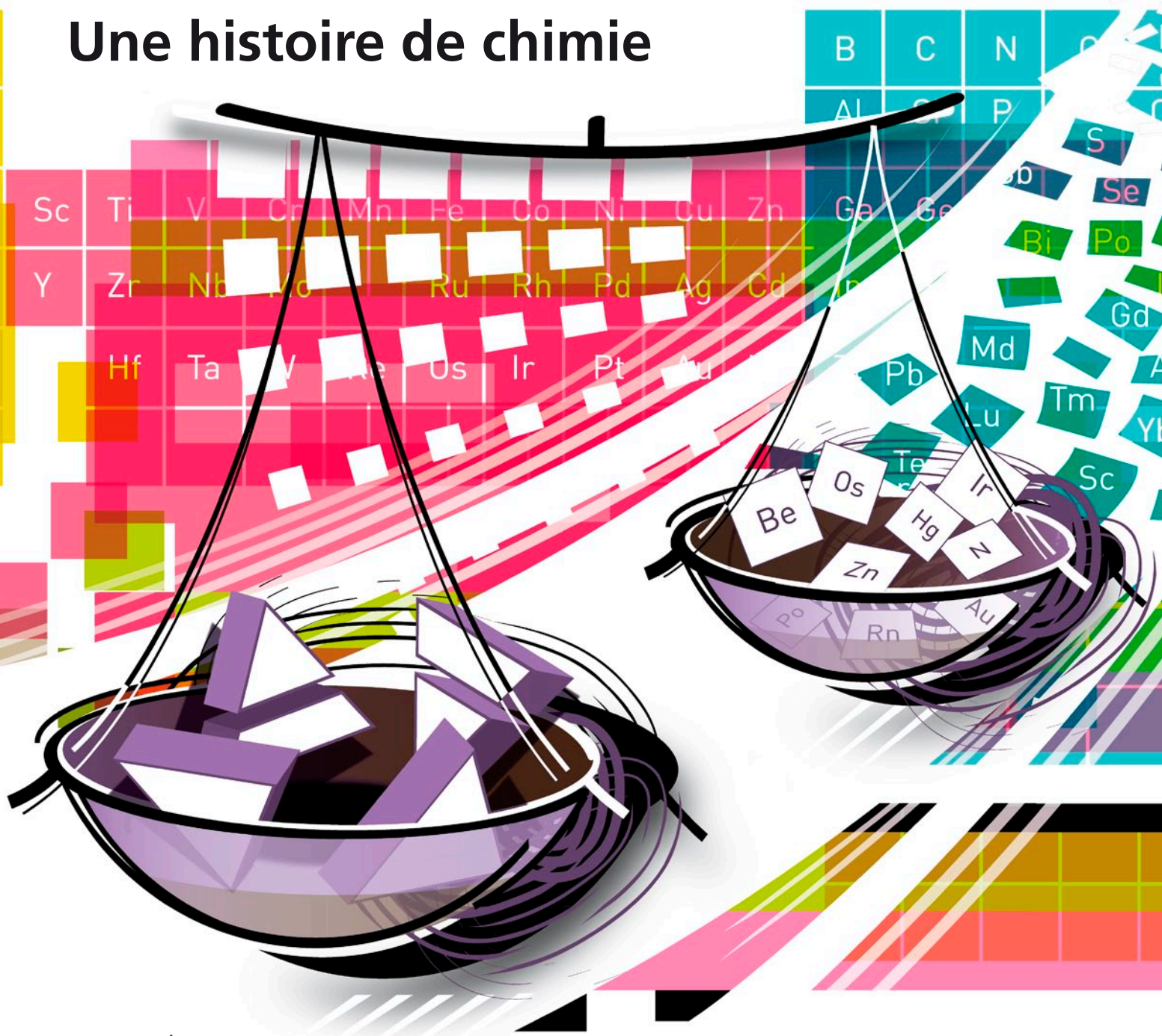


Élémentaire !

Une histoire de chimie



**Illustration
de couverture** Nicole Conus

Elémentaire ! Une histoire de chimie

Dossier pédagogique destiné
aux élèves de l'enseignement primaire dès 8 ans,
du secondaire et de l'enseignement postobligatoire

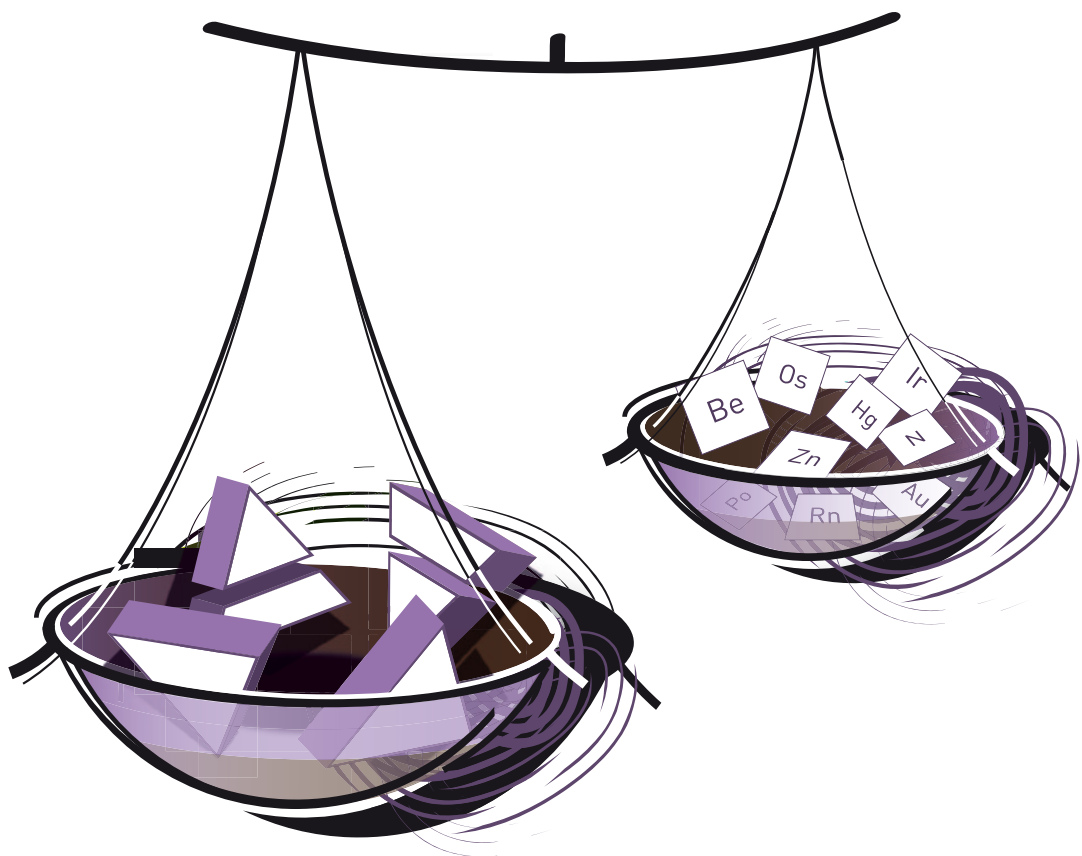


Table des matières

Informations pratiques pour les écoles	4
Le Musée d'histoire des sciences en quelques mots	5
Introduction	6
L'exposition	7
Avant la visite	10
Chimie élémentaire	10
Les débuts	10
Alchimie	12
Phlogistique	14
De l'air !	15
La révolution Lavoisier (1743 - 1794)	15
Electricité et nouveaux éléments chimiques	18
Tableau périodique des éléments	20
Activités en classe pour introduire l'exposition	22
Comment fabriquer un Homme avec quelques éléments	22
Les éléments au quotidien	24
Analyse d'images	26
Après la visite	28
Petites séries d'expériences pour découvrir les éléments	28
Glossaire	33
Quelques personnages clef	35
Pour aller plus loin	36

Informations pratiques pour les écoles

Musée d'histoire des sciences de Genève

Villa Bartholoni
Parc de la Perle du lac
128, rue de Lausanne
1202 Genève
www.ville-ge.ch/mhs
mhs@ville-ge.ch

Horaires

L'exposition « Élémentaire ! Une histoire de chimie » est présentée du 16 février 2011 au 9 janvier 2012.
Ouvert tous les jours de 10h à 17h
Fermé le mardi
Fermeture les 25 décembre et 1^{er} janvier
Entrée libre

Informations

+ 41 22 48 50 60 ou par email à mhs@ville-ge.ch
Le présent document vous aidera à préparer votre visite de l'exposition.
Ce dossier pédagogique est téléchargeable sur www.ville-ge.ch/mhs.
Vous pouvez également l'obtenir par courrier en contactant le Musée d'histoire des sciences.
L'exposition est recommandée pour les enfants à partir de 8 ans. Il n'y a pas de limite supérieure.
Ce dossier pédagogique peut être utilisé pour les classes primaires, secondaires et postobligatoires.

Accès en transports publics

Depuis la gare : TPG bus 1, arrêt Sécheron, tram 13 et 15, arrêt Butini ou France, bus 11 et 28, arrêt Jardin botanique, Mouettes M4, arrêt Châteaubriand. Le Musée se trouve dans la Villa Bartholoni, une villa de maître nichée dans le Parc de la Perle du lac.

Accès en voiture

Déconseillé. En semaine, quelques places de parc disponibles à l'entrée du parc de la Perle du Lac. Le week-end, possibilité de stationner au parking de l'IHEID voisin.

Le Musée d'histoire des sciences en quelques mots

Unique en son genre en Suisse, le Musée d'histoire des sciences abrite une collection d'instruments scientifiques anciens issus des cabinets des savants genevois du 17^e au 19^e siècle (de Saussure, Pictet, de la Rive, Colladon, etc.). Les objets présentés dans les différentes salles permanentes sont des témoins d'une percée scientifique, de l'histoire de Genève, mais aussi de la construction du savoir scientifique et des idées en général. Ils permettent de remettre en perspective la science d'aujourd'hui et de mieux comprendre l'évolution de certaines disciplines et techniques comme l'astronomie, la microscopie, la gnomonique, l'électricité ou la météorologie.

En plus de la réalisation d'expositions temporaires et du réaménagement de l'exposition permanente, le Musée organise des événements permettant un débat citoyen sur la science, notamment par la rencontre du public avec des scientifiques lors du grand rendez-vous estival bisannuel de « la Nuit de la Science », lors de cafés scientifiques ou de conférences.

Le Musée d'histoire des sciences occupe l'exceptionnelle villa Bartholoni, joyau néo-classique de 1830, situé dans le cadre enchanteur du parc de la Perle du Lac sur les rives du lac Léman.



INTRODUCTION

L'année 2011 a été déclarée « Année internationale de la chimie » par l'ONU. Pour la célébrer, le Musée d'histoire des sciences organise l'exposition « Élémentaire, une histoire de chimie » qui raconte le passage des 4 éléments antiques à la centaine d'éléments naturels du tableau périodique.

Pendant plus de 2000 ans, le monde pouvait se raconter et se comprendre à l'aide de quatre unités fondamentales – l'air, la terre, l'eau et le feu – comme l'expliquait Aristote. A la fin du 18^e siècle, la décomposition par Lavoisier de l'eau en gaz différents – l'oxygène et l'hydrogène – ouvre la porte à une nouvelle discipline, la chimie, ainsi qu'à un nouveau système comprenant de nombreuses entités, et aboutit à la création du fameux tableau périodique des éléments par Mendeleïev en 1869. Commence alors une course aux éléments, chacun souhaitant compléter la liste. Un Genevois, Jean-Charles Galissard de Marignac (1817-1894), effectue un remarquable travail de précision en déterminant la masse atomique de plus du tiers des éléments connus et en découvre au moins deux nouveaux.

L'EXPOSITION

L'exposition se divise en huit chapitres, retraçant l'histoire de la chimie élémentaire de l'Antiquité à l'élaboration du tableau périodique. Le tout est réparti en 3 salles :

Salle 1

1. Le feu, l'air, l'eau et la terre
2. Les principes des alchimistes
3. La naissance de la chimie scientifique
4. Le feu du phlogistique
5. Drôles d'airs

Partie interactive :

- Le quiz alchimique où il faut mettre ensemble un métal, une planète, un nom et un symbole alchimique

Salle 2

6. L'air et l'eau ne sont plus des éléments

Partie interactive :

- L'électrolyse de l'eau en démonstration

Salle 3

7. Une avalanche de nouveaux éléments
8. Le tableau périodique des éléments
9. Périodicité des éléments et électrons
10. Tableau périodique et réactivité
11. Jean-Charles Galissard de Marignac

Parties interactives :

- Un tableau périodique avec des cases mobiles et sur des écrans tactiles
- Un simulateur de masse volumique : des cubes de 1 litre représentent le poids d'un des éléments du tableau périodique. Ils peuvent être soulevés pour apprécier la diversité des masses volumiques.
- Un spectroscope : observation des raies spectrales caractéristiques de différents éléments



photo J.-Ch. Berra

Voici un avant-goût de quelques éléments du tableau périodique.

Hydrogène (H)

Il est le plus léger de tous les éléments ainsi que le plus petit et le plus simple de tous les atomes avec un seul proton et un seul électron.

L'hydrogène est l'élément le plus abondant de l'Univers : 75 % en masse et 92 % en nombre d'atomes.

Hélium (He)

L'hélium est le premier et le plus léger des gaz parfaits ou inertes ; il est également le deuxième élément le plus abondant dans l'univers. Bien connu des plongeurs de grande profondeur auxquels il confère une voix de canard, il remplace l'azote (plus précisément le diazote N_2) pour éviter les narcoses. Il est aussi utilisé pour rendre les ballons plus légers que l'air.

Carbone (C)

Le carbone est, avec l'hydrogène, l'azote et l'oxygène, l'une des quatre « briques » de base de la chimie du vivant. La plupart des molécules produites dans la nature en contiennent. 18 % de notre corps est composé de carbone. Lorsqu'il cristallise à haute température et haute pression, il forme le diamant. Le graphite des mines de nos crayons est également du carbone, de même que le charbon de bois.



photo Studio KO

Azote (N)

Appelé anciennement nitrogène, d'où son symbole N, l'azote, sous forme de molécule (diazote N_2) est le constituant principal de notre atmosphère dont il constitue 78 % en volume. Il est, sous forme de nitrate, la principale source d'engrais agricoles. On le trouve aussi dans les explosifs comme la nitroglycérine et le TNT.

Oxygène (O)

L'oxygène doit son nom à Lavoisier qui le croyait à tort générateur d'acide. Sous forme moléculaire (dioxygène O_2) il est nécessaire à la combustion : on dit alors qu'il est comburant. Combiné à des molécules, il constitue presque 2/3 de la masse de notre corps et sans lui seules certaines bactéries peuvent respirer. Il entre dans la composition des agents blanchissants pour la pâte à papier, les dents ou encore les cheveux.

Fluor (F)

Le fluor (sous forme de difluor F_2) est un gaz toxique et très réactif. L'élément F entre dans la composition de nombreux produits au nombre desquels les fréons, gaz bannis de nos jours à cause du rôle avéré de certains d'entre eux dans la destruction de la couche d'ozone protectrice des rayons UV en haute altitude.

Pour lutter contre les caries, il est ajouté au sel de cuisine et dans la pâte dentifrice. Il entre aussi dans la composition du téflon auquel il confère un coefficient de frottement extrêmement faible.



photo Ph. Wagneur

Aluminium (Al)

L'aluminium est un métal léger et mou, mais résistant. Il est le métal le plus utilisé après le fer. Sa production à partir de minerai (bauxite) et sa purification sont énergivores, mais en contrepartie il est facilement recyclable. Il est également l'un des constituants des argiles, matériaux parmi les plus anciennement utilisés par l'homme.



photo Ph. Wagneur

Pour la description des autres éléments venez visiter l'exposition !

AVANT LA VISITE

Chimie élémentaire

La chimie est la science qui étudie toutes les substances et leurs réactions entre elles. La chimie élémentaire s'intéresse plus particulièrement aux éléments qui sont les briques unitaires constituant l'ensemble des substances sur Terre et dans l'Univers.

Un élément est l'ensemble de tous les atomes* qui possèdent le même nombre de protons* (charges positives du noyau de l'atome). Si deux atomes d'un même élément ne possèdent pas le même nombre de neutrons* (charge neutre du noyau), on est alors en présence de deux isotopes*.

Les atomes, aux dimensions infinitésimales, s'associent pour former des molécules*. Celles-ci contiennent des atomes identiques, comme par exemple le dihydrogène (H_2) ou différents comme le chlorure de sodium (NaCl).

A un niveau macroscopique, les molécules constituent les composés*. L'eau est un composé formé de molécules individuelles d'eau (H_2O).

On connaît aujourd'hui 118 éléments, mais seuls quelques-uns suffisent pour décrire la plupart des choses qui nous entourent : l'hydrogène, le carbone, l'azote et l'oxygène sont les 4 éléments les plus abondants de l'Univers.

Les éléments sont classés selon différents critères et rassemblés dans un tableau, le fameux tableau périodique des éléments.

Il est le fruit du travail de nombreux scientifiques. Si les éléments pouvaient parler, chacun raconterait l'histoire singulière de sa découverte.

Les débuts

La chimie est présente dans de nombreuses activités humaines, très anciennes pour certaines, comme par exemple la cuisson des aliments, la fonte des métaux, le soufflage du verre, la fermentation, ou encore la conservation des aliments par fumaison. Les Egyptiens momifiaient leurs morts à l'aide de préparations chimiques.

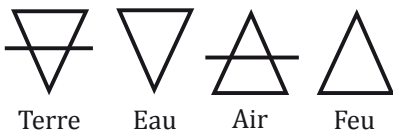
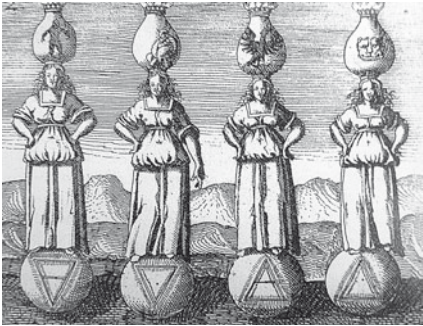
Les Chinois, quant à eux, produisaient les laques dès 1300 ans av. J.-C. C'est probablement la plus ancienne industrie du plastique.

Ces activités à caractère purement technique excluaient toute réflexion globale sur la constitution de la matière*.

La pensée scientifique est née dans la Grèce Antique avec la philosophie : en cherchant à comprendre le fonctionnement de l'Univers, les Grecs sont amenés à s'intéresser à la constitution de la matière.

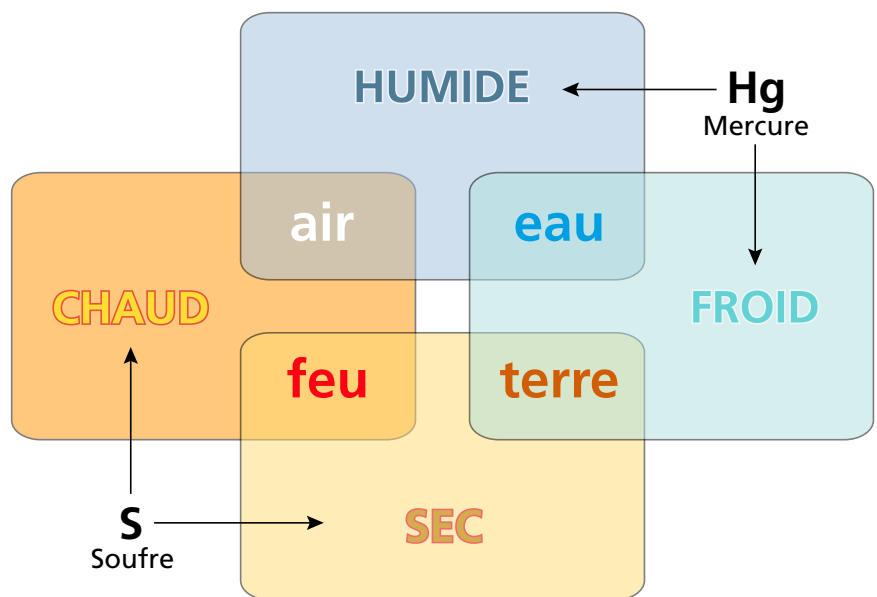
Ce sont les Grecs qui vont lancer les premières théories sur la structure de la matière.

* voir Glossaire p. 33



La théorie dominante est formulée par Empédocle* (~490 - ~430 av. J.-C) : toute chose ou tout corps sur la Terre est formée à partir de 4 éléments : le feu, l'air, l'eau et la terre. Deux forces cosmiques s'opposent, l'Amour qui unit et la Haine qui sépare, font que les êtres et les choses sont formés ou détruits.

Environ un siècle plus tard, Aristote* (384-322 av. J.-C) renforce la théorie d'Empédocle en associant à chacun des éléments deux propriétés fondamentales choisies parmi deux couples de qualités opposées : le chaud et le froid puis le sec et l'humide. Le Feu est chaud et sec, l'Air est chaud et humide, l'Eau est froide et humide et la Terre est froide et sèche.



Description des quatre éléments de la théorie classique d'Aristote (F. Marteau)

Chaque élément possédant une qualité commune avec deux autres, ils peuvent se transformer de l'un en l'autre.

Cette théorie permettait d'expliquer des phénomènes comme la fusion d'un métal, la combustion ou l'évaporation.

* voir Quelques personnages-clef p. 35

Alchimie



Symboles d'alchimie

L'alchimie est une discipline dont l'un des objectifs est la transformation d'un métal en un autre, notamment des métaux « vils », comme le plomb, en métaux nobles comme l'argent et l'or. Un autre but est la recherche de la panacée (médecine universelle) et la prolongation de la vie via un élixir de longue vie.

L'alchimie est souvent accompagnée de spéculations philosophiques, mystiques ou spirituelles.

Les alchimistes du Moyen-Age adaptent la théorie d'Aristote à leur pratique. Ils ne considèrent plus la Terre comme un élément pur. Ils lui ajoutent des principes philosophiques :

- le mercure, froid, humide, féminin
- le soufre, chaud, sec et masculin
- le sel qui unit le soufre et le mercure

Les métaux qui se forment au cœur de la Terre sont constitués des deux premiers principes dans des proportions variables.

En bas de la hiérarchie des métaux les alchimistes mettent le fer, riche en « principe soufre » qui présente une forte tendance à brûler. L'or, pour sa part, est riche en « principe mercure » et considéré comme le métal parfait.

Un des apports importants de l'alchimie est l'introduction de l'expérience. Les alchimistes ont également inventé de nombreux appareils récupérés puis transformés par les chimistes. Les opérations pratiquées comme la distillation, la dissolution ou la décantation sont encore utilisées aujourd'hui, mais avec des buts différents.



Le laboratoire de l'alchimiste, Jan van der Straet, 1571

Phlogistique

Au 17^e siècle, c'est le feu qui devient le fondement de la première théorie chimique moderne: le phlogistique (du grec, inflammable).

Joachim Becher (1635-1682), médecin et chimiste allemand, décrit 3 espèces de terre:

- la terre vitrifiable qui forme le cristal de roche
- la terre mercurielle qui entre dans la composition des métaux
- la terre inflammable à base de soufre, responsable de la combustion.

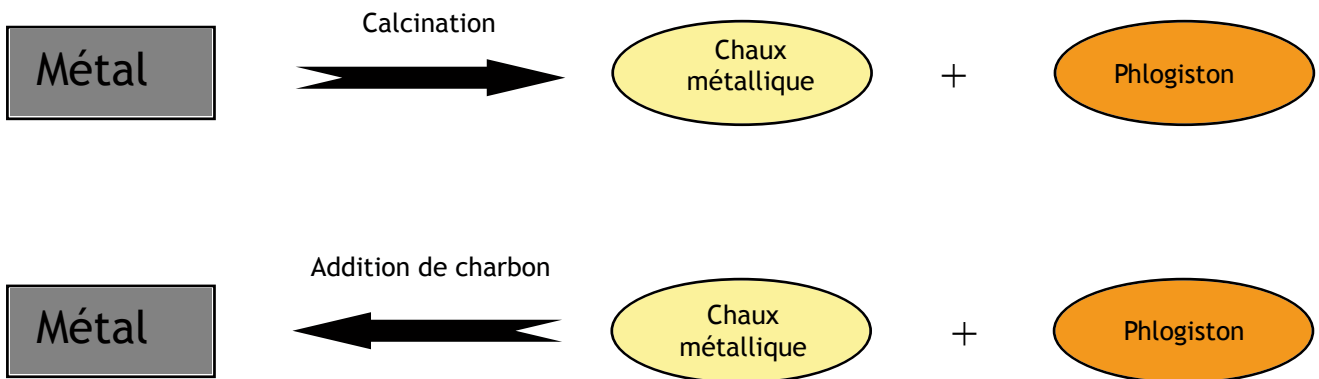
Il indique que les corps combustibles et les métaux renferment ces 3 terres. Par leur combustion, la terre inflammable se dégage.

Georg Ernst Stahl (1660-1734), un de ses élèves, appelle la terre inflammable phlogistique.

Il s'en sert pour expliquer la combustion et la calcination: quand un corps brûle, il perd du phlogiston qui se dégage sous forme de flamme, laissant un corps déphlogistifié, non combustible.

Il explique également l'oxydation: le fer devient rouille et le cuivre vert-de-gris lorsqu'ils laissent échapper leur phlogiston.

La théorie du phlogistique séduit très vite l'ensemble des chimistes européens. Elle stimule la recherche dans un nouveau domaine de la chimie: la chimie des airs ou chimie pneumatique.



Réaction de phlogistique

De l'air !

C'est au 18^e siècle que les savants commencent à étudier la composition chimique de l'air.

Ils développent des instruments particuliers pour recueillir les différents gaz qui s'échappent durant leurs expériences. Ils constatent rapidement que l'air semble constitué de différents airs.

Lorsque l'on verse de l'acide sur du calcaire, le mélange devient comme effervescent et un gaz se libère. Il est différent de l'air ambiant, il éteint les bougies et trouble l'eau de chaux. On l'appelle à l'époque *l'air fixe* ou *air phlogistique*. Il correspond en fait au gaz carbonique (CO₂).

L'ajout d'acide sur des métaux provoque la libération d'un air inflammable, très léger et susceptible de s'enflammer à la moindre étincelle. C'est en fait de l'hydrogène sous sa forme moléculaire H₂.

Le savant anglais John Priestley (1733-1804) et l'Allemand Carl Wilhelm Scheele (1742-1786) isolent un curieux gaz libéré par les plantes lorsqu'elles croissent et qui, au contraire de *l'air fixe*, entretient la vie et active les combustions. Ce *Feuerluft* ou *air vital* est aussi appelé *air déphlogistique*.

Il faut attendre Lavoisier pour le nommer oxygène. On l'appelle aujourd'hui dioxygène (O₂).

La révolution Lavoisier (1743-1794)

« Car rien ne se crée, ni dans les opérations de l'Art, ni dans celles de la Nature, et l'on peut en principe poser que dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération, que la qualité et la quantité des principes est la même, et qu'il n'y a que des changements, des modifications. »

Cette affirmation de Lavoisier, qui trouve son origine chez le savant Grec Anaxagore (500-428 av. J.-C.), est extraite de son *Traité élémentaire de chimie* (1789). Elle résume le travail de ce brillant chimiste.

Il prône une chimie plutôt quantitative et utilise la balance de manière systématique pour peser les réactifs et les produits d'une réaction.

Il démontre d'abord que les métaux qui subissent une combustion gagnent du poids. Ce gain de poids correspond au poids de l'air perdu durant la réaction. Il découvre que la fraction d'air perdu est constituée d'air vital (qu'il nommera oxygène en 1774) et qu'elle est seule responsable de la combustion. Cette théorie sonne la fin du phlogistique.

Lavoisier remet aussi en cause la théorie des 4 éléments d'Aristote. En 1785, au cours d'une expérience publique, il réalise la décomposition de l'eau en hydrogène et en oxygène (respectivement en H₂ et O₂) puis de sa synthèse : après le feu, il condamne définitivement l'eau en tant qu'élément indivisible.

Portrait d'Antoine-Laurent et Marie-Anne Lavoisier par Jacques-Louis David, Paris, 1788. Metropolitan Museum of Art, New York



Il est le premier à établir un tableau des éléments qu'il appelle « tableau des substances simples » et qui recense 33 substances considérées alors comme indécomposables.

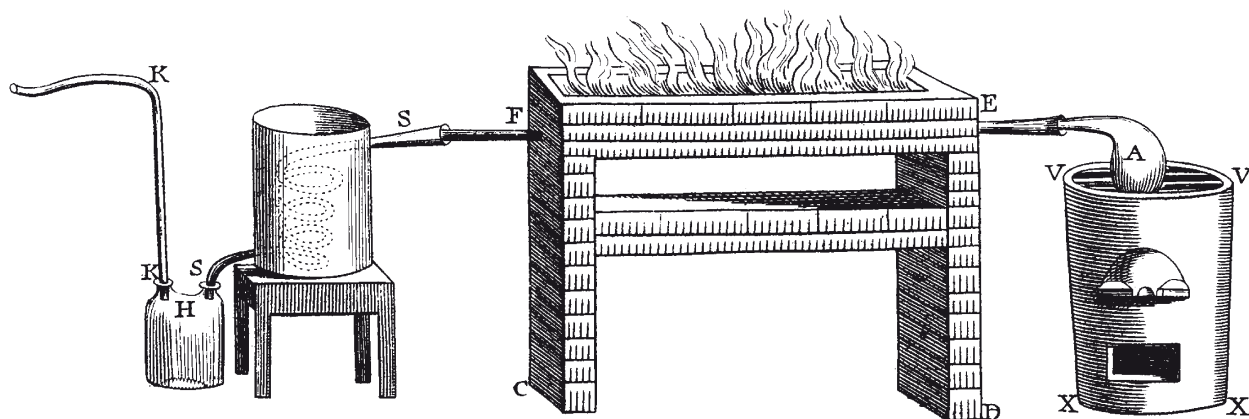
192 DES SUBSTANCES SIMPLES.
TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.	
<i>Substances simples qui appartiennent aux trois règnes, & qu'on peut regarder comme les élémens des corps.</i>	Lumière	Lumière.	
	Calorique	Chaleur.	
		Principe de la chaleur.	
		Fluide igné.	
	Oxygène	Feu.	
		Matière du feu & de la chaleur.	
		Air déphlogistiqué.	
		Air empiréal.	
		Air vital.	
	Azote	Base de l'air vital.	
Gaz phlogistiqué.			
Hydrogène	Mofète.		
	Base de la mofète.		
<i>Substances simples non métalliques oxidables & acidifiables.</i>	Soufre	Gaz inflammable.	
	Phosphore	Base du gaz inflammable.	
	Carbone	Soufre.	
	Radical muriatique	Phosphore.	
	Radical fluorique	Charbon pur.	
	Radical boracique	Inconnu.	
	Antimoine	Inconnu.	
	Argent	Inconnu.	
	Arfenic	Antimoine.	
	Bismuth	Argent.	
	Cobalt	Arfenic.	
	Cuivre	Bismuth.	
	Etain	Cobalt.	
	<i>Substances simples métalliques oxidables & acidifiables.</i>	Fer	Cuivre.
		Manganèse	Etain.
		Mercure	Fer.
		Molybdène	Manganèse.
Nickel		Mercure.	
Or		Molybdène.	
Platine		Nickel.	
Plomb		Or.	
Tungstène		Platine.	
Zinc		Plomb.	
<i>Substances simples salifiables terreuses.</i>	Chaux	Tungstène.	
	Magnésie	Zinc.	
	Baryte	Terre calcaire, chaux.	
	Alumine	Magnésie, base du sel d'epfom.	
	Silice	Barote, terre pesante.	
		Argile, terre de l'alun, base de l'alun.	
		Terre filiceuse, terre vitrifiable.	

OBSERVATIONS

Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*,
Paris, 1801
Bibliothèque de Genève

Méthode utilisée par Lavoisier pour décomposer l'eau



Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, Paris, 1801
Bibliothèque de Genève

Un tube EF en verre rempli de petites lames de fer passe à travers le fourneau. On fait rougir le tube et on allume le feu sous le récipient A à l'intérieur duquel se trouve de l'eau distillée. Celle-ci bout en permanence. Elle s'évapore, passe à travers le tube EF et se condense dans le flacon H. Le fer est totalement oxydé (il pèse plus lourd) et seul un gaz inflammable se dégage à l'autre bout de l'installation.

C'est l'oxygène (O_2) qui a oxydé le fer et le gaz dégagé est de l'hydrogène (H_2).

Electricité et nouveaux éléments chimiques

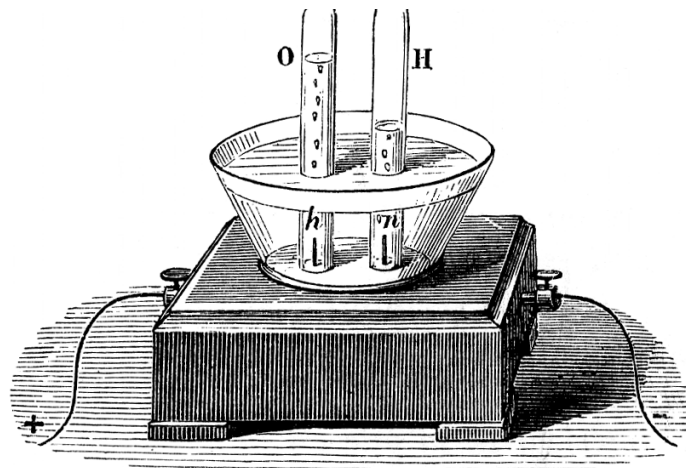


Volta devant sa pile
Merveilles de la science, Figuiet, Paris,
1867

L'invention de la pile électrique par Alessandro Volta en 1800 permet une nouvelle méthode d'analyse : l'électrolyse.

Electrolyse de l'eau

Un vase de verre est soudé sur un socle en bois. Deux fils conducteurs (*h* et *n*) s'élèvent du vase et sont en communication avec deux bornes en cuivre fixées sur les côtés de l'appareil et destinées à recevoir les électrodes de la pile. On remplit le vase d'eau légèrement acidulée puis on pose deux cloches pleines d'eau sur les fils conducteurs. Lorsque l'on établit le courant, l'eau est décomposée en oxygène (O_2) et en hydrogène (H_2) qui se dégagent dans les cloches. La cloche positive se remplit d'oxygène (O_2) et la négative d'hydrogène (H_2). On remarquera que l'hydrogène (H_2) a un volume double par rapport à l'oxygène (O_2).



Ganot, *Traité de physique*, Paris, 1884
Bibliothèque du Musée d'histoire des sciences

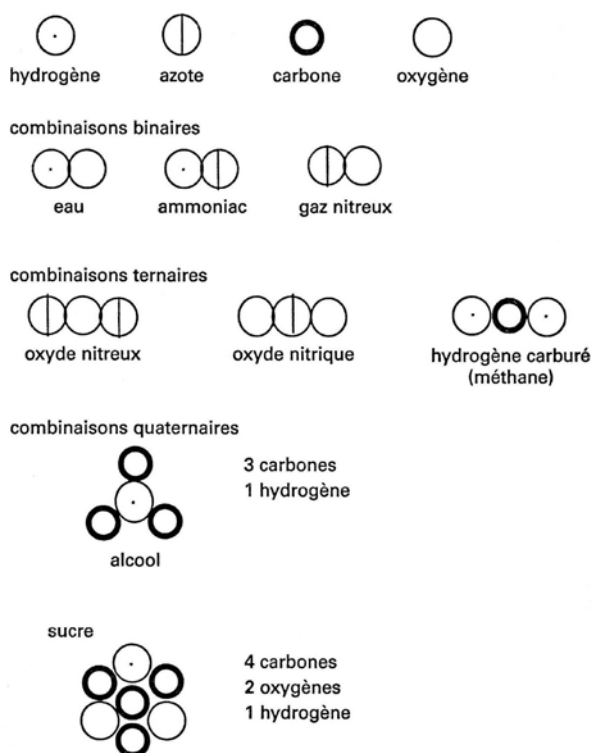
Grâce aux possibilités offertes par la pile inventée par Volta, le chimiste anglais Humphrey Davy (1778-1829) découvre, entre autres, le potassium, le strontium, le calcium et le magnésium.

De son côté, le Suédois Jacob Berzelius (1779-1848) isole, entre autres, le cérium, le sélénium, le silicium et le zirconium.

En 1834, on recense 54 éléments alors qu'on n'en connaissait que 33 en 1800.

En parallèle, la théorie atomiste revient en force, 2000 ans après sa première formulation par Démocrite* (460-370 av. J.-C.), philosophe et savant grec.

L'Anglais John Dalton (1766-1844) stipule que la matière est formée de particules insécables, les atomes, qui diffèrent en poids (masse atomique) d'un élément à l'autre.



Quelques exemples des formules de John Dalton (1808)
Histoire des sciences de l'Antiquité à nos jours, Ph. de la Cotardière (dir.), Tallandier 2004

Suite à la découverte de plusieurs éléments, Jacob Berzelius reprend la théorie atomiste et détermine rigoureusement les masses atomiques de tous les éléments connus à ce jour.

Il sera aidé par plusieurs chimistes européens, dont le Genevois Jean-Charles Galissard de Marignac (1817-1894) qui en détermine 28 entre 1842 et 1883, c'est-à-dire près de 40 % des éléments connus à cette époque.

Tableau périodique des éléments

Lavoisier avait classé les 33 éléments connus suivant les propriétés des composés qu'ils formaient avec l'oxygène (O₂).

Dès 1860 (Congrès de chimie de Karlsruhe), on cherche à classer les éléments en fonction des poids atomiques. Les chimistes comprennent alors qu'une relation existe entre cette masse et les propriétés chimiques des éléments, autrement dit leur capacité à réagir les uns avec les autres.

En 1869, le Russe Dmitri Ivanovitch Mendeleïev (1834-1907) présente sa première classification périodique des 62 éléments connus à l'époque.

Ce tableau est constitué de six colonnes verticales regroupant les éléments par famille. Les périodes horizontales correspondent à des éléments de poids atomiques croissants mais de propriétés différentes. Le remplissage harmonieux du tableau fait apparaître des espaces vides. Pour combler ces lacunes, Mendeleïev prévoit l'existence d'éléments encore inconnus qui, comme le galium, le scandium et le germanium, seront découverts quelques années plus tard.

Premier tableau de Mendeleïev

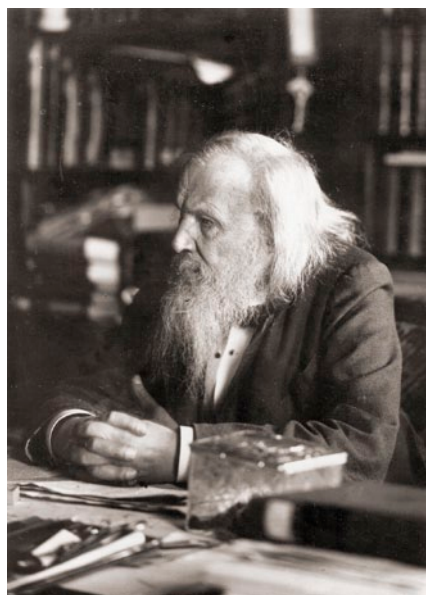


Photo de D. I. Mendeleïev, 1897

			Ti = 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	? = 8	? = 22	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	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 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 = 207
		? = 45	Ce = 92		
		? Er = 56	La = 94		
		? Yt = 60	Di = 95		
		? In = 75,6	Th = 118?		

Histoire des sciences de l'Antiquité à nos jours, Ph. de la Cotardièrre (dir.), Tallandier 2004

Entre 1894 et 1898, des éléments de type nouveau sont découverts : les gaz rares. Ils sont ajoutés au tableau périodique dans une colonne séparée.

La théorie de la périodicité des propriétés des éléments énoncée par Mendeleïev est encore la base de l'actuel tableau de classification. Il compte 90 éléments si l'on ne considère que les éléments naturels et 118 si l'on ajoute les éléments produits en laboratoire, pour la plupart radioactif.

Numéro atomique*
(Nombre de protons du noyau)

SYMBOLE CHIMIQUE

Nom complet de l'élément

Masse atomique relative
(Nombre moyen de protons et neutrons du noyau)

1

H

Hydrogène

1, 00794

Structure d'une case du tableau périodique

Exemple de l'Hydrogène

Tableau Périodique des Éléments

1	New Original										13	14	15	16	17	18										
IA											IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA										
1 H Hydrogène 1,00794											5 B Bore 10,811	6 C Carbone 12,01107	7 N Azote 14,00674	8 O Oxygène 15,9994	9 F Fluor 18,9984032	10 Ne Néon 20,1797										
2 Li Lithium 6,941	3 Be Béryllium 9,012182											13 Al Aluminium 26,981538	14 Si Silicium 28,0855	15 P Phosphore 30,973761	16 S Soufre 32,065	17 Cl Chlore 35,453	18 Ar Argon 39,948									
3 Na Sodium 22,989770	4 Mg Magnésium 24,3050	21 Sc Scandium 44,955910	22 Ti Titane 47,887	23 V Vanadium 50,9415	24 Cr Chrome 51,9961	25 Mn Manganèse 54,938049	26 Fe Fer 55,8457	27 Co Cobalt 58,933200	28 Ni Nickel 58,6934	29 Cu Cuivre 63,546	30 Zn Zinc 65,409	31 Ga Gallium 69,723	32 Ge Germanium 72,64	33 As Arsenic 74,92160	34 Se Sélénium 78,96	35 Br Brome 79,904	36 Kr Krypton 83,798									
4 K Potassium 39,0983	20 Ca Calcium 40,078	39 Y Yttrium 88,90585	40 Zr Zirconium 91,224	41 Nb Niobium 92,90638	42 Mo Molybdène 95,94	43 Tc Technétium (98)	44 Ru Ruthénium 101,07	45 Rh Rhodium 102,90550	46 Pd Palladium 106,42	47 Ag Argent 107,8682	48 Cd Cadmium 112,411	49 In Indium 114,818	50 Sn Étain 118,710	51 Sb Antimoine 121,760	52 Te Tellure 127,60	53 I Iode 126,90447	54 Xe Xénon 131,293									
5 Rb Rubidium 85,4678	38 Sr Strontium 87,62	57 to 71										81 Tl Thallium 204,383	82 Pb Plomb 207,2	83 Bi Bismuth 208,98038	84 Po Polonium (209)	85 At Astatine (210)	86 Rn Radon (222)									
6 Cs Césium 132,90545	56 Ba Baryum 137,327	89 to 103										87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)													
7 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)											104 Rf Rutherfordium (261)	105 Db Dubnium (262)	106 Sg Seaborgium (266)	107 Bh Bohrium (264)	108 Hs Hassium (269)	109 Mt Meitnerium (268)	110 Ds Darmstadtium (271)	111 Rg Roentgenium (272)	112 Uub Ununbium (285)	113 Uut Ununtrium (284)	114 Uuq Ununquadium (289)	115 Uup Ununpentium (288)	116 Uuh Ununhexium (292)	117 Uus Ununseptium	118 Uuo Ununoctium

Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.

Design Copyright © 1997 Michael Davah (micheal@davah.com), <http://www.davah.com/periodic>

57 La Lanthane 138,9055	58 Ce Cérium 140,116	59 Pr Praseodyme 140,90765	60 Nd Néodyme 144,24	61 Pm Prométhium (145)	62 Sm Samarium 150,36	63 Eu Europium 151,964	64 Gd Gadolinium 157,25	65 Tb Terbium 158,92534	66 Dy Dysprosium 162,500	67 Ho Holmium 164,93032	68 Er Erbium 167,259	69 Tm Thulium 168,93421	70 Yb Ytterbium 173,04	71 Lu Lutécium 174,967
89 Ac Actinium (227)	90 Th Thorium 232,0381	91 Pa Protactinium 231,03688	92 U Uranium 238,02891	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Américium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkélium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 No Nobélium (259)	103 Lr Lawrencium (262)

Note: The subgroup numbers 1-18 were adopted in 1984 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112-118 are the Latin equivalents of those numbers.

ACTIVITÉS EN CLASSE POUR INTRODUIRE L'EXPOSITION

Comment fabriquer un Homme avec quelques éléments ?

Pour introduire la notion d'éléments, on peut parler de notre corps.

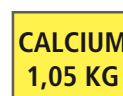
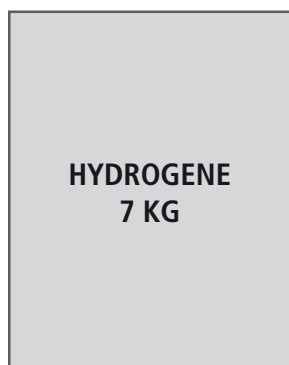
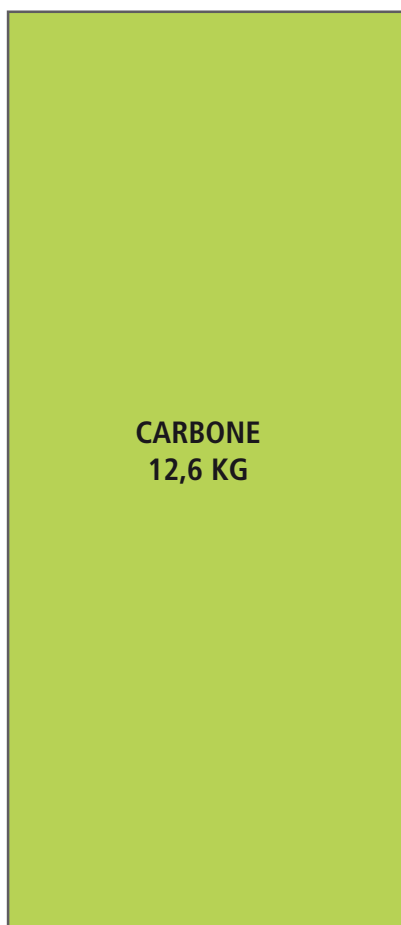
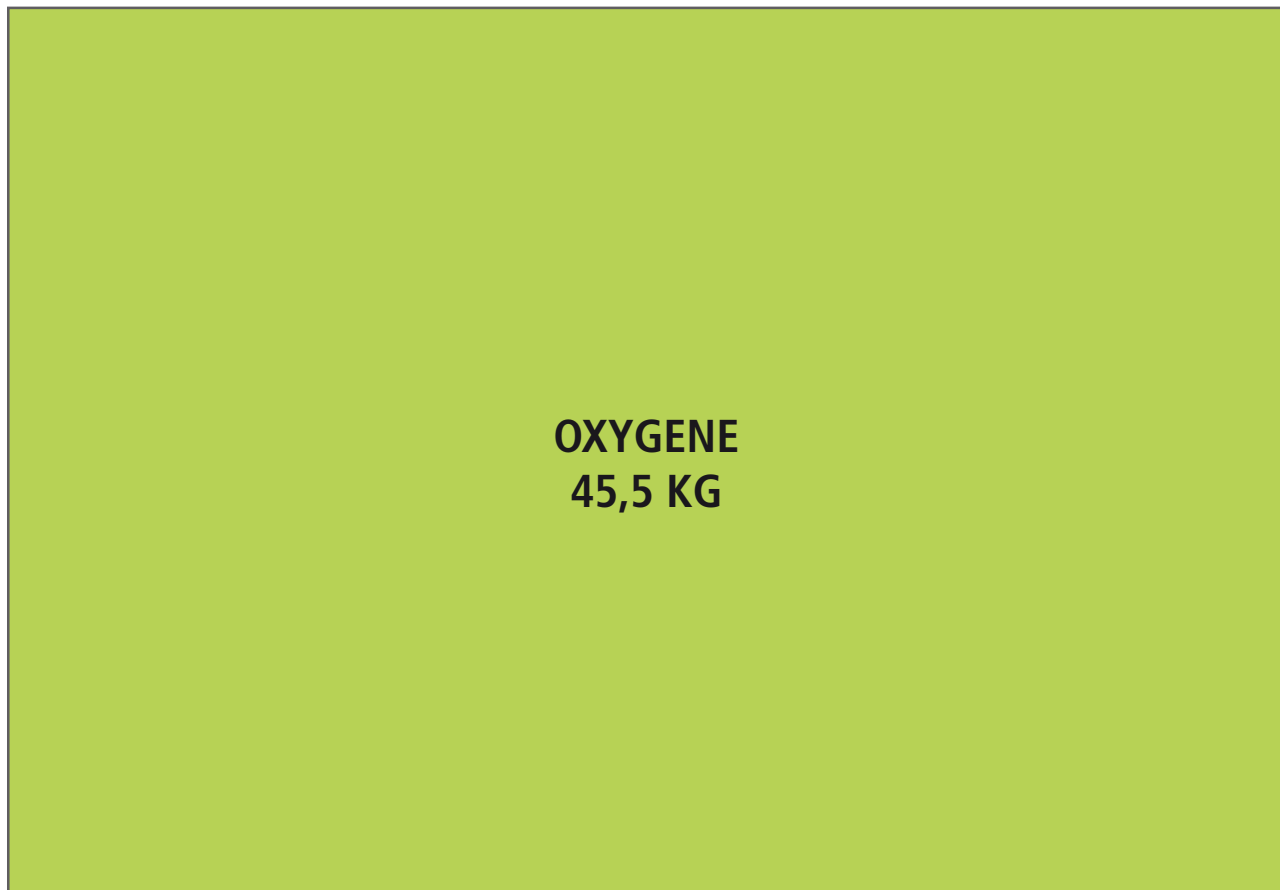
On trouve à la page suivante des carrés de taille proportionnelle à la quantité de l'élément. Les élèves peuvent découper ces carrés et les coller sur le dessin d'un être humain qu'ils auront réalisé (format A3).

Pour un adulte de 70 kg, voici les 21 éléments du corps et leur proportion :

- l'oxygène (45,5 kg) : à noter que le cerveau consomme de grandes quantités d'oxygène, principalement sous forme de dioxygène O_2 , nécessaire à la bonne oxygénation des cellules
- le carbone : il est l'élément de base de la vie (12,6 kg)
- l'hydrogène (7 kg) : combiné à l'oxygène, il forme l'eau qui constitue environ 75 % du corps humain
- l'azote (2,1 kg) : essentiel à la formation des protéines
- le calcium (1,05 kg) : il fortifie nos os

Les éléments suivants représentent 1,75 kg :

- le phosphore : dans l'ADN. Il fortifie aussi les dents et les os
- le soufre
- le potassium : une très petite quantité est nécessaire pour les muscles et les nerfs
- le chlore
- le sodium : lié au chlore, il forme le sel nécessaire en petites quantités
- le cuivre
- le zinc
- le fluor
- le magnésium
- le fer
- l'iode
- le cobalt
- le manganèse
- le chrome
- le sélénium
- le molybdène



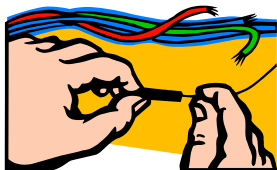
Les éléments au quotidien

Différents objets utilisés tous les jours montrent que les éléments sont partout :

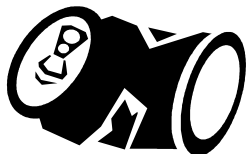
- le fluor dans le dentifrice
- le carbone, un composant des mines de crayons
- l'aluminium dans les cannettes de boissons
- l'argent et l'or qui composent souvent les bijoux
- le cuivre utilisé pour les câbles électriques
- le sodium qui est un des composants du sel de cuisine (chlorure de sodium)
- l'étain, un constituant des boîtes de conserve
- le calcium, un constituant essentiel des os

La page suivante peut être photocopiée et distribuée aux élèves. Ils doivent relier l'objet à l'élément correspondant.

L'enseignant peut également mener cette activité en amenant les différents objets en classe.



FLUOR



CARBONE



ALUMINIUM



ARGENT ET OR



CUIVRE



SODIUM



ETAIN



CALCIUM

Analyse d'images

Deux images se trouvent sur la page suivante. Elles peuvent être distribuées aux élèves et faire l'objet d'une analyse. Ils peuvent par exemple entourer ce qui les intrigue dans l'image.

La première représente un **laboratoire d'alchimiste**. C'est une peinture de Hans Vederman de Vries, peintre et architecte flamand (1595).

Quelques inscriptions sont explicatives mais la plupart sont d'ordre mystique. De plus, l'alchimiste à genoux qui prie démontre bien le lien entre alchimie et religion.

Sur la droite de l'image, on remarque le laboratoire avec de nombreuses fioles, un four ainsi qu'un appareil de distillation et condensation au premier plan. C'est la partie scientifique de l'image.

Les instruments de musique sur la table du centre suggèrent que la musique contribuait aussi au travail de l'alchimiste.

La seconde image montre une **expérience de Lavoisier** sur la respiration humaine.

Lavoisier mène plusieurs expériences sur la respiration animale qui lui permettent de démontrer que la respiration soustrait de l'air vital (oxygène) et produit de l'air fixé (le gaz carbonique). Il confirme qu'il se produit la même chose chez l'homme en réalisant des expériences sur son collaborateur Armand Seguin qui est probablement l'homme assis avec un masque sur le dessin.

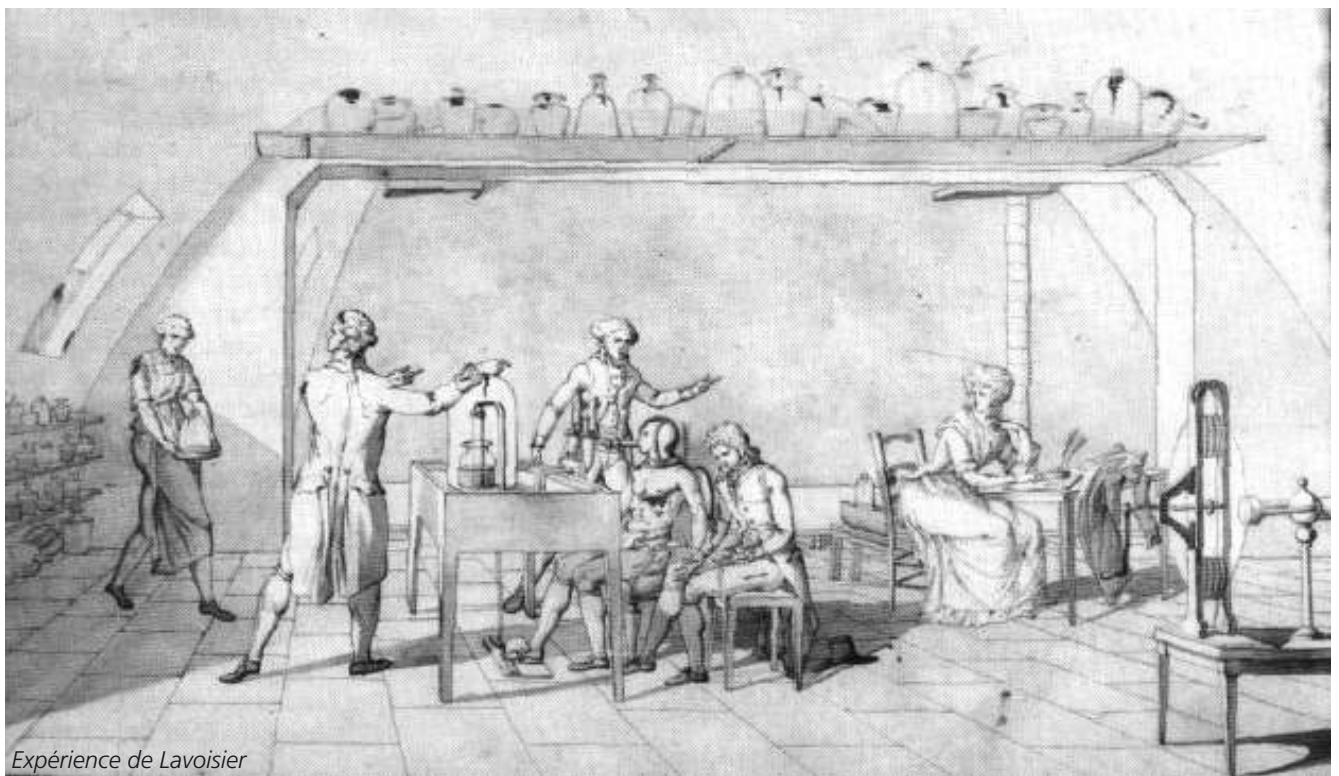
Lavoisier calcule que sa consommation d'oxygène au repos et à jeun, à une température ambiante de 32,5 degrés centigrades, est de 400 mL par minute.

Contrairement au laboratoire de l'alchimiste qui recèle un côté mystique, le laboratoire de Lavoisier est purement expérimental et scientifique.

Cette aquarelle a été réalisée en 1793-1794 par sa femme Marie-Anne que l'on voit assise à droite de l'image et qui prend des notes de manière scrupuleuse. Elle a été d'une aide précieuse dans le laboratoire de son mari.



Laboratoire d'alchimie

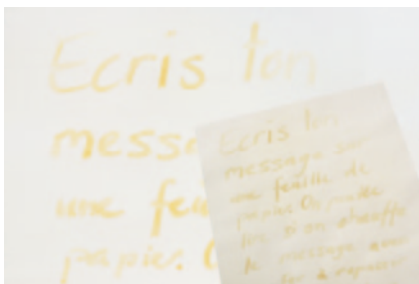


Expérience de Lavoisier

APRÈS LA VISITE

Petites séries d'expériences pour découvrir les éléments

A. le carbone



© OSL 2009, Urban Fraefel

1. Messages secrets*

Matériel :

- lait
- cotons-tiges
- une feuille de papier

Expérience

Tremper la pointe du coton-tige dans le lait et écrire un message sur une feuille. Laisser sécher.

Chauffer le message avec un fer à repasser, en mettant un tissu sur la feuille ou simplement en le plaçant à côté d'une flamme de bougie.

Au bout d'un certain temps, le message apparaîtra brun.

On peut utiliser du jus de citron ou du vinaigre à la place du lait.

Explication chimique

Le lait, le citron ou le vinaigre proviennent d'organismes vivants. Ils contiennent donc du carbone.

Lorsqu'on les chauffe, le carbone de l'encre secrète brunit le papier.

2. Transformer le sucre en carbone

Matériel

- 3 pots en verre, verres à boire ou petites assiettes
- sucre en poudre
- cendre
- briquet ou allumettes

Expérience

Créer 3 tas :

- un de sucre
- un de cendre
- un composé d'un mélange de sucre et de cendre. Il faut un peu plus de sucre que de cendre.

ATTENTION !
Ces expériences
doivent être réalisées
par un adulte.
Port de lunettes et
gants fortement
conseillés.



Placer chaque tas dans une assiette ou sur le fond d'un verre retourné. Essayer de mettre le feu avec le briquet ou une allumette à chacun des tas.

On remarque que seul le mélange sucre/cendre brûle. La cendre ne bouge pas et le sucre seul se caramélise.

Explication chimique

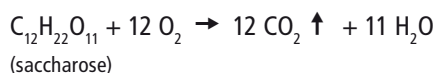
Le sucre se caramélise : il s'oxyde et brunit.

La cendre ne brûle pas (produit minéral, carbonate de potassium non combustible).

Le mélange, en revanche, contient tous les éléments utiles à la combustion : carbone et hydrogène provenant du sucre, la cendre agissant comme catalyseur de combustion.

Le dioxygène vient de l'air.

Formule chimique :



3. Produire du gaz carbonique (CO₂)

Matériel

- un verre
- poudre à lever
- vinaigre (ou jus de citron ou Coca)
- allumette

Expérience

Mettre une cuillère à café de poudre à lever dans un verre. Ajouter une giclée de vinaigre. Le mélange se met à mousser comme une boisson gazeuse.

Allumer une allumette et la plonger dans le verre sans la laisser tomber. Elle s'éteint !

Un gaz qui éteint la flamme a été produit. C'est du CO₂.

Explication chimique

Dans la poudre à lever se trouve du bicarbonate. Celui-ci est décomposé par le vinaigre qui est un acide. Du CO₂ est alors produit. Lorsque l'on met de la poudre à lever dans un gâteau, du CO₂ est aussi produit grâce à la chaleur, ce qui permet à la pâte de lever.





© OSL 2009, Urban Fraefel

4. Le volcan Coca-Mentos*

Matériel

- une bouteille de Coca light (0,5 litre)
- une feuille de papier
- une épingle
- 2 à 6 pastilles de bonbons Mentos

Expérience

Enrouler la feuille de papier en tube de manière à ce qu'elle entre tout juste dans le goulot de la bouteille. L'enfoncer de 2-3 cm dans l'ouverture.

Faire passer l'épingle à travers le tube de papier juste au-dessus de l'ouverture de la bouteille.

Mettre 2 à 6 pastilles de Mentos dans le tube. Elles seront retenues par l'épingle.

Retirer l'épingle.

Dès que les pastilles tombent dans le Coca, de la mousse se forme et un jet de Coca se produit en quelques secondes.

Explication

Les boissons gazeuses contiennent du gaz carbonique dissous qui se dégage si, par exemple, on secoue la bouteille.

Le Mentos est un bonbon rugueux qui possède un très grand nombre d'aspérités à sa surface, probablement dues à l'enrobage de sucre. L'introduction de plusieurs Mentos dans la boisson gazeuse amorce la production des bulles de gaz carbonique très rapidement et en grande quantité. Le gaz carbonique dissout s'accumule alors sur les premières bulles formées, les faisant grossir rapidement pour finalement s'échapper de la bouteille. Suite à la surpression créée, les bulles entraînent avec elles le Coca.

ATTENTION !

Expériences 4 et 5 à réaliser à l'extérieur. Ne pas laisser traîner l'alcool à brûler, très inflammable !



5. Le serpent TIKI*

Matériel

- une grande assiette
- une rondelle de ouate ou un mouchoir
- alcool à brûler
- 1 tablette de bonbon TIKI (se trouve en kiosque)
- allumettes

Expérience

Poser la rondelle de ouate ou le mouchoir plié sur l'assiette. Imbiber d'alcool à brûler.

Casser la tablette de TIKI en 4 et la répartir sur la rondelle de ouate.

Allumer le tout.



© OSL 2009, Urban Fraefel

Au bout d'un moment, les morceaux de TIKI commencent à grossir et forment des serpents noirs de plusieurs centimètres de longueur.

Explication chimique

Les TIKI contiennent du sucre et du bicarbonate. Le sucre des tablettes brûle et, simultanément, le bicarbonate agit comme de la poudre à lever : il forme du CO_2 qui gonfle le sucre en train de brûler. Au final, il ne reste que du charbon qui forme des sortes de serpents noirs.

B. le fluor

6. Le fluor protège les dents : la preuve avec un œuf !*

Matériel

- 1 œuf
- dentifrice riche en fluor (ou la gelée au fluor Elmex)
- 1 verre
- vinaigre

Expérience

Recouvrir la moitié de l'œuf avec la gelée.

Laisser agir pendant 30 minutes.

Bien rincer l'œuf et le déposer dans un verre. Verser du vinaigre de sorte à recouvrir l'œuf.

Observer la réaction de la coquille de l'œuf : des petites bulles se forment sur la partie non traitée et aucune sur l'autre partie.

Explication chimique

Les bulles qui se forment sont du CO_2 produit par l'attaque acide du calcaire contenu dans la coquille de l'œuf.

Dans la bouche, les bactéries transforment les sucres en acides et celui-ci attaque les dents.

Les substances comme le dentifrice qui contiennent du fluor protègent les dents contre l'attaque des acides.



© OSL 2009, Urban Fraefel

C. les métaux



© OSL 2009, Urban Fraefel

Noble ou pas noble ?*

Matériel

- chiffon de cuivre
- papier d'aluminium
- verre d'eau

Expérience

Poser le chiffon de cuivre sur le papier d'aluminium et plier celui-ci autour. Plonger le tout dans un verre rempli d'eau et laisser agir une journée.

Déplier la feuille d'aluminium après un jour et l'essuyer. En la mettant contre la lumière, on voit des trous.

Explication chimique

Le cuivre et l'aluminium sont tous deux des métaux.

Le cuivre est plus noble que l'aluminium c'est-à-dire qu'il résiste plus longtemps à la corrosion.

Dans le montage ci-dessus, il se crée un léger courant électrique entre les deux métaux qui sont conducteurs. L'aluminium est attaqué. On pourrait dire que le cuivre ronge l'aluminium.

* Ces expériences proviennent de la brochure:

OSL N° 2333,

Y a d'la chimie partout!

Observations et expériences

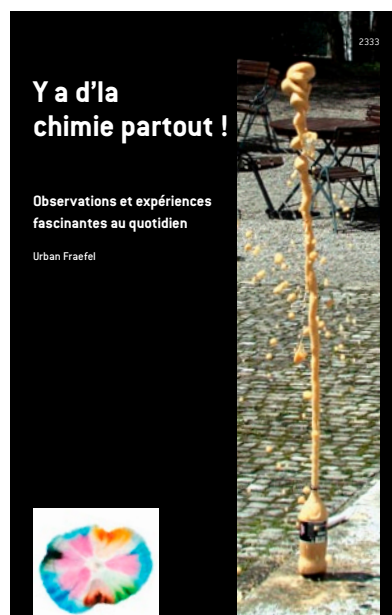
fascinantes au quotidien,

Urban Fraefel

OSL Œuvre Suisse des Lectures pour la Jeunesse

Prix : Fr. 5,- (Fr. 6,- en librairie)

Commandes : www.osl.ch / office@sjw.ch



GLOSSAIRE

Alchimie

Discipline dont le but est de réaliser la transformation des métaux vils comme le plomb en métaux nobles comme l'or ou l'argent. Un autre objectif classique de l'alchimie est la recherche de la panacée (médecine universelle) et la prolongation de la vie via un élixir. La pratique de l'alchimie et les théories de la matière sur lesquelles elle se fonde sont souvent accompagnées de spéculations philosophiques, mystiques ou spirituelles.

Atome

C'est la plus petite particule d'un élément qui existe à l'état libre ou combiné. Chaque atome est formé d'un noyau autour duquel tourne un ensemble d'électrons. Deux types de particules constituent le noyau : les protons et les neutrons. L'atome est électriquement neutre : il comporte autant de protons, chargés positivement, que d'électrons, chargés négativement. Les atomes se différencient par leur nombre de protons. Les isotopes d'un même élément, quant à eux, ont le même nombre de protons et se différencient par leur nombre de neutrons.

Chimie

La chimie est la science qui étudie toutes les substances et leurs réactions entre elles. La chimie élémentaire s'intéresse plus particulièrement aux éléments.

Composé

Un composé chimique est une substance formée par l'assemblage de plusieurs éléments chimiques similaires ou différents. Par exemple, l'eau est un composé d'oxygène et d'hydrogène.

Electrons

L'électron est une particule de charge électrique négative. C'est l'un des composants de l'atome avec les neutrons et les protons.

Les électrons gravitent autour du noyau de l'atome. Ils sont situés dans des régions de l'espace proches du noyau appelées orbitales. Ces régions ne sont en fait que la zone de l'espace où la probabilité de rencontrer un électron est la plus grande.

Ce sont les électrons périphériques qui participent à la plupart des réactions chimiques.

Élément

On appelle élément l'ensemble de tous les atomes qui possèdent le même nombre de protons. Les éléments sont les corps chimiques de base de l'Univers.

Isotope

Si deux atomes d'un même élément ne possèdent pas le même nombre de neutrons, on est en présence de deux isotopes (radioactifs ou non).

Par exemple : pour l'élément hydrogène, on recense l'isotope ^1H hydrogène, l'isotope D (ou ^2H) deutérium et l'isotope T (ou ^3H) tritium

Masse atomique

C'est le poids moyen de l'atome d'un élément donné et elle correspond au nombre moyen de protons et de neutrons du noyau.

La masse atomique mentionnée au-dessous du symbole chimique de l'élément dans le tableau périodique est la masse atomique moyenne de tous les isotopes de l'élément considéré, pondérée par l'abondance relative de ces isotopes sur Terre.

Matière

La matière est la substance qui compose tout corps ayant une réalité tangible. Ses trois états les plus communs sont l'état solide, l'état liquide, l'état gazeux. La matière occupe de l'espace et possède une masse. Ainsi, en physique, tout ce qui a une masse est de la matière.

Numéro atomique

Le numéro atomique (Z) est le terme employé pour représenter le nombre de protons du noyau d'un atome. Dans le tableau périodique, il est situé au-dessus du symbole chimique de l'élément.

Molécule

Une molécule est un assemblage chimique électriquement neutre d'au moins deux atomes qui peut exister à l'état libre. Elle représente la plus petite quantité de matière possédant les propriétés caractéristiques de la substance considérée.

Neutron

Le neutron est une particule de charge électrique totale nulle. Les neutrons sont présents dans le noyau des atomes.

Proton

Le proton est une particule portant une charge électrique positive. Les protons sont présents dans le noyau des atomes.

QUELQUES PERSONNAGES CLEF

Démocrite (460-370 av. J.-C)

Philosophe grec qui développa l'atomisme: l'Univers n'est constitué que d'atomes et de vide, et tous les corps sont formés par des combinaisons d'atomes.

Empédocle (~490 à~430 av. J.-C)

Philosophe, ingénieur et médecin grec. Il est le premier à avoir imaginé les éléments. Selon lui, tout peut être divisé en quatre éléments: la terre, le feu, l'eau et l'air.

Aristote (384-322 av. J.-C)

Philosophe grec, l'un des plus brillants disciples de Platon qui a probablement le plus marqué la philosophie et la science des siècles suivants.

Dans le chapitre des éléments, il renforce la théorie d'Empédocle en associant à chacun des éléments terre, feu, eau et air, deux propriétés fondamentales choisies parmi deux couples de qualités opposées: le chaud et le froid puis le sec et l'humide.

Lavoisier, Antoine Laurent (1743-1794)

Chimiste, philosophe et économiste français souvent reconnu comme le père de la chimie moderne.

Il a énoncé la première version de la loi de conservation de la matière: rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme, citation reprise du philosophe grec Anaxagore (500-428 av. J.-C).

Il rejette la théorie phlogistique, identifie et baptise l'oxygène (1778) et participe de manière très influente à la réforme de la nomenclature chimique.

Marignac, Jean-Charles Galissard de (1817-1894)

Chimiste suisse qui étudie à l'académie de Genève (1833-1835) puis à Paris (Ecole polytechnique et Ecole des mines, 1835-1839).

Il est nommé professeur à Genève (chimie en 1841, minéralogie en 1845). Marignac a déterminé les masses atomiques de vingt-huit éléments.

Après sa retraite pour des raisons de santé en 1878, il découvre deux éléments nouveaux, l'ytterbium en 1878 et le gadolinium en 1880, ceci dans le laboratoire installé à son domicile privé au 18 rue Sénebier.

Mendeleïev, Dmitri Ivanovitch (1834-1907)

Chimiste russe principalement connu pour son travail sur la classification périodique des éléments, publié en 1869 et également appelé tableau périodique de Mendeleïev.

Il déclara que les éléments chimiques pouvaient être arrangés selon un modèle qui permettait de prévoir les propriétés des éléments non encore découverts.

POUR ALLER PLUS LOIN

Publications

La chimie, Ann Newmark en association avec le Science Museum de Londres, Editions Gallimard, 1994. 63 p.

La chimie c'est élémentaire ! Robert Winston, Edition Nathan, 2008. 95 p

Dans le laboratoire de Lavoisier, Bernadette Bensaude-Vincent, Editions Nathan, 1993. 78 p.

Y a d'la chimie partout ! Urban Fraefel, Œuvre Suisse des Lectures pour la Jeunesse, Zürich, 2009. 31 p.

Expériences amusantes de chimie, Christian Wolf, Œuvre Suisse des Lectures pour la Jeunesse, 1995. 31 p.

1000 infos sur les sciences, John Farndon, Editions Gründ, 2003. 222 p.

Sites internet

<http://histoirechimie.free.fr/> : Site réalisé à partir d'un cours de Georges Bram, professeur de chimie et d'histoire de la chimie à la faculté des sciences de Paris Sud-Orsay, à la retraite

<http://profmokeur.ca/> : Site canadien avec beaucoup d'informations sur les éléments et quelques expériences

http://www.unige.ch/sciences/chimie/?partages/mendeleev_fr.php : Site dédié au tableau périodique des éléments réalisé par la section de chimie et de biochimie de l'Université de Genève

<http://www.lavoisier.cnrs.fr/index.html> : Site présentant toutes les œuvres de Lavoisier

<http://historyofscience.free.fr/Comite-Lavoisier> : Site complet sur Lavoisier réalisé par le Comité Lavoisier de l'Académie des Sciences de Paris

http://archives.universcience.fr/francais/ala_cite/expo/tempo/aluminium/science/mendeleiev/mendeleiev.swf : Application interactive pour mieux connaître le tableau périodique

<http://www.universalis-edu.com> : Encyclopédie Universalis en ligne

<http://wikidebrouillard.org> : Site présentant de nombreuses expériences

Auteur du dossier	Maha Zein
Mise en page	Corinne Charvet
Maquette	Florence Marteau
Conseillers scientifiques	Rolf Haubrichs et Didier Perret
Commissaires d'exposition	Stéphane Fischer, Gilles Hernot, Laurence-Isaline Stahl-Gretsch
Impression	Centrale Municipale d'Achat et d'Impression de la Ville de Genève (CMAI)



H	
Li	B
Na	M
K	C
Rb	S
Cs	B
Fr	R



VILLE DE
GENÈVE

DÉPARTEMENT DE LA CULTURE

musée d'histoire
des sciences

128, RUE DE LAUSANNE
1202 GENÈVE
TÉL: +41 (0)22 418 50 60
FAX: +41 (0)22 418 50 61

OUVERT TOUS LES JOURS SAUF LE MARDI
DE 10H À 17H
BOUTIQUE-BIBLIOTHÈQUE
WWW.VILLE-GE.CH/MHS

BUS: 1, ARRÊTS SÉCHERON
BUS 11-28 (ARRÊT JARDIN BOTANIQUE)
TRAM: 13, 15, ARRÊT JARDIN BOTANIQUE
BATEAU MOUETTES M4 (ARRÊT CHÂTEAUBRIAND)
GARE CFF DE GENÈVE CORNAVIN À 15 MIN À PIED