} siècle, mais l'apothicaire reste soumis au contrôle du médecin.

Les apothicaires faisaient partie de la même corporation que les épiciers, ciriers et confituriers, mais chaque profession avait ses propres jurés. Elle assumait la formation des apprentis et prononçait leur admission à la maîtrise. De plus, la corporation s'était vue attribuer le contrôle des poids et mesures et la garde de l'étalon. C'était donc une corporation qui jouissait de la confiance des autorités. L'origine sociale et même religieuse exigée de l'apprenti varie avec les régions. Son stage dans une officine dure de deux à sept ans. Il s'agit d'une formation de caractère essentiellement pratique. Le stage est suivi d'un tour de France. Les examens se passent devant des médecins et des apothicaires, et se terminent par la réalisation d'un chef-d'œuvre, de cinq compositions pharmaceutiques et de la réponse à de nombreuses questions. Le nouveau lauréat prête alors serment. Au cours du XVII^{ème} siècle, des enseigne-



ENSEIGNEMENT DE LA PHARMACIE

d'après une gravure sur bois tirée du "Nouveau livre du véritable art de la distillation" de Jérôme Brunswick (1505).

ments de chimie et de sciences naturelles, assez élémentaires, sont organisés à la Faculté de médecine, au Jardin du roi, et même dans des cours particuliers dont le nombre va croissant, car c'est là seulement que l'on peut faire des "travaux pratiques". Des livres de pharmacie commencent à être écrits et, sous l'impulsion de Paracelse, la formule moderne des pharmacopées est mise au point. Le premier "Codex" parut en 1637, rédigé par des médecins. Dès le siècle suivant, ceux-ci abandonnent le travail aux pharmaciens qu'ils jugent plus compétents en la matière. Des revues scientifiques et médicales voient le jour aux XVII^e et XVIII^e siècles, l'Encyclopédie en 1751.

En 1500, les apothicaires (du grec *αποθηκη*, boutique) sont théoriquement séparés des épiciers, ciriers et confituriers, mais toujours soumis à la tutelle de la médecine. La date importante dans ce domaine est la déclaration royale de 1777 autorisant les pharmaciens à « *continuer, comme par le passé, à faire dans leurs laboratoires particuliers des cours publics d'études et démonstrations gratuits, pour l'instruction de*

leurs élèves dans leur laboratoire et jardin». La nouvelle corporation prend le nom de Collège de Pharmacie. En 1580, Nicolas Houel (1524-1587), avait largement devancé cette autorisation en organisant un enseignement public et gratuit de pharmacie au Jardin des plantes médicinales qu'il venait d'édifier rue de l'Arbalète à Paris. C'est dans ces locaux que s'installa vers 1777 le Collège de pharmacie puis, en 1808, l'école de pharmacie dont Vauquelin fut le premier directeur. Elle devait y rester jusqu'en 1880, date de son transfert avenue de l'Observatoire. Le Collège avait toute autorité pour travailler et décerner les grades indépendamment des médecins.

L'Assemblée nationale reconnut le Collège de pharmacie en 1791. Cet organisme fonctionna pendant toute la période de la révolution, sauf pendant dix-sept jours au cours desquels il fut supprimé puis rétabli à titre provisoire. Le nom "apothicaire" disparut au profit de "pharmacien", du grec φαρμακον, poison, remède. Le compagnonnage fut supprimé mais un stage en officine organisé durant les études. Deux catégories de diplômés sont alors créées : pharmacien de première classe et pharmacien de seconde classe selon que l'étudiant était ou non titulaire du baccalauréat. Cette disposition dura jusqu'en 1909. Comme celles de Montpellier et de Strasbourg, l'école de pharmacie de Paris fut rattachée à l'Université en 1840, appelée Ecole supérieure de pharmacie en 1846, et transformée en faculté en 1920.

Parmi les grands chimistes français ou étrangers qui étaient pharmaciens ou qui commencèrent à étudier la chimie dans une officine, on peut citer : Balard, Baumé, Berthelot, Bussy, Caventou, Courtois, Davy, Delépine, Dumas, Houel, Jungfleisch, Klaus, Lebeau, Lemery, Moissan, Mosander, Paracelse, Parmentier, Pelletier, Pelouze, Rouelle, Scheele, Vauquelin...

LA CHIMIE AU COLLÈGE DE FRANCE

Les enseignants du Collège de France ont joué un rôle très important dans le développement des recherches faites en France depuis plusieurs siècles dans tous les secteurs de la chimie. Comment et pourquoi cette institution a-t-elle été créée ?

En 1530, sur les conseils du grand humaniste Guillaume Budé (1467-1540), François I^{er} institua les "lecteurs royaux". L'esprit de la renaissance commençait à se répandre en Europe. La pensée qui se dégageait des oeuvres de l'antiquité grâce à l'imprimerie était ignorée sauf par quelques uns. Il était donc nécessaire de trouver des maîtres suscep-



GEORGES CUVIER (1769-1832).

tibles de la diffuser. L'université de Paris détenait le monopole de l'enseignement et se refusait à la moindre évolution de ses habitudes scolastiques. Le latin était la seule langue utilisée et parlée, alors que déjà, à Louvain par exemple, existait un "Collège des trois langues" où l'on traduisait les textes latins, grecs et hébreux.

Sans essayer de convaincre l'Université, c'eut été une tâche trop difficile, le roi institua six lecteurs royaux, deux pour le grec, trois pour l'hébreu, un pour les mathématiques et, en 1534, un pour l'éloquence latine. Le "Collège de France" était né, non sans qu'un procès n'ait été intenté aux lecteurs royaux par la Faculté de théologie, qui voulait leur interdire de lire et d'interpréter publiquement les Saintes Ecritures. Tout rentra dans l'ordre en 1534 grâce à la fermeté du roi. Le Collège, qui ne relevait que de lui, eut un très grand succès, notamment parce que les méthodes d'enseignement étaient très variées. Le nombre de cours augmenta, avec celui d'arabe sous Henri III et ceux de botanique et d'astronomie sous Henri IV, par exemple.

Il compte des enseignants renommés, comme le célèbre mécanicien appliqué Gilles Personne de Roberval (1602-1675), le physicien Joseph Sauveur (1653-1716), spécialiste des cordes vibrantes, le botaniste Joseph de Tournefort (1656-1708), et des auditeurs prestigieux comme Rabelais, Ignace de Loyola, Ronsard et les membres de la Pléiade. On note encore, vers la fin du XVIII^{ème} siècle, la création de deux chaires de médecine, une de langues orientales, une deuxième chaire de mathématiques, une de philosophie grecque et latine.



MARCELLIN BERTHELOT (1827-1907).

Le Collège est ouvert à tous. Pour être enseignant, il n'y a pas de grade universitaire imposé. Le professeur choisit comme il le veut les domaines dont il parlera dans le cadre de l'enseignement qu'il lui a été demandé de dispenser. Il s'agit souvent de matières ou de sujets nouveaux qui n'ont pas encore été présentés dans l'enseignement officiel. C'est ce qui a fait dire à Renan, qui fut administrateur du Collège de 1883 à 1892: «*le Collège est spécialement destiné à la science "en voie de se faire"*». Il n'y a pas d'inscription aux cours, pas d'examen, aucun diplôme n'est accordé aux auditeurs. Depuis quatre siècles, le Collège est resté fidèle à sa mission: travail indépendant et désintéressé.

La chimie fait son apparition dans l'enseignement en 1774, date à laquelle une chaire de chimie et sciences naturelles est créée. Jean Darcet (1725-1801), bien connu pour l'alliage à bas point de fusion qu'il mit au point, enseigne la chimie. Dès 1800, les deux disciplines sont logiquement dissociées. Cuvier se voit attribuer la chaire de sciences naturelles et Vauquelin celle de chimie. Celui-ci est remplacé par Thénard de 1804 à 1845. La chaire s'appelle ensuite "chimie minérale". C'est Pelouze qui l'occupe jusqu'en 1850, puis Balard (1876), Schützenberger (1897), Le Châtelier (1907), Matignon (1867-1934)... En 1865, une chaire de chimie organique est spécialement créée pour Berthelot qui l'occupe jusqu'à sa mort en 1907. Son successeur jusqu'en 1916 est Emile Jungfleisch (1839-1916), savant renommé, ancien préparateur de Berthelot, puis Moureu (1863-1929) et Delépine (1871-1965)... Depuis 1979, Jean-Marie Lehn (1939-), prix Nobel de chimie

en 1987 avec les américains Pedersen (1904-1989) et Cram (1919-) “pour l’élaboration et l’utilisation de molécules exerçant, avec une haute sélectivité, une interaction spécifique”, est professeur au Collège de France.

La Révolution n’a pratiquement rien changé au fonctionnement du Collège. Son nom évolua au cours du temps : Collegium Regium Galliarum, Collège national sous la Révolution, Collège impérial sous Napoléon, Collège de France depuis la III^{ème} République.

L’UNIVERSITÉ. LES FACULTÉS FRANÇAISES DES SCIENCES

Au cours du moyen-âge, l’Eglise toute puissante créa, près des cloîtres ou des monastères, de modestes écoles dont la direction était assurée par les évêques, et qui étaient destinées à la formation des clercs. Le roi, de son côté, ouvrait dans son Palais une école palatine pour les enfants de son entourage. On y étudiait, en latin, la grammaire, la rhétorique, la dialectique ainsi que la géométrie et la musique. Le nombre des écoles augmenta avec celui des élèves. Tenus par des ecclésiastiques, les collèges, dont la vocation initiale était d’assurer un logement modeste aux étudiants très pauvres qui étaient souvent contraints à vivre d’aumône, devinrent des lieux d’enseignement de la théologie et rapidement leur réputation attira nombre d’étudiants. Robert de Sorbon (1202-1274) fut le créateur en 1253 du collège qui devait devenir la Sorbonne.

L’Université de Paris serait née spontanément, sous la forme d’une corporation, l’*“Universitas magistrorum et scholarum parisiensium”*, du regroupement autour de la montagne Sainte-Geneviève d’écoles puis de collèges dont les maîtres et leurs élèves cherchaient à s’éloigner de la Cité et ainsi, de l’autorité de l’évêque. Des conflits naissent alors entre les deux partis qui sollicitent l’arbitrage du pape Grégoire IX. Celui-ci, favorable à la création d’une université, établit en 1231 les premiers statuts qui lui accordent des privilèges, comme aux autres corporations, concernant notamment les programmes des études, la collation des grades, la désignation des maîtres... Le roi est tenu en dehors de toutes ces tractations jusqu’à ce qu’il doive intervenir pour des raisons d’ordre public, la turbulence et la grève des cours étant déjà caractéristiques des étudiants il y a plus de sept siècles.

L’université de Paris se développe et d’autres naissent en province. Toulouse et Montpellier sont les premières à être créées après Paris, pour Toulouse à la suite de la parution de deux bulles pontificales en 1233 et en 1245, et pour Montpellier, celle de Nicolas IV en 1289. Les statuts et

privilèges de l'université de Paris servent de modèle à ceux des autres universités. Les facultés qui les composent sont en général celles de droit, de médecine, de théologie (la plus importante) et celle des arts, qui comporte notamment l'arithmétique, la géométrie et l'astronomie. Mais il n'y avait pas encore d'enseignement de sciences physiques ou naturelles.

Le XIV^{ème} siècle voit la création des universités d'Avignon, Orléans, Cahors, Grenoble, Perpignan, Angers et Orange. Deux universités naissent au XVI^{ème} siècle, Strasbourg, alors en terre étrangère, en 1538, et Douai, en 1563, qui sera transférée à Lille. Les difficultés nées des guerres, de la famine et de la peste rendent impossible la création de nouvelles universités au XVII^{ème} siècle. Toutes les universités traversent d'ailleurs une longue et difficile période du XVI^{ème} au XVIII^{ème} siècles pour toutes ces raisons, mais aussi à cause du dynamisme des collèges dirigés par les jésuites, qui ne se contentent pas de transmettre les connaissances mais qui promeuvent la recherche, surtout dans le cadre des arts. Il y a encore 22 universités en France à la veille de la révolution.

La Convention supprime les universités, notamment parce qu'il est interdit aux prêtres non jureurs de remplir une fonction publique. Les locaux sont transformés en prisons ou en casernes, vendus ou tombent à l'abandon. L'enseignement supérieur est assuré dans des écoles spécialisées pour les besoins de la guerre. En 1806, Napoléon crée l'Université impériale ayant le monopole de l'enseignement et dirigée par un grand maître. En fait, les universités n'existent plus depuis la Convention. Les facultés sont au nombre de cinq : théologie, droit, médecine, sciences et lettres. Leur fonction essentielle est de faire passer les examens et de délivrer les diplômes et grades. A son retour, le roi Louis XVIII et son Université royale ne modifièrent que peu de choses à la structure de l'Université impériale. Cependant, les postes principaux furent occupés par des membres du clergé et le grand maître, Monseigneur Frayssinous (1765-1841), fut en même temps ministre des Affaires ecclésiastiques et de l'Instruction Publique, ce qui montrait la volonté royale de donner au gouvernement autorité sur l'Université.

Sous la deuxième République, la loi du 15 mars 1850 est relative à la liberté de l'enseignement et favorise l'enseignement confessionnel. Elle porte le nom de son promoteur le comte Frédéric de Falloux (1811-1886), ministre de l'Instruction publique, royaliste. Les facultés étaient épargnées. Le second Empire prend conscience des besoins des facultés.

C'est alors qu'il était ministre de l'Instruction publique entre 1863 et 1869, que Victor Duruy (1811-1894) fit admettre la nécessité de créer des laboratoires de recherche, puis la reconstruction de la Sorbonne.

La troisième République avait une Assemblée composée d'une majorité de monarchistes. Elle vota le 12 juillet 1875 une loi sur la liberté de l'enseignement supérieur, donc la possibilité d'ouvrir des établissements d'enseignement libre. A la démission de Mac Mahon, le nouveau gouvernement, républicain celui là, décida, sous l'influence de Jules Ferry (1832-1893), ministre de l'Education nationale, de faire un gros effort en faveur des facultés afin de leur donner des moyens décents d'existence, en particulier en leur faisant une dotation annuelle et en créant des postes d'enseignants. Le décret du 28 décembre 1885 leur donnait un nouveau statut. Elles étaient dirigés par un doyen. Les universités étaient rétablies par la loi du 10 juillet 1896. La modification suivante du statut des universités interviendra avec la loi Edgar Faure du 12 novembre 1968.

Venons en plus spécialement à la faculté des sciences de Paris. Sa création date officiellement de 1808. Le recteur Liard a dit : *«La Faculté des sciences n'a aucune attache historique avec la vieille université de Paris. Celle-ci ignorait l'enseignement supérieur des sciences»*. On a vu précédemment que tous les grands chimistes avaient été formés en dehors d'elle. Les professeurs vinrent du Collège de France, du Muséum et même de lycées. La faculté partagea les locaux de la Sorbonne avec la Faculté de théologie, mais ils étaient étroits et délabrés. Elle s'installa en 1901 dans de nouveaux locaux, dus à l'architecte H.P. Nenot, qu'elle partageait avec la Faculté des lettres et le siège du rectorat. En fait, il est probablement plus exact de penser que les dates qui marquent le commencement de son essor soient 1885 (le décret du 28 juillet définissant la liberté et les droits de l'enseignement supérieur) et 1896 (la loi du 10 juillet créant officiellement les universités). Les progrès considérables de la connaissance scientifique qui ont marqué la seconde partie du XIX^{ème} siècle et le développement spectaculaire de l'enseignement scientifique et de ses applications qui sont apparus dans les pays européens et en Amérique du nord ne sont pas étrangers à l'évolution des mentalités et ont incité les hommes politiques à promouvoir dans notre pays tout ce qui concerne la science et les techniques par l'enseignement et la recherche. Les facultés des sciences, et celle de Paris en particulier, en ont été les bénéficiaires.

Jusqu'en 1965, date à laquelle le centre d'Orsay dépendant de la faculté des sciences de Paris où avaient été installés en 1961 des laboratoires utilisant des équipements "lourds", devint une faculté autonome. Auparavant, la seule faculté des sciences de la région parisienne était installée à la Sorbonne, avec quelques annexes disséminées en Ile de France. Il y en a maintenant une dizaine. La plus grande, qui fait partie

de l'université Pierre et Marie Curie (ex Paris VI), était très à l'étroit dans l'enceinte de la Sorbonne. C'était une impérieuse nécessité pour elle de pouvoir accueillir un nombre d'étudiants croissant chaque année et de développer ses laboratoires de recherche.

Grâce aux efforts et à la patience du doyen Peres (1890-1962), l'utilisation des terrains de l'ancienne Halle aux vins et les crédits nécessaires aux constructions purent être obtenus. Les biologistes et les chimistes commencèrent à s'y installer en 1961.

L'université Pierre et Marie Curie, qui est scientifique et médicale, dispose de 498 000 m² dont 92 000 pour le secteur hospitalier et 320 000 pour le secteur scientifique sur le campus Jussieu. Les autres implantations de ce secteur se trouvent dans Paris, en Ile de France et dans les autres régions, notamment la station biologique de Roscoff (Finistère), le laboratoire de biologie végétale de Cherié (Sarthe)... Elle compte 24 500 étudiants pour les trois cycles d'enseignement scientifique.

La chimie se répartit dans les domaines de la chimie physique, la chimie inorganique et la chimie organique. Elle a de nombreuses relations avec le milieu industriel qui se traduisent le plus souvent par l'établissement de contrats de recherche et la prise de brevets. Contrairement à ce qui est encore quelquefois dit, le temps n'est plus où les universitaires n'acceptaient de faire que de la recherche de caractère totalement désintéressée et refusaient de parler ou de rechercher les applications possibles.

L'examen de documents divers montre que, pour les chaires de chimie, la première a été créée en 1809 et attribuée à Thénard qui eut pour successeurs Balard, puis Sainte-Claire Deville; la seconde, en 1841, revint à Dumas auquel Pasteur succéda. C'est Würtz qui en 1875 devint le premier titulaire de la chaire de chimie organique et Friedel le remplaça. En 1909, Jean Perrin occupa le premier la chaire de chimie physique et Chabrie (1860-1928) celle de chimie appliquée. Créées en 1922, la chaire de chimie minérale fut attribuée à Urbain et celle de chimie générale à Job. Chabrie, de 1908 à 1928, et Urbain, son successeur jusqu'à sa mort en 1938, furent également directeurs de l'actuelle Ecole nationale supérieure de chimie de Paris.

On voit donc que les chaires des disciplines classiques de la chimie ont été, dès leur création, attribuées à des grands chimistes. Les spécialités les plus récentes de la chimie sont toutes enseignées actuellement dans le secteur scientifique de l'université Pierre et Marie Curie, étayées par une recherche de qualité sans laquelle l'enseignement ne peut pas satisfaire les exigences d'une formation moderne des étudiants et les besoins sans cesse renouvelés de la recherche dans notre pays.

POSTFACE

CE LIVRE A POUR OBJET de porter à la connaissance du lecteur ou de lui rappeler un certain nombre de faits utiles pour mieux comprendre la nature, le comportement et les transformations possibles de la matière qui nous constitue et qui nous environne de toute part, et cela sans exiger au préalable qu'il soit un familier du savoir chimique. Au contraire, souhaitons nous que sa lecture soit une initiation à la chimie par la révélation de l'originalité du fait chimique et que ce lecteur se réjouisse des questions qui se lèvent alors devant lui concernant l'évolution de la chimie depuis ses origines.

La théorie et l'expérimentation ont bien des fois opposé les chimistes entre eux et malheureusement l'essor de la chimie en a alors beaucoup souffert. Il a souvent été difficile d'écarter une théorie dont l'existence était apparue, à une certaine époque, comme satisfaisante pour l'esprit, mais qui, finalement ne résistait pas à l'expérience bien menée. Une vision nouvelle des faits et la ténacité de savants comme Lavoisier, à l'origine de la rébellion, et de certains de ses successeurs en France et en Europe, parvinrent à repousser définitivement la théorie du phlogistique et à faire faire un grand bon en avant à la chimie. Les expériences suggérées par cette théorie ont cependant permis de réaliser de très grands progrès dans la conception de techniques nouvelles propres à cette science.

La chimie a rencontré bien des difficultés pour occuper une place qui se justifie parmi les sciences expérimentales. Les causes en sont multiples, qu'il s'agisse de la complexité des problèmes qui se sont posés pour passer de l'alchimie, art occulte, hermétique et mystique, aux lois

de la conservation de la matière, à l'analyse chimique, à la synthèse, ou à l'obtention de matériaux et de médicaments nouveaux, sans oublier, ce qui est souvent reproché à la chimie, des agents de pollution et de mort.

La continuité dans la pensée du chimiste doit être soulignée. Ainsi, les notions d'atome insécable et de vide qui les entoure et dans lequel ils se meuvent, introduites en Grèce cinq siècles avant J.-C. par Leucippe et son élève et ami Démocrite, serviront de base, au Moyen-Age, à la conception d'une chimie corpusculaire pour trouver un aboutissement dans la théorie atomique de Dalton, avec les conséquences que l'on connaît. A l'opposé de ses prédécesseurs, les Eléates, philosophes grecs d'Elée, qui ne reconnaissaient d'être que l'Être absolu, immuable, éternel, et niaient la divisibilité et la mobilité des choses, Démocrite pense que la matière possède une divisibilité limitée et qu'elle est constituée de particules élémentaires et indivisibles qui sont les atomes. En corollaire, Démocrite ajoute que "rien n'est fait de rien" et que "le semblable attire le semblable".

Selon Démocrite, l'Univers est donc composé d'atomes et de vide pur. Les atomes sont innombrables, tous de même substance et parfaitement homogènes, indestructibles, inaltérables, imperceptibles à nos sens, pleins et impénétrables. Ils sont insécables, en raison de leur extrême petitesse selon Leucippe, en raison de leur extrême dureté selon Démocrite. Le mouvement perpétuel dans le vide qui les entoure entraîne les atomes dans toutes les directions à travers l'espace. Bien que constitués de la même substance, il en existe pourtant des variétés nombreuses car ils diffèrent par leurs formes, leurs dimensions et leurs positions. Dans leur mouvement, il leur arrive de se heurter entre eux, de s'accrocher par leurs aspérités; certains forment alors fortuitement les divers corps. Si les aspérités sont très imbriquées les unes dans les autres, on a un corps solide. Par contre, si la surface des agrégats est peu rugueuse, il n'y a pas de cohésion entre ceux-ci: c'est un liquide. De leurs assemblages particuliers, résultent les qualités sensibles sans lesquelles les objets de notre expérience ne pourraient être appréhendés. Et Démocrite d'écrire: «*Nous disons chaud, nous disons froid, nous disons doux, nous disons amer, nous disons couleur. En réalité, il n'y a que des atomes et du vide.*»

Nous sommes en face du plus cohérent des grands systèmes de pensée antérieurs au IV^{ème} siècle de notre ère. C'est aussi le plus abstrait: pas de "plan" préétabli, pas de cycles auxquels une fin puisse être assignée. Par sa seule structure, la matière éternelle engendre la diversité des choses, sans autre loi que celle du hasard, un hasard causal. L'atomisme antique relevait de la seule métaphysique, les grecs, soucieux d'abstraction, ne cherchant pas à le justifier par les faits.

Les alchimistes pensent que la matière est la même pour tous les corps, donc commune à tout l'univers. Eux-mêmes ne créent rien. Les transformations qu'ils obtiennent correspondent à des modifications des propriétés qui peuvent évoluer en fonction de la présence dans ces corps des "principes" soufre, principe masculin, et mercure, principe féminin. Ces principes sont eux-mêmes divisibles, mais l'alchimiste ne peut pas y parvenir. Par ailleurs, les alchimistes établissaient un lien entre les planètes et les métaux : soleil et or (ce métal inaltérable et en bonne santé, que seul le soleil avait la propriété d'élaborer), lune et argent... Leur but principal, qui faisait une large part à l'expérimentation et qui leur permit la découverte de nombreux corps, était sans doute la recherche de la transmutation des métaux vils en or pur, c'est à dire de la perfection pour eux-mêmes. Ce n'est qu'au XVI^{ème} siècle que les notions de corpuscules avancées dans l'antiquité furent reprises par Francis Bacon (1561-1626). Les travaux ultérieurs de Newton sur l'attraction universelle furent appliquées par lui aux corpuscules et permirent d'abandonner la conception des atomes crochus des alchimistes.

La plupart des chimistes accueillirent avec un grand intérêt la théorie du phlogistique de Becher et Stahl. Il s'agissait d'un élément invisible et immatériel que possèdent tous les corps combustibles comme le soufre et le charbon, qui abandonnait ces corps au moment de leur combustion. Cette théorie fut, jusqu'à Lavoisier, acceptée par tous car elle n'était pas en contradiction avec les idées qui prévalaient alors, notamment celles des atomistes et des newtoniens.

La notion d'affinité a eu une influence certaine sur la gestation de la théorie atomique. Il s'agissait d'établir des tableaux donnant la tendance pour un corps à s'associer à un autre corps. On disait également son amitié ou sa sympathie pour ce corps. Parallèlement, Lavoisier substituait, grâce à des mesures rigoureuses, le quantitatif au qualitatif.

La théorie atomique de Dalton a pour origine l'étude du comportement des mélanges gazeux. Elle fut très controversée pendant presque un siècle, mais, la connaissance progressive de la constitution des atomes permit de l'asseoir définitivement. L'apparition en 1869 de la classification des éléments de Mendéléev redonna confiance à ceux qui pensaient qu'une rationalité profonde structurait l'incohérence apparente des éléments. L'objet de la chimie était toujours l'étude des corps dans leur variété, mais cette variété devenait cohérente. Les lacunes même du tableau suggéraient l'existence de corps simples aux propriétés physiques et chimiques prévues par Mendéléev avant leur découverte. Dans les quinze années qui suivirent, le gallium (éka-aluminium), le scandium (éka-bore) et le germanium (éka-silicium) vinrent occuper les cases vides.

Un tel ordre ne pouvait être fortuit. Mais ce n'est qu'à la veille de la Grande Guerre que Moseley (1887-1915) et Rutherford en donnaient la raison. Le numéro d'ordre des corps dans la classification des éléments correspondait au nombre total des électrons, particules chargées négativement, de chaque atome. C'était une preuve du fait que tous les atomes étaient construits avec les mêmes éléments. L'atome était donc une "structure". Par la suite, physiciens et chimistes découvrirent dans l'atome les électrons, puis le noyau, les protons, particules chargées positivement, les neutrons, particules neutres, et d'autres encore dont les quarks. La transmutation naturelle puis, quarante ans plus tard, la transmutation artificielle ont été découvertes. L'utilisation du même terme, transmutation, par les alchimistes et les physiciens et chimistes modernes, ne signifie absolument pas qu'il s'agit d'un même phénomène prévu intuitivement par les premiers. Ceux-ci ne possédaient pas une connaissance suffisante de la structure de la matière. Ils n'en avaient d'ailleurs pas les moyens.

On observe donc qu'au cours du temps, la notion d'atomisme se charge de significations variées jusqu'à être porteuse d'un sens qui convienne au temps présent. Le mot même désigne tantôt le système des philosophes qui s'efforcent d'expliquer la formation de l'Univers par la combinaison fortuite des atomes, tantôt la théorie scientifique moderne qui considère les corps comme formés de particules élémentaires nommées "atomes". L'atomisme philosophique ne repose aucunement sur l'expérience et ne peut être alors qu'une explication a priori des phénomènes naturels.

L'atome du physicien n'est pas différent de l'atome du chimiste. L'un et l'autre situent cet atome dans des contextes différents, lui attribuent des "valeurs" différentes et finalement n'en font pas le même usage. Le véritable caractère d'une science se révèle par la manière dont ceux qui y consacrent leurs efforts considèrent les phénomènes, par le point de vue qu'ils adoptent, par la nature des relations qu'ils retiennent. Le physicien exprime des rapports entre des propriétés de la matière, le chimiste en représente l'image, nous en révèle la structure, en observe le comportement et les transformations.

En fait, la frontière entre physique et chimie, si elle existe, est difficile à situer. Il s'agit de sciences complémentaires. Les physiciens utilisent des méthodes qu'ils ont créées et des corps aux propriétés bien définies préparés par les chimistes; ceux-ci emploient pour préparer ou contrôler les corps des méthodes d'étude introduites le plus souvent par des physiciens.

Les progrès techniques qui caractérisent notre époque sont dus au fait que l'homme sait un peu commander la Nature. Mais, comme l'a dit Francis Bacon : « *On ne triomphe de la Nature qu'en lui obéissant* ».

La connaissance des lois de la Nature est donc le but de la science.

L'une des ambitions de ce livre, qui figure d'ailleurs dans son titre, est d'attirer l'attention du lecteur sur les relations qui existent entre l'essor de la chimie et la personnalité des hommes qui l'ont permis. L'enthousiasme des uns et les réticences, voire l'hostilité des autres pour les idées nouvelles, ne peuvent pas être ignorés. Et si certaines idées ont bouleversé définitivement nos conceptions, il s'en est trouvé d'autres qui n'ont pas eu de suites mais qui malgré tout ont suscité des réflexions et des recherches bénéfiques pour l'avancement des connaissances. C'est la raison pour laquelle nous avons donné un aperçu de la vie de la plupart de ceux dont le nom est cité et accordé une place plus grande à ceux qui, nous semble-t-il, ont le plus apporté à nos connaissances. Leur caractère, leur carrière, la citation de quelques-uns de leurs écrits, les commentaires et appréciations que d'autres savants ont fait sur eux ou sur leur œuvre, les relations bonnes ou mauvaises, les rivalités qui existaient entre eux, leur activité ou leurs opinions sur des sujets éloignés de la chimie, la place qu'ils occupaient parmi leurs concitoyens, leur rayonnement, leurs faiblesses, permettent de mieux comprendre le cheminement de leur pensée et de se faire une opinion sur leur originalité. A titre d'exemple, voici ce que Le Châtelier a écrit dans son livre "Le carbone" à propos de Moissan : « *Une persévérance inlassable dans la recherche, une vigueur inflexible dans la lutte contre les obstacles rencontrés sur la route et une affabilité non démentie avec les collaborateurs éventuels ont été les grands éléments du succès de Moissan. (...) Dans la science comme dans toutes les circonstances de la vie, le succès est assuré aux hommes assez maîtres d'eux pour réunir à cette volonté indispensable pour l'action, cette aménité des manières si utile pour franchir sans accident les obstacles de la route. Ces hommes sont rares* ».

Les anecdotes que nous avons citées apportent, elles aussi, une contribution non négligeable à la connaissance des hommes, en suscitant la réflexion et l'imagination.

Autant qu'il a été possible, de bons portraits des protagonistes sont publiés dans l'ouvrage, afin que sous un nom, le lecteur puisse voir un homme.



OUVRAGES CONSULTÉS

A

- H. ABRAHAM, H. GAUTIER, H. LE CHÂTELIER et J. LEMOINE : *Les Classiques de la Science*. Armand Colin éd., 1913.
- F. AFTALION : *Histoire de la Chimie*. Masson éd., 1988.
- Ahmad Y. AL HASSAN et D.R. HILL : *Sciences et techniques en Islam*. Traduit de l'anglais par Hachem EL-HUSSEIN. EDIFRA/UNESCO éd., 1991.
- J. ANGENAULT : *La Chimie. Dictionnaire encyclopédique*. Dunod éd., 1991.

B

- G. BARTHÉLÉMY : *Les Jardiniers du Roy*. Le Pélican (Librairie du Muséum).
- J. BÉNARD, A. MICHEL, J. PHILIBERT et J. TALBOT : *Métallurgie Générale*. Masson éd., 1984.
- B. BENSUAUDE-VINCENT : *Les pièges de l'élémentaire*.
Thèse, Université Paris I, 1981.

C

- A. CAHOURS et A. RICHE : *Chimie des Demoiselles*. Leçons professées à la Sorbonne. J. Hetzel et Cie éd., 1868.
- M. CAULLERY : *La Science Française depuis le XVII^{me} siècle*. A. Colin éd., 1933.
- G. CHAUDRON : *Henry Le Châtelier, fondateur de la science métallurgique. Les expériences fondamentales de Lavoisier*.
Conférences, Palais de la Découverte (1940 et 1942).
- R. COLLONGUES : *Les hautes températures*.

LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES ET LES HOMMES

- J. CORBION : *Le Savoir... Fer*. Edité par l'Association Le Savoir... Fer, 7, rue du Parc, 57290 Sercmange-Erzange.
- M. DEHERRYPON : *Les merveilles de la Chimie*. Hachette éd., 1890.
- M. DELACRE : *Histoire de la Chimie*. Paris, 1920.
- C. DUBOC-CHABANON, J. LEMERLE, Y. LE ROUX et J. TALBOT : *Chimie*. Armand Colin éd., 1987.

D

- J.-B. DUMAS : *Leçons de philosophie chimique*. Gauthiers-Villars éd., 1937.

E

- J. EMSLEY : *Les éléments chimiques* (traduit de l'anglais). Polytechnica éd., 1993.

F

- L. FIGUER : *Merveilles de la Science*. Furne, Jouvot et Cie éd., 1865 env.
- J. FLAHAUT : *Les éléments des terres rares*. Masson éd., 1969.
- J. FLAHAUT : *Les hautes températures*. Editions du Cap, Monaco, 1964.
- P. FOUGERE : *Les grands Pharmaciens*. Corrèa éd., 1956.
- R. FRIC : *Œuvres de Lavoisier. Correspondance*. Albin Michel éd., 1957.

G

- L. GUYTON DE MORVEAU, A. LAVOISIER, C. BERTHOLLET et A. DE FOURCROY : *Méthode de nomenclature chimique* (Introduction de Bernadette BENSUADE-VINCENT). Editions du Seuil, mars 1994.

H

- L. HACHSPILL, J. BESSON et A. HÉROLD : *Chimie Minérale*. P.U.F. éd., 1958.
- A HAUGLUSTAIN : *La soudure des métaux non ferreux du XVII^e au XIX^e siècle*. DEA Histoire des techniques, CNAM, EHESS, Université Paris IV, 1991.
- R. HÉRON DE VILLEFOSSE : *Prés et bois parisiens*. Bernard Grasset éd.
- F. HOEFER : *Histoire de la Chimie*. Firmin Didot, Paris, 1866.
- S. HUTIN : *l'Alchimie*. P.U.F. éd., 1961.

L

- P. LAFFITTE et H. BRUSSET : *Les gaz neutres. L'hydrogène. Les halogènes*. Masson éd., 1955.

OUVRAGES CONSULTÉS

- G. LAURENT : *Les grands écrivains scientifiques*. Armand Colin éd., 1906.
Henry LE CHÂTELIER : *Leçons sur le carbone*.
Dunod et Pinat, Hermann éd., 1908.

M

- R. MASSAIN : *Chimie et Chimiste*. Magnard éd., 1979.
A. MICHEL et J. BÉNARD : *Chimie Minérale*. Masson éd., 1964.
J. MINOT : *Histoire des Universités Françaises*. P.U.F. éd., 1991.

O

- L. J. OLMER : *Les étapes de la chimie*. P.U.F. éd., 1941.
A. OUY : *La philosophie secrète des alchimistes*. Laval éd., 1942.

P

- P. PASCAL : *Nouveau Traité de Chimie Minérale*. Masson éd.
L. PAULING : *Chimie Générale*. (Traduction de R. PARIS de la seconde édition parue en 1953 aux Etats-Unis), Masson éd., 1956.
J. PERRIN : *Les atomes*. P.U.F. éd. (troisième rédaction), 1939.
R. PERRIN et J.P. SCHARFF : *Chimie industrielle*. Masson éd., 1993.
R. PELLAUM : *Marie Curie et sa fille Irène* (traduit de l'américain par F. DE MARTINOIR). Belfond éd., 1992.
R. POUILLAIN : *Chaires et Maîtrises de conférences de la Faculté des Sciences de Paris*. Université P. et M. Curie éd., 1972.

R

- V. RÉGNAULT : *Cours de Chimie*. Garnier et Masson éd., 1869.
P. ROUSSEAU : *Histoire de la Science*. Fayard éd., 1945.

S

- M. SERRES : *Eléments d'histoire des sciences*. Bordas éd., 1989.
M. SKLODOWSKA-CURIE : *Recherches sur les substances radioactives*.
Thèse de Doctorat ès Sciences Physiques, Paris, 1903.
Gauthier-Villars éd., Paris, 1904.
Société Chimique de France : Centenaire. Masson éd., 1957.

T

- R. TOURNIER : *Historique des traitements de surface*.
Revue *Surface*, n° 81, oct. 1973.
L. TROOST : *Traité élémentaire de Chimie*. Masson éd., 1884.

V

B. VIDAL : *Histoire de la Chimie*. P.U.F., 1985.

W

Mary E. WEEKS : *La découverte des éléments*. (adapté par Isa PRESNE).
Journal of Chemical Education, paru dans le *Bulletin de la Société de Chimie Industrielle*, 1933-1935.

Ed. WILLM et M. HANRIOT : *Traité de chimie minérale et organique*.
Masson éd., 1889.

B. WOJTKOWIAK : *Histoire de la chimie*.
Technique et Documentation (Librairie Lavoisier) éd., 1987.

B. WOJTKOWIAK : *Tous les "Nobel" de chimie*. Ouest Editions (Nantes), 1990.

Ad. WÜRTZ : *Leçons élémentaires de chimie moderne*. Masson éd., 1879.

OUVRAGES COLLECTIFS

Le Collège de France. P.U.F., 1932.

Dictionnaire des biographies. Inventeurs et Scientifiques. Larousse éd., 1994.

Histoire Générale des sciences. P.U.F. éd.

Histoire de l'Université de Paris. Imprimerie Union, Paris, 1973.

Sciences et Vie (Les cahiers de -) : *Les pères fondateurs de la science : Lavoisier*.
Numéro hors série n° 14, avril 1993.

Troisième Centenaire de l'Académie des Sciences. Gauthier-Villars éd., 1967.



INDEX

NOMS PROPRES CITÉS

Les nombres en italique renvoient aux pages

- A**
- ABELSON Philip 95
AGRICOLA (Georg BAUER dit -)
(1494-1555) 23, 54
AMPÈRE André (1775-1836)
55, 75, 81, 100, 108, 119, 126
ARAGO François (1786-1853)
81, 108, 122, 161, 187
ARFVEDSON Johann (1792-1841) 56
ARISTOTE (384-322 av. J.-C.) 11, 20, 104
ARRHÉNIUS Karl 86
ARRHÉNIUS Svante (1859-1927) 86
AUER VON WELSBACH Karl
(1858-1929) 87, 88
AVOCADRO Amadéo (1776-1856)
55, 99, 119, 136, 147
- B**
- BACON Francis (1561-1626) 209
BALARD Antoine (1802-1876) 78, 79,
102, 134, 135, 169, 199, 201, 205
DE BALZAC Honoré (1799-1850) 174
BANKS Joseph (Sir) (1743-1820) 183
BARON Hyacinthe (1707-1787) 148
BAUMÉ Antoine (1728-1804) 48, 199
BAYEN Pierre (1725-1798) 35
BECHER Joachim (1635-1682) 29
BECHIR Alchid (XIV^{ème} siècle) 25
BECQUEREL Antoine César (1788-1878) 195
BECQUEREL Edmond (1820-1891) 195
BECQUEREL Henri (1852-1908) 55, 63,
94, 111, 113, 114, 115, 122
BECQUEREL Jean (1878-1953) 195
BELL A. G. (1847-1922) 74
BEMONT Georges 75
BERG O. (1874-?) 7, 45
BERGMAN Torgen (1735-1784) 22, 42, 43,
44, 46, 47, 55, 59, 100, 138, 170
BERNARD Claude (1813-1878) 142
BERNARDIN DE SAINT-PIERRE Jacques
(1737-1814) 194
BERTHELOT Marcellin (1827-1907)
23, 32, 76, 79, 101 à 105, 129,
142, 165, 178, 199, 201
BERTHOLLET Claude (1748-1822) 56, 78,
106, 107, 108, 128, 131, 138
BERZÉLIUS Jöns (1779-1848) 25, 39,
40, 47, 51, 56, 59, 66, 73, 74, 77,
78, 86, 90, 91, 108, 109, 119,
133, 136, 159, 160, 176, 177
BIDAULT Georges (1899-1983) 140
BINDHEIM 41
BIOT Jean-Baptiste (1774-1862)
110, 131, 135, 183
BIQUARD Pierre 139
BLACK Joseph (1728-1799) 38, 50, 60

LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES ET LES HOMMES

BLOMSTRAND C.W.	65	CHARLES Jacques (1746-1823)	153
BLUM Léon (1872-1950)	142	CHEVALIER Charles-Louis (1804-1859)	157
DE BOER	40, 41	CHEVREUL Michel (1786-1889)	111, 112, 134, 196
BOHR Niels (1885-1962)	91	CHIRAC Pierre (1650-1732)	192
BOLLOVER	15	CLAUDE Georges (1870-1960)	159
BONAPARTE Napoléon (1769-1821)	153, 203	CLÉMENT Nicolas (1778-1841)	51
<i>SI, 106, 107, 121, 129, 135, 174,</i>		CLEVE Per (1840-1905)	53, 57, 59, 90
DE BORDA Jean (1733-1799)	154	COFFINHAL Jean (1754-1794)	154
BOTHE Walther (1891-1957)	142	COLLET-DESCOTILS Alphonse (1773-1815)	50
BOUGUER Pierre (1698-1758)	45	COLOMB Christophe (1451-1506)	65
BOUTY Edmond (1846-1922)	115	COMTE Auguste (1798-1857)	104
BOYLE Robert (1627-1691)	25, 35	DE LA CONDAMINE Charles (1701-1774)	45
BRAND Hennig (1625-1692)	24	CORBON Jacques	15
BRANDT Georg 1694-1768)	24, 46	COSTER Dirk (1889-1950)	41
BRANLY Edouard (1844-1940)	115	DE COULOMB Charles (1736-1806)	110, 153
BRISSON Barnabé (1777-1828)	153	COURTOIS Bernard (1777-1838)	50, 51, 199
BRONGNIART Antoine (1742-1804)	196	CRAFTS James (1839-1917)	129, 130
BRONGNIART Alexandre (1770-1847)	122	GRAM Donald (1919-)	202
DE LA BROUSSE Guy (1586-1641)	192, 195	GRANSTON John	92
BUDE Guillaume (1467-1540)	199	CRAWFORD	62
BUFFON (Georges LECLERC, Comte de -) (1707-1788)	155, 192, 193, 194	CRONSTEDT Axel (1722-1765)	46, 47, 55
BUNSEN Robert (1811-1899)	55, 50, 163, 155, 156	CROOKES William (1832-1919)	71, 72
BUSSY Alexandre (1794-1882)	60, 61, 199	CURIE Jacques (1855-1941)	112
C			
CADET DE GASSICOURT Louis (1731-1799)	145	CURIE Marie (1867-1934)	7, 55, 63, 64, 75, 55, 92, 112 à 115, 122, 139
CAHOURS Auguste (1813-1891)	122, 134	CURIE Pierre (1859-1906)	55, 63, 64, 75, 55, 112 à 115, 122
CANNIZZARO Stanislao (1826-1910)	100	CUVIER Georges (1769-1832)	129, 193, 201
CARSON D.R.	52	D	
CAUCHY Augustin (1789-1857)	99	DAGUERRE Louis (1789-1851)	15, 156, 157
CAVENDISH Henry (1731-1810)	31, 32, 54, 110, 111	DALTON John (1766-1844)	55, 100, 109, 117 à 119, 123
CAVENTOU Joseph (1795-1877)	199	DARCEY Jean (1725-1801)	201
CHABANON	45	d'AUBENTON (Louis -, dit DAUBENTON) (1716-1800)	193, 194
CHABRIE Camille (1860-1928)	205	DAVID Jacques (1748-1825)	150
CHADWICK James (Sir) (1891-1974)	143	DAVISSON William (1593-1673)	194, 195
CHAMBERLAIN Owen (1920-)	45	DAVY (Sir Humphrey -) (1778-1829)	40, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 66, 73, 75, 77, 75, 50, 51, 92, 105, 115,
CHAMPETIER Georges (1905-1980)	176		
CHANCOURTOIS, Alexandre BECUYER DE - (1820-1886)	4, 5		
CHAPTAL Jean (1756-1832)	51, 125, 129, 171		

INDEX DES NOMS PROPRES CITÉS

<p style="text-align: right;"><i>119 à 121, 126, 127, 130, 131,</i> <i>189, 199</i></p> <p>DEBIERNE André (1874-1949) <i>64, 85, 91, 115, 139, 142</i></p> <p>DEBRAY Henri (1827-1888) <i>49, 76, 165, 170, 188</i></p> <p>DEHÉRAIN Pierre (1830-1902) <i>164</i></p> <p>DEHERRYPON Martial <i>19</i></p> <p>DELAFONTAINE Marc <i>57</i></p> <p>DELAFOSSÉ Gabriel (1796-1878) <i>129</i></p> <p>DELAMONTAGNE <i>59</i></p> <p>DELÉPINE Marcel (1871-1965) <i>199, 201</i></p> <p>DEMARÇAY Eugène (1852-1903) <i>63, 89, 115, 122</i></p> <p>DÉMOCRITE (460-377 av. J.-C.) <i>55, 205</i></p> <p>DESBASSAYNS de RICHEMONT E. (1800-1859) <i>188</i></p> <p>DESORMES Charles (1777-1862) <i>80</i></p> <p>DEWAR James (1842-1923) <i>34</i></p> <p>DIDEROT Denis (1713-1784) <i>137, 196</i></p> <p>DIOCORIDES (I^{er} siècle après J.C.) <i>20</i></p> <p>DÖBEREINER Johann (1780-1849) <i>4, 10</i></p> <p>DONY Jean (1759-1819) <i>52</i></p> <p>DUBOC-CHABANON C. <i>183</i></p> <p>DUFAY Charles (1698-1739) <i>193</i></p> <p>DUHEM Pierre (1861-1916) <i>105</i></p> <p>DULONG Pierre (1785-1838) <i>78, 100, 161</i></p> <p>DUMAS Jean-Baptiste (1800-1884) <i>4, 72, 95, 119, 121, 122 à 125, 133 à 136, 146, 150, 154, 159, 160, 161, 169, 170, 171, 178, 199, 205</i></p> <p>DURYU Victor (1811-1894) <i>102, 203</i></p> <p>DUVERNOIS Georges (1777-1855) <i>129</i></p>	<p>DE FALLOUX Frédéric (1811-1886) <i>203</i></p> <p>FARADAY Michael (1791-1867) <i>55, 120, 121, 126, 166</i></p> <p>FAST J.D. <i>41</i></p> <p>FERMI Enrico (1901-1954) <i>97, 144</i></p> <p>FERRY Jules (1832-1893) <i>204</i></p> <p>DE FLAHAUT, Comte de la BILLARDERIE <i>194</i></p> <p>FLORUS (I^{er} siècle après J.C.) <i>15</i></p> <p>DE FONTENELLE Bernard (1657-1757) <i>159</i></p> <p>FOUQUIER-TINVILLE Antoine (1746-1795) <i>154</i></p> <p>FOURCROY (comte Antoine de -) (1755-1809) <i>42, 50, 59, 62, 80, 106, 127 à 129, 131, 137, 154, 171, 174, 176, 183, 195</i></p> <p>FRANÇOIS I^{er} (1494-1547) <i>199</i></p> <p>FRAUNHOFER Joseph (1787-1826) <i>184</i></p> <p>DE FRAYSSINOUS Denis. (1765-1841) <i>203</i></p> <p>FRÉMY Edmond (1814-1894) <i>75, 76, 164, 165, 196</i></p> <p>FRIEDEL Charles (1832-1899) <i>37, 129 à 131, 137, 165, 172, 205</i></p> <p>FRISCH Otto (1904-1979) <i>145</i></p>
G	
<p style="text-align: center;">E</p> <p>EINSTEIN Albert (1879-1955) <i>97, 100, 117</i></p> <p>EKEBERG Gustav (1767-1813) <i>59, 66, 86</i></p> <p>D'ÉLHUYAR Juan-José (1751-1796) <i>43</i></p> <p>D'ÉLHUYAR Fausto (1755-1833) <i>43, 85</i></p> <p>D'ERÈSE Théophraste (372-287 av. J.-C.) <i>20</i></p>	<p>GADOLIN Johann (1760-1852) <i>86, 89</i></p> <p>GAHN Johann (1745-1818) <i>25, 44</i></p> <p>GALISSARD DE MARIIGNAC Jean-Charles (1817-1894) <i>37</i></p> <p>GALVANI Luigi (1737-1798) <i>181, 183</i></p> <p>GAUDIN Marc (1804-1880) <i>136</i></p> <p>DE GAULLE Charles (1890-1970) <i>140, 141</i></p> <p>GAY-LUSSAC Joseph (1778-1850) <i>60, 66, 73, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 100, 107, 108, 118, 119, 122, 131 à 133, 159, 171, 196</i></p> <p>GEBER l'alchimiste (776-?) <i>12, 23</i></p> <p>GEOFFROY Claude dit Geoffroy le jeune (1685-1752) <i>54</i></p> <p>GERHARDT Charles (1816-1856) <i>100, 124, 125, 133 à 137, 146, 159, 160, 178</i></p> <p>GHIBORSO Albert <i>96, 97, 98</i></p> <p>GIBBS Josiah (1839-1903) <i>156</i></p> <p>GMELIN Léopold (1788-1853) <i>78, 176, 177</i></p> <p>GODIN Louis (1704-1760) <i>48</i></p>
F	
<p>FAGON Guy (1638-1718) <i>195</i></p> <p>FAJANS Kasimir (1887-1975) <i>92</i></p>	

LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES ET LES HOMMES

GRAMME Zenobe (1826-1901)	68	JOB P.	205
GRÉGOIRE IX (1145-1241)	202	JOLIOT-CURIE Frédéric (1900-1958) et Irène (1897-1956)	55, 138 à 146
GREGOR William (1762-1817)	39	JUNGFLEISCH Emile (1839-1916)	199, 201
GRIGNARD Victor (1871-1935)	105	DE JUSSIEU Antoine (1686-1758)	195
GUETTARD Jean (1715-1786)	148	DE JUSSIEU Bernard (1699-1777)	148, 195
GRIMALX Edouard (1835-1900)	124	DE JUSSIEU Joseph (1704-1779)	48, 195
GUYTON DE MORVEAU Louis (1737-1816)	40, 80, 106, 128, 137, 138, 154, 183		

H

HAHN Otto (1879-1968)	92, 98, 144
VON HALBAN (1908-1964)	146
HALL Charles (1863-1914)	67, 68
HALLE Jean-Baptiste (1754-1822)	183
HARE Robert (1781-1858)	188
HATCHETT Charles (1765-1847)	65
HAUTEFEUILLE Paul (1836-1902)	37
HÄUY René (1743-1822)	42, 59, 154
HELLOT Jean (1685-1766)	54
HENRY Joseph (1797-1878)	126
HERMÈS	26
HÉROULT Paul (1863-1914)	67, 69
HÉROARD Jean (1551-1628)	192
HERSCHEL John (1792-1871)	186, 187
HERSCHEL (Sir William -) (1738-1822)	92
VON HEVESY Georg (1885-1966)	41
HILLEBRAND William (1853-1926)	83
HISINGER Wilhelm (1766-1852)	86
HJELM Peter-Jacob (1746-1813)	42
HOEFFER Ferdinand (1811-1878)	30, 171
HOMÈRE	11
HOOKE Robert (1634-1703)	35
HOUEL Nicolas (1524-1587)	199
VON HUMBOLDT Alexandre (1769-1859)	131

J

JAMES R.A.	96
JANNETTY	48
JANSSEN Jules (1824-1907)	82
JARS Antoine (1732-1769)	149
JEFFERSON Thomas (1743-1826)	168
JOB (patriarche)	18

K

KAMERLINGH ONNES Heike (1853-1926)	84
KASTLER Alfred (1902-1984)	113
KEKULE VON STRADONITZ August (1829-1896)	136, 146, 147, 163
KENNEDY J. W.	96
KEPLER Johannes (1571-1630)	184
KIRCHHOFF Gustav (1824-1887)	10, 15, 58, 185, 186
KLAPROTH Martin (1743-1817)	39, 40, 59, 74, 86, 92, 94
KLAUS Karl (1796-1864)	52, 199
KOWARSKI Lew (1907-1979)	146
KUNKEL Johann (1630-1702)	24, 25
KURCHATOV Igor (1903-1960)	98

L

DE LAGRANGE Louis (1736-1813)	149
LAKANAL Joseph (1762-1845)	192
LAMY Claude (1820-1878)	72
LANGEVIN Paul (1872-1946)	112, 139, 140, 141
LANGLET	83
LAPLACE Pierre Simon (1748-1827)	33, 108, 154, 183
LARSH A.E.	97
LAURENT Auguste (1807-1853)	100, 124, 125, 133 à 137, 159, 160, 178
LAVOISIER Antoine Laurent (1743-1794)	13, 22, 25, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 55, 77, 78, 90, 104, 106, 111, 124, 128, 129, 137, 138, 148 à 155, 171, 176, 179, 188, 196
LAWRENCE Ernest (1901-1958)	97
LEBEAU Paul (1868-1959)	60, 166, 167, 199
LE CHÂTELIER Henri (1850-1936)	1, 2, 25, 152, 155, 156, 166, 189, 201

INDEX DES NOMS PROPRES CITÉS

LECOQ DE BOISBAUDRAN Paul (1838-1912)	6, 69, 70, 87, 89, 156, 157	MOÏSE (prophète)	18
LEHN Jean-Marie (1939-)	201	MOISSAN Henri (1852-1907)	22, 39, 60, 76, 115, 155, 164 à 167, 189, 190, 199
LEMERY Nicolas (1645-1715)	24, 157 à 159, 195, 199	MONCE Gaspard (1748-1818)	33, 106, 138, 183
LÉONARD DE VINCI (1452-1519)	35	MORGAN	96
LEUCIPPE (460-370 av. J.-C.)	55, 208	MOSANDER Gustav (1797-1856)	86, 88, 199
LE VERRIER Urbain (1811-1877)	6	MOUREU Charles (1863-1929)	201
LEWIS William (1714-1781)	49	MÜLLER VON REICHENSTEIN Franz (1740-1836)	74
LIARD Louis (1848-1917)	197, 204		
LIEBIG Justus (1803-1873)	80, 133, 134, 136, 146, 159 à 161, 178	N	
VON LINNE Carl (1707-1778)	170	NEWLANDS John (1837-1898)	5, 10
LIPPMANN Gabriel (1845-1921)	114, 115	NEWTON Isaac (1643-1727)	22, 184
LITTRÉ Emile (1801-1881)	18	NIEPCE Nicéphore (1765-1833)	15, 186, 187
LOCKYER Norman (1836-1920)	82, 83	NIEPCE DE SAINT-VICTOR Abel (1805-1870)	111, 187
LOYOLA (Ignace de -) (1491-1556)	200	NILSON Lars (1840-1899)	39, 89, 90
LÖWIG Carl (1803-1890)	78, 80	NODDACK Walter (1893-1960)	7, 45
		NODDACK-TACKE Ida (1896-1978)	7, 45
M		ØRSTED Hans (1777-1851)	67
MACKENZIE K. R.	82	ORFILA Mathieu (1787-1853)	176, 178
MAC MAHON Edme (1808-1898)	203	OSANN G.W.	51
McMILLAN Edwin (1907-1991)	95		
MACQUER Pierre (1718-1784)	48, 148	P	
MALOUIN (Dr -) (1701-1778)	52	PARACELSE (1493-1541)	13, 27, 45, 52, 198, 199
AL MANSUR Abu Jafar Abdallah (710-775)	23	PARENTIER Antoine (1737-1813)	199
MARCEZ Jeanne (1769-1838)	126	PASTEUR Louis (1822-1895)	123, 124, 152, 170, 205
MARGRAFF Andréas (1709-1782)	30, 52, 75, 161, 162	PAULING Linus (1901-)	53
MARIGNAC (Jean Charles GALISSARD DE -) (1817-1894)	65, 87, 89	PEDERSEN Charles (1904-1989)	202
MARINSKI J. A.	90	PÉLICOT Eugène (1811-1890)	92
MARIOTTE Edme (1620-1684)	35	PELLETIER Bertrand (1761-1797)	128, 199
MATIGNON Camille (1867-1934)	201	PELOUZE Théophile (1807-1867)	72, 199, 201
MAXWELL James (1831-189)	126	PERES Joseph (1890-1962)	205
MAYOW John (1641-1679)	35	PEREY Marguerite (1909-1975)	58
MEITNER Lise (1878-1968)	92, 145	PERRIER C.	7, 45
MOLONEY Missy	116	PERRIN Francis (1901-1992)	140
MENDÉLÉEV Dmitri (1834-1907)	2, 3, 5, 7, 69, 70, 73, 85, 90, 147, 162, 163	PERRIN Jean (1870-1942)	72, 100, 141, 144
MEUSNIER DE LA PLACE Jean-Baptiste (1754-1793)	32	PETIT Alexis (1791-1820)	100
MEYER Julius (1830-1895)	4, 5, 7, 10		
MITTERRAND François (1916-)	117		

LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES ET LES HOMMES

PETTERSON Otto (1848-1941)	39		
PICARD Charles (1872-1957)	159		
PLATON (428-348 av. J.-C.)	11, 20, 104		
PLINE (23-79)	20, 22, 23		
PONTIN (1781-1858)	59		
POTT Johann-Heinrich (1692-1777)	30, 44, 54		
PRÉVOST Pierre (1751-1839)	122		
PRIESTLEY Joseph (1733-1804)	35, 36, 167, 168		
R			
RABELAIS François (1494-1553)	200		
RAMSAY William (1852-1916)	52, 53, 54, 55		
RANGOD Alfred, dit PECHNEY, (1833-1916)	69		
RAYLEIGH (Lord -) Voir STRUTT.			
RÉAUMUR (Antoine FERCHAULT DE -) (1683-1757)	16		
REGAUD Claude (1870-1940)	116		
RÉGNAULT Victor (1810-1878)	130		
REICH Ferdinand (1799-1882)	70, 71		
RENAN Ernest (1823-1892)	101, 102, 201		
RIBAUD Gustave (1884-1963)	156		
RICHTER Hiéronymus (1824-1898)	70, 71		
DEL RIO Andrés (1765-1849)	64		
ROBERVAL (Gilles PERSONNE DE -) (1602-1675)	200		
ROBIN Jean (1550-1629)	191		
DE RONSARD Pierre (1524-1585)	200		
ROSCOE Henry (Sir) (1833-1915)	65		
ROSE Valentin (1736-1771)	39, 94		
ROSE Valentin, dit le jeune (1762-1807)	94		
ROSE Henri (1795-1864)	65		
ROUELLE Guillaume (1703-1770)	145, 195, 196, 199		
ROUELLE Hilaire, dit ROUELLE le cadet (1718-1799)	196		
ROUSSEAU Jean-Jacques (1712-1778)	193		
DE RUMFORD Benjamin (1753-1814)	155		
RUTHERFORD Daniel (1749-1819)	35		
RUTHERFORD OF NELSON Ernest (Lord) (1871-1937)	7, 34, 55, 55, 91, 95		
S			
SABATIER Paul (1854-1941)	105		
SAINTE-CLAIRE DEVILLE Henri, (1817-1881)	1, 37, 39, 49, 67, 68, 69, 72, 73, 106, 122, 155, 165 à 170, 175, 185, 205		
SAMARSKI	57		
SAURIA Charles (1812-1895)	25		
SAUVEUR Joseph (1653-1716)	200		
SAVITCH Pavel	144		
SCHIEELE Carl Wilhelm (1742-1786)	25, 35, 36, 42, 43, 44, 45, 62, 77, 101, 170, 171, 199		
SCHÖNBEIN Christian (1799-1860)	37		
SCHROEDER (XV ^{ème} siècle)	24		
SCHÜTZENBERGER Paul (1829-1897)	113, 115, 137, 201		
SEABORG Glenn (1912-)	95, 96, 97		
SÉDILLOT Louis (1808-1875)	12		
SEFSTRÖM Nils Gabriel (1787-1845)	64		
SECRÉ Emilio (1905-1989)	7, 45, 52		
SEGUN Marc (1765-1835)	50		
DE SERRES Olivier (1539-1619)	162		
SETTERBERG Carl	55		
SIEMENS William (Sir) (1823-1883)	166, 159		
SIKKELAND T.	97		
SODDY Frederick (1877-1956)	91, 92		
DE SORBON Robert (1202-1274)	202		
SOREL	52		
STAHL Georg Ernst (1650-1734)	13, 29, 30, 67		
STAS Jean (1813-1891)	161		
STRASSMANN Fritz (1902-1980)	145		
STROMEYER Friedrich (1776-1835)	53		
STREET K.	96		
STRUTT Robert, 3 ^{ème} Lord RAYLEIGH (1842-1919)	52, 54, 100		
T			
TALBOT William (1800-1877)	157		
TENNANT Smithson (1761-1815)	22, 50		
THÉNARD Louis (1777-1857)	25, 60, 66, 73, 75, 77, 79, 122,		

INDEX DES NOMS PROPRES CITÉS

<i>131, 134, 161, 169, 171, 201, 205</i>	VAUQUELIN Louis (1763-1829)
THOMPSON S.C. 96	2, 39, 40, 41, 50, 53, 59, 60, 62,
DE TOURNEFORT Joseph (1656-1708) 200	79, 86, 111, 127, 128, 171,
TRAVERS Morris (1872-1961) 52, 55	173 à 176, 196, 199, 201
TROOST Louis (1825-1911)	VERNE Jules (1828-1905) 163
37, 42, 166, 170	VERNEUIL (1823-1895) 56
TURGOT Anne (1727-1781) 149	VICQ D'AZYR Félix (1748-1794) 127
	VOLTA Alessandro (1745-1827)
	108, 120, 182, 183
U	
URBAIN Georges (1872-1938) 59, 172, 205	
DE ULLOA Antonio (1716-1795) 45	
UREY Harold (1893-1981) 32	
V	
VALENTIN Basile (XVI ^e siècle) 23, 27	
VALÉRY Paul (1871-1946) 20	
VAN ARKEL 40-41-92	
VAN MARUM (1750-1837) 37	
VAN'T HOFF Jacobus (1852-1911) 156	
	W
	WAHL A.C. 96
	WINCKLER Clemens (1838-1904) 6, 73
	WÖHLER Friedrich (1800-1882)
	39, 60, 64, 67, 56, 159, 176, 177
	WOLLASTON William (1766-1828)
	48, 50, 107, 119
	WÜRTZ Charles (1817-1884)
	83, 129, 130, 135, 137, 146, 154,
	157, 163, 175, 179, 205
	WYROUBOFF Grégoire (1843-1913) 56



INDEX

LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

(Classement alphabétique)

<i>Nom</i>	<i>Symbole</i>	<i>N° atomique</i>	<i>Masse atomique</i>	<i>Page</i>
Actinium	Ac	89	227	91
Aluminium	Al	13	26,98	67
Américium	Am	95	243	96
Antimoine	Sb	51	121,75	23
Argent	Ag	47	107,87	14
Argon	Ar	18	39,94	84
Arsenic	As	33	74,92	24
Astate	At	85	210	82
Azote	N	7	14,00	38
Baryum	Ba	56	137,33	62
Berkélium	Bk	97	247	95
Bérylium	Be	4	9,01	59
Bismuth	Bi	83	208,98	54
Bore	B	5	10,81	66
Brome	Br	35	79,90	78
Cadmium	Cd	48	112,41	53
Calcium	Ca	20	40,07	62
Californium	Cf	98	251	96
Carbone	C	6	12,01	22
Cérium	Ce	58	140,11	85
Césium	Cs	55	132,90	58
Chlore	Cl	17	35,45	77
Chrome	Cr	24	51,99	41
Cobalt	Co	27	58,93	45

LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES ET LES HOMMES

<i>Nom</i>	<i>Symbole</i>	<i>N° atomique</i>	<i>Masse atomique</i>	<i>Page</i>
Cuivre	Cu	29	63,54	16
Curium	Cm	96	247	96
Dysprosium	Dy	66	162,50	88
Einsteinium	Es	99	254	97
Erbium	Er	68	167,26	88
Étain	Sn	50	118,71	16
Europium	Eu	63	151,96	88
Fer	Fe	26	55,84	18
Fermium	Fm	100	257	97
Fluor	F	9	18,99	75
Francium	Fr	87	223	58
Cadolinium	Gd	64	157,25	88
Gallium	Ga	31	69,72	69
Germanium	Ge	32	72,61	73
Hafnium	Hf	72	178,49	41
Hélium	He	2	4,00	82
Holmium	Ho	67	164,93	88
Hydrogène	H	1	1,00	31
Indium	In	49	114,82	70
Iode	I	53	126,90	80
Iridium	Ir	77	192,22	50
Krypton	Kr	36	83,80	85
Lanthane	La	57	138,90	86
Lawrencium	Lr	103	260	97
Lithium	Li	3	6,94	56
Lutécium	Lu	71	174,97	88
Magnésium	Mg	12	24,30	60
Manganèse	Mn	25	54,93	44
Mendélévium	Md	101	258	97
Mercure	Hg	80	200,59	20
Molybdène	Mo	42	95,94	42
Néodyme	Nd	60	144,24	86
Néon	Ne	10	20,18	84
Neptunium	Np	93	237,04	95
Nickel	Ni	28	58,71	46
Niobium	Nb	41	92,90	65
Nobélium	No	102	259	97
Or	Au	79	196,96	21
Osmium	Os	76	190,2	50
Oxygène	O	8	15,99	34
Palladium	Pd	46	106,42	50

INDEX DES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

<i>Nom</i>	<i>Symbole</i>	<i>N° atomique</i>	<i>Masse atomique</i>	<i>Page</i>
Phosphore	P	15	30,97	24
Platine	Pt	78	195,08	48
Plomb	Pb	82	207,2	21
Plutonium	Pu	94	244	95
Polonium	Po	84	209	75
Potassium	K	19	39,10	57
Praséodyme	Pr	59	140,90	86
Prométhium	Pm	61	145	86
Protactinium	Pa	91	231,03	92
Radium	Ra	88	226	63
Radon	Rn	86	222	85
Rhénium	Re	75	186,2	45
Rhodium	Rh	45	102,90	50
Rubidium	Rb	37	85,46	58
Ruthénium	Ru	44	101,07	51
Samarium	Sm	62	150,36	86
Scandium	Sc	21	44,95	88
Sélénium	Se	34	78,96	74
Silicium	Si	14	28,08	73
Sodium	Na	11	22,98	57
Soufre	S	16	32,06	23
Strontium	Sr	38	87,62	62
Tantale	Ta	73	181,84	66
Technétium	Tc	43	98,90	45
Tellure	Te	52	127,60	74
Terbium	Tb	65	158,92	88
Thallium	Tl	81	204,38	71
Thorium	Th	90	232,03	91
Thulium	Tm	69	168,93	88
Titane	Ti	22	47,88	39
Tungstène	W	74	183,85	43
Unnilpentium	Unp	105	262	98
Unnilquadium	Unq	104	261	98
Uranium	U	92	238,02	92
Vanadium	V	23	50,94	64
Xénon	Xe	54	131,29	85
Ytterbium	Yb	70	173,04	88
Yttrium	Y	39	88,90	86
Zinc	Zn	30	65,39	52
Zirconium	Zr	40	91,22	40

Masses atomiques basées sur $^{12}\text{C} = 12,00$

INDEX

QUELQUES THÈMES ET MOTS-CLÉS

<i>Thème</i>	<i>Page</i>	<i>Thème</i>	<i>Page</i>
- Acide aérien	101	- Eléments principes	12
- Acide muriatique	77	- Equilibres chimiques	106, 109
- Acide muriatique oxygéné	106	- Equivalents	119
- Action de masse	106	- Escarboucle	25
- Air	31	- Esprits	11, 12
- Air pur, vicié	101	- Ethérène	125
- Air phlogistiqué, déphlogistiqué, inflammable, fixe	31	- Fission	145
- Alchimie	11, 13, 26	- Fondants	67, 76
- Amalgamation	20	- Force vitale	177
- Analyse spectrale	184	- Formules développées	147
- Animisme	13	- Four électrique	189
- Balsamus	194	- Fréons	77
- Chalumeau	188	- Gaz hilarant	120
- Chimiatrie	13	- Gaz méphitique	38
- Chimie spirituelle	104	- Grand œuvre	26
- Classification périodique	4	- Hautes températures	188
- Coupellation	15	- Humia	194
- Dualisme	136	- Hyalotechnie	95
- Eau de Javel	106	- Iatrochimie	13
- Electricité animale	181	- Jardin du Roi	191
		- Lecteurs royaux	199

LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES ET LES HOMMES

<i>Thème</i>	<i>Page</i>	<i>Thème</i>	<i>Page</i>
- Mécanique chimique	103, 170	- Principes mâle et femelle	24
- Mémoires d'Arcueil	77	- Protection cathodique	61, 120
- Miroirs ardents	188	- Radioactivité artificielle	144
- Mofette atmosphérique	36, 38	- Radioactivité naturelle	63
- Muride	78	- Révolution chimique	104
- Neutrons	143	- Saturnisme	22
- Nitre aérien	35	- Séries homologues	125, 136
- Nomenclature chimique	137	- Société d'Arcueil	107
- Oxydation anodique	68	- Spectroscopie	122, 184
- Passivation	68	- Substitutions	125, 136
- Philosophie hermétique	26	- Théorie atomique	118
- Philosophie naturelle	99	- Thermochimie	103
- Phlogistique	29, 148	- Transmutation	26, 210
- Photographie	186	- Types	136
- Physique particulière	128	- Unité de saturation	146
- Piles	181	- Valence	136, 145



TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	1
--------------------	---

1

La classification périodique : un fil conducteur	4
--	---

2

De l'antiquité au XVII ^{ème} siècle : la longue marche	11
Les métaux anciens	14
Argent	14
Cuivre	16
Étain	16
Fer	18
Mercure	20
Or	21
Plomb	21
Les non-métaux anciens	22
Carbone	22
Soufre	23
Antimoine	23
Arsenic	24
Phosphore	24
L'alchimie. Que faut-il en penser ?	26

3

Naissance de la chimie moderne : le XVIII ^{ème} siècle	29
Les constituants de l'air et de l'eau	31
Hydrogène	31
Oxygène	34
Azote	38

LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES ET LES HOMMES

Famille du titane	39
Titane	39
Zirconium	40
Hafnium	41
Famille du chrome	41
Chrome	41
Molybdène	42
Tungstène	43
Famille du manganèse	44
Manganèse	44
Technétium	45
Rhénium	45
Deux autres métaux suédois	45
Cobalt	45
Nickel	46
Métaux de la mine du platine	47
Platine	48
Rhodium, Palladium	50
Osmium, Iridium	50
Ruthénium	51
Autres éléments découverts au XVIII ^{ème} siècle	52
Zinc	52
Cadmium	53
Bismuth	54

4

L'essor de la chimie aux XIX ^{ème} et XX ^{ème} siècles	55
Les alcalins	56
Lithium	56
Sodium, Potassium	57
Rubidium, Césium	58
Francium	58
Les alcalino-terreux	59
Béryllium	59
Magnésium	60
Calcium, Strontium, Baryum	62
Radium	63
Famille du vanadium	64
Vanadium	64
Niobium	65
Tantale	66
Famille du bore	66
Bore	66
Aluminium	67
Gallium	69
Indium	70
Thallium	71
Famille du carbone	73
Silicium	73
Germanium	73

TABLE DES MATIÈRES

Famille de l'oxygène	74
Sélénium	74
Tellure	74
Polonium	75
Les halogènes	75
Fluor	75
Chlore	77
Brome	78
Iode	80
Astate	82
Les gaz rares	82
Hélium	82
Néon	84
Argon	84
Krypton, Xénon	85
Radon	85
Les métaux des terres rares ou lanthanides	85
Yttrium	86
Le groupe cérique : Lanthane, Cérium, Praséodyme, Néodyme, Prométhium, Samarium	86
Le groupe yttrique : Scandium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Thulium, Ytterbium, Lutécium	88
Scandium	90
Les actinides	90
Actinium	91
Thorium	91
Protactinium	92
Uranium	92
Les transuraniens	95
Neptunium, Plutonium, Américium	95
Américium	96
Curium	96
Berkélium	96
Californium	96
Einsteinium, Fermium	97
Mendélévium, Nobelium, Lawrencium	97

5

Brèves biographies de chimistes ayant contribué à la découverte

des éléments chimiques	99
AVOGADRO (1776-1856) - Le nombre	99
BERGMAN (1735-1784) - L'un des pères de la chimie analytique	100
BERTHELOT (1827-1907) - L'omniscient de génie	101
BERTHOLLET (1748-1822) - La modestie couronnée de succès	106
BERZÉLIUS (1779-1848) - La référence	108
CAVENDISH (1731-1810) - Le génial misanthrope	110
CHEVREUL (1786-1889) - La bonne chimie conserve... ..	111
CURIE Pierre (1859-1906) et Marie (1867-1934) -Le couple de génies	112

LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES ET LES HOMMES

DALTON (1766-1844) - La théorie atomique	117
DAVY (1778-1829) - Le savant homme du monde	119
DEMARÇAY (1852-1904) - Une référence en spectroscopie	122
DUMAS (1800-1884) - Le grand maître	122
FARADAY (1791-1867) - L'électrotechnique et l'électrochimie	126
FOURCROY (1755-1809) - Généreux mais controversé	127
FRIEDEL (1832-1899) - Savant et humaniste	129
GAY-LUSSAC (1788-1850) - Il était même admiré par Davy	131
GERHARDT (1816-1856) et LAURENT (1807-1853) - Les réprouvés	133
GUYTON DE MORVEAU (1737-1816) - La nomenclature	137
JOLIOT-CURIE Frédéric (1900-1958) et Irène (1897-1956) - Deux prix Nobel	138
KEKULE VON STRADONITZ (1829-1896) - L'inspiration	146
LAVOISIER (1743-1794) - Le chêne abattu	148
LE CHÂTELIER (1850-1936) - Fondateur de la science métallurgique	155
LECOQ DE BOISBAUDRAN (1832-1912) - La passion de la science	156
LEMERY (1645-1715) - L'un des pères de la chimie	157
LIEBIG (1803-1873) - L'original de talent	159
MARGRAFF (1709-1782) - Un bienfaiteur	161
MENDÉLÉËV (1834-1907) - La classification périodique	162
MOISSAN (1852-1907) - Le premier français prix Nobel de chimie	164
PRIESTLEY (1733-1804) - Le chimiste clergyman	167
SAINTE-CLAIRE DEVILLE (1817-1881) - La chimie à haute température	168
SCHEELE (1742-1786) - Le chimiste prolifique	170
THÉNARD (1777-1857) - Une carrière exemplaire	171
URBAIN (1872-1938) - L'homme des terres rares	172
VAUQUELIN (1763-1829) - Fils d'ouvrier agricole et savant	173
WÖHLER (1800-1882) - Le père de la synthèse organique	176
WÜRTZ (1817-1884) - L'apôtre des théories nouvelles	178

6

Quelques techniques fécondes pour l'expérimentation

nées au XIX ^{ème} siècle	181
La pile électrique	181
L'analyse spectrale	184
La photographie	186
Les hautes températures	188
Le chalumeau	188
Le four électrique	189

7

Genèse et développement de l'enseignement de la chimie	191
Le Jardin du roi	191
Les pharmaciens et la chimie	197
La chimie au Collège de France	199
L'Université. Les Facultés françaises des sciences	202

TABLE DES MATIÈRES

Postface	207
Ouvrages consultés	213
Index	
Noms propres cités	217
Éléments chimiques (noms, symboles, numéro atomique, masse atomique) ..	225
Thèmes et mots-clé	229
Table des matières	231



ACHEVÉ D'IMPRIMER
EN MAI 1995
SUR LES PRESSES DE
L'IMPRIMERIE NOUVELLE,
SAINT-JEAN-DE-BRAYE (LOIRET)
POUR SIRPE ÉDITEUR,
PARIS