



DOSSIER PÉDAGOGIQUE



**A PLEIN GAZ !
SUR LES PAS DES CHIMISTES DES TEMPS
MODERNES**

INTRODUCTION

Le CNHS est une asbl fondée en 1958 ayant pour objectifs la promotion et la diffusion de l'histoire des sciences en Belgique. Dans le cadre scolaire, nous organisons des activités éducatives autour de thèmes précis alliant histoire et science.

Grâce au soutien de [Research in Brussels](#), le CNHS a développé des animations prévues pour se dérouler dans les classes de la 4ème à la 6ème primaire. Les animateurs se rendent dans les écoles avec leur mallette pédagogique contenant tout le matériel nécessaire à l'atelier. Au programme : des animations multimédia développant l'aspect historique des découvertes scientifiques, des jeux et des expériences que les élèves réaliseront eux-mêmes par petit groupe. Le matériel utilisé est issu pour la plupart de la vie quotidienne afin que les enseignants qui le désirent puissent les refaire eux-mêmes les années suivantes.

Le présent dossier développe un des aspects de l'animation : la découverte des gaz par les grands chimistes des temps modernes. Il devrait permettre aux enseignants de la préparer et de la prolonger en classe.

Lors de l'atelier en classe, les élèves suivront les pas des grands chimistes du 17^e et du 18^e siècle à travers des expériences ludiques et interactives.

Des activités pédagogiques pour poursuivre l'apprentissage sont proposées en annexe.

Les objectifs de l'atelier :

- découvrir les gaz et leurs propriétés
- comprendre les circonstances de la découverte des gaz
- apprendre à observer et à exprimer le résultat d'observations
- apprendre un nouveau vocabulaire
- stimuler la créativité durant les ateliers
- sensibiliser à l'histoire des sciences

Le public visé :

Nous visons un public scolaire : les trois dernières années du primaire.

Il s'agit d'une activité transversale qui peut s'insérer tant dans le programme des sciences que celui d'histoire.

Liens avec le programme

Primaire - 3^e cycle (10-12 ans) : Eveil scientifique

- La matière: propriétés et changements d'état
- La notion de dilatation
- Les états de la matière
- L'air et la pression atmosphérique

Primaire - 3^e cycle (10-12 ans) : Histoire

- Exploiter des sources historiques
- Le mode de vie des gens à une époque déterminée
- L'évolution du mode de vie des gens (Préhistoire, Antiquité, Moyen-âge...)
- Les grandes découvertes

Vous souhaitez que les animateurs du CNHS se rendent dans votre école ?

Rien de plus simple, contactez Madame Vanhorenbeeck, la secrétaire au 025195612 ou envoyez un mail à info@astrolabium.be.

Pour tout renseignements complémentaires, contactez Laetitia Florent, coordinatrice de l'asbl, par téléphone au 025195612 ou par mail à astrolabium@astrolabium.be

Les animations sont gratuites en 2011 et 2012 grâce à [Research in Brussels](#).

I. HISTOIRE DE LA CHIMIE DES GAZ

A. Présentation

Substances invisibles et pourtant essentielles à notre vie et à tous les organismes vivants sur terre, les gaz sont restés inconnus jusqu'à l'époque moderne. Seul « l'air » était considéré comme un élément qu'on ne pouvait pas décomposer.

C'est seulement au XVII^{ème} siècle, grâce à l'usage de l'expérimentation, que commence véritablement l'histoire de la chimie des gaz. Les grandes découvertes des composés de l'air et de l'eau auront lieu au siècle suivant. Le nom de Lavoisier, qui vécut dans la seconde moitié du XVIII^{ème} siècle, est souvent évoqué comme le maître d'œuvre d'une révolution scientifique, comme le fondateur de la chimie « moderne ». Mais c'est en réalité le résultat d'un effort collectif, dû à plusieurs chercheurs qui se lancèrent dans l'expérimentation avec les gaz.

Ce dossier retrace la découverte des premiers gaz par les grands chimistes de l'époque moderne. Il a pour but de vous aider à préparer ou poursuivre l'atelier proposé par le CNHS.

B. Vocabulaire

Air atmosphérique : l'air qui compose l'atmosphère qui nous entoure est un mélange de gaz, composé à 78 % d'azote (diazote, N_2), 20% d'oxygène (dioxygène, O_2), et moins de 1% de divers gaz rares (argon, néon etc.). En outre, il contient, en quantité variable, des traces de dioxyde de carbone (CO_2) et d'hydrogène (dihydrogène, H_2). La pression de l'air diminue avec l'altitude.

Dioxyde de carbone ou gaz carbonique : c'est un gaz composé d'atomes de carbone et d'oxygène, produit (entre autres) par la combustion du charbon. Il est utilisé par les plantes lors de la photosynthèse. C'est un des premiers gaz décrits comme une substance distincte de l'air atmosphérique.

Eau : l'eau est une combinaison d'atomes d'hydrogène et d'oxygène (H_2O). Elle se présente généralement à l'état liquide mais peut passer à l'état solide (glace) ou gazeux (vapeur d'eau).

Gaz : un gaz est un ensemble d'atomes ou de molécules très faiblement liées entre elles. Il se présente sous forme « gazeuse » (par opposition à solide ou liquide), sans forme ni volume propre.

Hydrogène : l'hydrogène est un gaz léger, qui brûle dans l'air (combinaison avec l'oxygène) en produisant de l'eau (H_2O). Il est présent dans l'air sous forme de traces. On l'obtenait jadis industriellement, par réaction d'acide sur le métal, ce qui entraînait la fixation de l'oxygène et la libération de l'hydrogène.

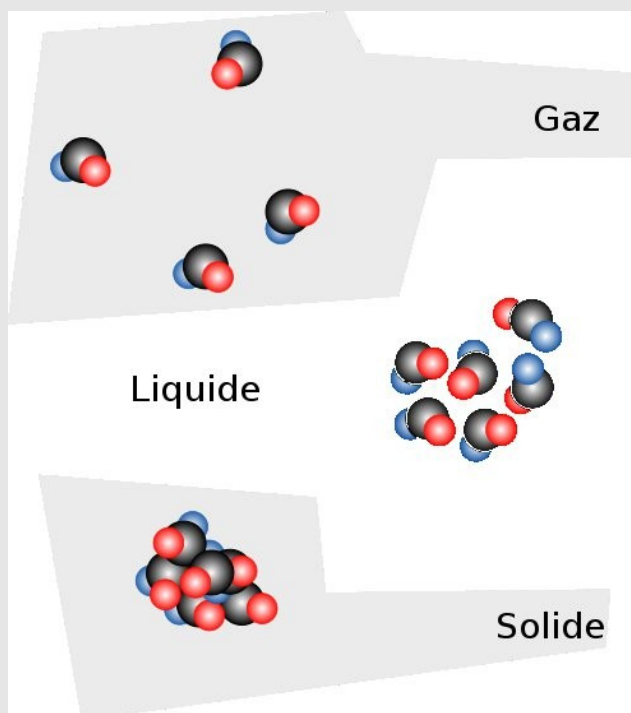
Oxygène : l'oxygène est un gaz qui, dans l'air atmosphérique, se présente sous la forme d'une combinaison d'atomes (O_2 , dioxygène). Il permet la respiration des êtres vivants (les poumons distribuent aux organes l'oxygène inspiré). Il permet aussi les réactions chimiques de combustion.

Théorie phlogistique : Théorie scientifique dépassée concernant la combustion. Dans cette théorie, la substance inflammable était constituée d'un fluide que l'on avait nommé le phlogistique. La perte de masse résultant d'une combustion était attribuée au départ du phlogistique — la masse qui partait était responsable de la chaleur. La théorie affirme que tous les matériaux inflammables contiennent du phlogiston, une substance incolore, inodore, impondérable qui serait dégagée en brûlant. Une fois brûlée, la substance « déphlogistiquée » apparaîtrait sous sa vraie forme. Quand l'oxygène fut découvert par Joseph Priestley, ce dernier le baptisa « air déphlogistiqué ».

C. Les états de la matière

Toute matière peut se présenter sous l'apparence de trois formes :

- la forme solide, dans laquelle les atomes ou molécules sont fortement liés entre eux. Les solides ont leur forme et volume propres.
- La forme liquide, dans laquelle les molécules sont liées entre elles mais faiblement, de sorte qu'un liquide n'a pas de forme propre mais un volume propre.
- La forme gazeuse, dans laquelle les molécules sont très faiblement liées, de sorte qu'elles peuvent facilement s'éloigner les unes des autres. Un gaz n'a ni forme ni volume propres. Il est très compressible.



D. Antécédents de la chimie des gaz

Au V^{ème} siècle av. J.C. déjà, le philosophe grec *Démocrite* (460-370 av. J.C.) développe la théorie des atomes (petites particules indivisibles dont la diversité de forme et d'arrangement explique la formation de toute matière) et du vide.

Mais durant la plus grande partie de l'Antiquité et du Moyen Âge, c'est la théorie développée par un autre philosophe grec *Aristote* (384-322 av. J.C.) qui va faire autorité. Il se base sur des observations et des spéculations. Aristote considère que toute matière est composée d'un mélange des quatre éléments : eau, terre, feu, air. Ce sont les qualités qui donnent leur « forme » au substrat : chaud, froid, sec et humide. L'air est chaud et humide, le feu chaud et sec, la terre froide et sèche, et l'eau froide et humide. En outre, les éléments peuvent se transformer les uns dans les autres en changeant une des qualités en son contraire (ou en changeant les deux qualités, ce qui est plus difficile).

L'air est donc considéré dans cette théorie comme un élément simple.

Les alchimistes développent en marge de la théorie aristotélicienne la théorie des trois principes : mercure, soufre et sel. L'alchimie (occidentale) est née en Egypte à la fin de l'Antiquité. Elle est ensuite parvenue aux Arabes par leur conquête du sud et de l'est de la Méditerranée, puis, par leur intermédiaire, en Occident à partir du X^{ème} siècle. Elle vise à transformer la matière, plus spécifiquement les métaux vils (cuivre, fer, étain, plomb) en métaux nobles (or et argent), par divers procédés de métallurgie ou de purification. Les alchimistes ne pensent pas créer, mais modifier superficiellement en changeant la « forme » (qualité, propriété) du substrat indifférencié de base. Il s'agit pour eux de l'accélération d'un processus naturel, en remplaçant des qualités imparfaites par des qualités parfaites (l'or est parfait).

Le saviez-vous ? Les alchimistes recherchaient entre autres la pierre philosophale, substance qui permet de changer le plomb en or ; elle est mentionnée dans le premier volume d'Harry Potter.



Un alchimiste à l'ouvrage
(Georg Reisch, Margarita philosophica, 1503)
© Bayerische Staatsbibliothek

Bien que les théories de la matière sur lesquelles ils se basaient se soient avérées fausses, les alchimistes ont contribué à la naissance de la chimie en familiarisant l'usage de l'expérimentation de la matière.

E. Sur les pas des chimistes des Temps Modernes

1. La découverte des gaz et du CO₂

À partir du XVI^{ème} siècle, époque des grandes découvertes, l'homme remet en question les connaissances héritées de l'Antiquité et du Moyen Age. La curiosité scientifique et l'intérêt pour l'homme se développent. On pratique désormais plus systématiquement des expériences, notamment des expériences sur l'air, dont on découvre qu'il n'est pas un élément simple mais un mélange.

C'est un savant bruxellois, Jean-Baptiste van Helmont (1579-1644), dont les recherches paraissent de manière posthume en 1648, qui découvre l'existence des gaz.

Van Helmont (1579-1644) est né et mort à Bruxelles. Il a fait ses études à l'Université de Louvain. C'était un disciple de Paracelse et un adepte de l'alchimie. Connaissant quelqu'un qui prétend avoir obtenu de l'or à partir de mercure, il baptisa son fils François-Mercure. Jean-Baptiste van Helmont fut inquiété par l'Inquisition en raison de ses théories sur le magnétisme, qui incluaient le concept d'action à distance, puis finalement relâché.



Jean-Baptiste van Helmont

Van Helmont effectua une distinction entre l'air, la vapeur d'eau, et les gaz dégagés par la combustion de divers solides ou liquides. Il utilisa pour la première fois le nom de « gaz » (mot qu'il invente vraisemblablement à partir du grec *chaos*). Pour lui, il s'agissait d'eau, sous forme volatile, et chargée d'un « esprit » ou « semence » dépendant du corps et insufflé par Dieu. C'était le corps lui-même, sous une forme différente. Le gaz devient manifeste quand on débarrasse le substrat de son revêtement, en brûlant ce dernier. Cette opération peut être faite par le chimiste ou par la nature (par exemple, le raisin fermente quand on enlève sa peau).

Cet esprit, dit-il, inconnu jusqu'ici qui ne peut être contenu dans des vaisseaux, ni être réduit en un corps visible, je l'appelle d'un nom nouveau, *gaz*.

Van Helmont distinguait plusieurs sortes de gaz. Sa découverte la plus célèbre est celle du gaz carbonique (CO₂), qu'il obtient par diverses réactions chimiques. Notamment, par l'action du vinaigre sur le calcaire. En brûlant du charbon de bois sous une cloche, il constate que la masse des cendres résultantes est inférieure à celle du charbon. Il donne au gaz dégagé le nom « gaz sylvestre » (dans le sens de « sauvage », à cause de sa nature expansive).

Il constata, à l'aide de l'expérimentation (un animal ou une bougie allumée placés sous une cloche de verre), que le gaz carbonique n'entretenait ni la combustion ni la vie.

Il l'identifia aussi comme composant de l'eau pétillante de Spa.



Une des premières bouteilles de Schweppes, appelée « drunken bottle ».

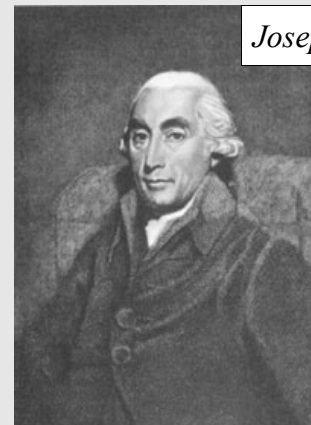
Le saviez-vous ? Joseph Priestley, au XVIII^{ème} siècle, observera également que le gaz carbonique dissous dans de l'eau formait de l'eau gazeuse. Son procédé fut repris par l'Allemand J.J. Scheppe, qui fonde l'entreprise Schweppes en 1790 à Londres

Pour l'anecdote, Van Helmont pensait aussi que « le ferment, qui est une dose de force vitale, peut provoquer la génération spontanée d'êtres vivants »¹ ; par exemple, il affirme avoir fait naître une souris de la fermentation d'un tas de froment avec du linge sale !

Joseph Black (1728-1799) caractérisa le « gaz sylvestre » de Van Helmont vers 1750. Il constata qu'une croûte se formait sur de l'eau de chaux dans un récipient ouvert, mais pas dans un récipient fermé ; une partie de l'air se combinait donc à l'eau de chaux. Il en conclut que l'air n'était pas une substance simple, et appela celle qui se fixait sur l'eau de chaux

l'« air fixe » (*fixed air*, car la chaux le fixe), qui correspondait au gaz sylvestre de Van Helmont. L'air fixe est aussi produit par la respiration (en effet, il suffit de souffler dans un verre d'eau de chaux et elle se trouble).

Joseph Black (1728-1799), Écossais né à Bordeaux, devint professeur à l'université de Glasgow puis d'Édimbourg. Il fut le professeur et l'ami du savant James Watt.



Joseph Black

2. Les propriétés des gaz

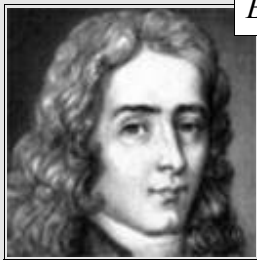
Les gaz ont des caractéristiques propres. Certaines d'entre elles ont été observées très tôt. L'Irlandais *Robert Boyle* (1627-1691) et le Français *Edme Mariotte* (c.1620-1684) élaborèrent séparément une théorie sur la compressibilité des gaz, qui porte leur nom : « loi de Boyle-Mariotte » (appelée parfois loi de Boyle ou loi de Mariotte).

1R. Halleux, Gnose et expérience, p. 227.



Robert Boyle

Boyle (1627-1691) est né dans une famille très aisée de l'aristocratie anglaise d'Irlande. Il participa à la fondation de la Royal Society en 1663. Lui-même était encore convaincu de la transmutation possible des métaux. Boyle écrivit également des ouvrages traitant de la religion ; il a d'ailleurs fondé, dans son testament, une bourse destinée à organiser des conférences sur le christianisme (« Boyle Lectures ») ; ces dernières existent toujours.

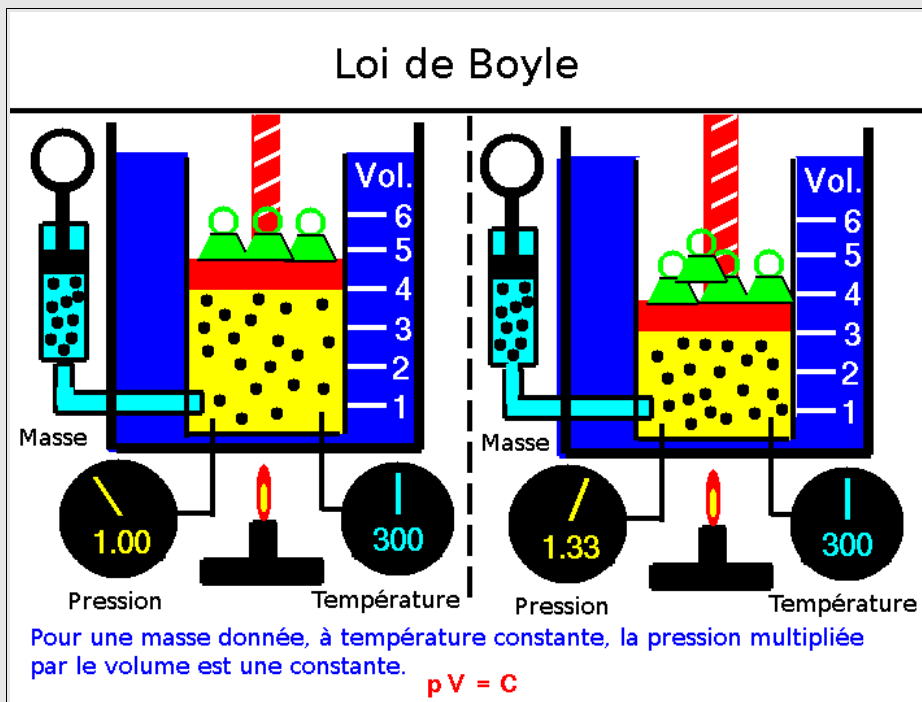


Edme Mariotte

On ne sait pas grand-chose sur la vie de Mariotte (c.1620-1684). Il est probablement né en Bourgogne, vers 1620. Ecclésiastique, il dirigeait le prieuré de Beaumont-sur-Vingeanne. Vers 1667, il devint membre de l'Académie des Sciences, qui venait d'être fondée par le ministre Colbert.

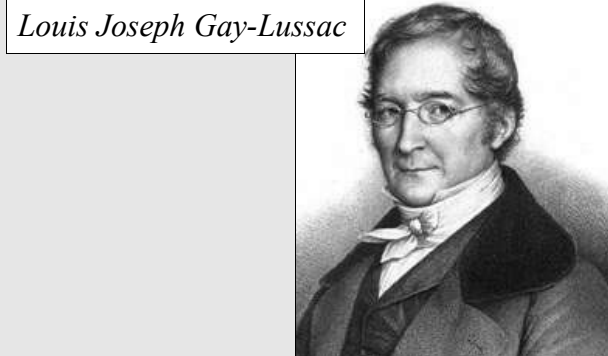
Cette loi relie la pression et le volume d'un gaz réel à température constante. Si la pression augmente, le gaz diminue de volume ; si la pression diminue, le gaz augmente de volume.

Cf. <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/boyle.html>



Une des applications pratiques de cette loi est importante pour les plongeurs : ceux-ci doivent décompresser par paliers en remontant à la surface, pour ne pas faire éclater les tissus de leurs poumons quand la pression diminue.

Une seconde loi, corollaire de la première, fut élaborée au tout début du XIX^{ème} siècle, également par deux savants distincts : les Français *Jacques Charles* (1746-1823) et *Louis Joseph Gay-Lussac* (1778-1850).



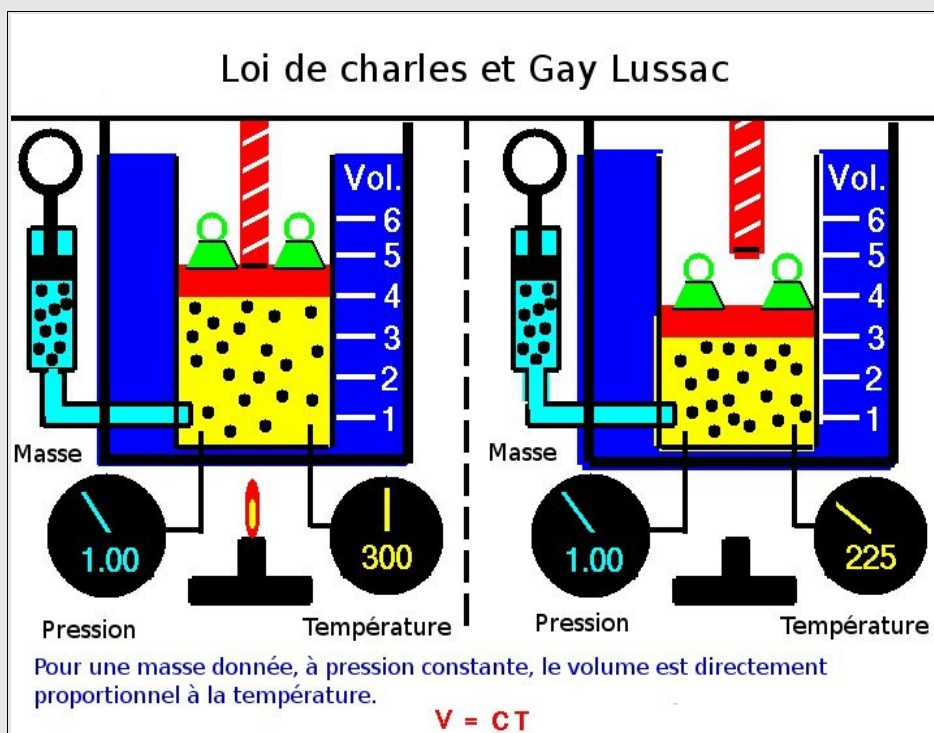
Charles (1746-1823) était membre de l'Académie des sciences. Il fut le premier à utiliser l'hydrogène pour faire voler un ballon en 1783 ; il fallut quatre jours pour le gonfler. Lui-même vola dans un de ses ballons.

Gay-Lussac (1778-1850) sortit diplômé de l'Ecole polytechnique, qui venait d'être fondée. Il fut professeur, membre de l'Académie des sciences et de plusieurs sociétés étrangères. Il devint aussi député et pair de France.

Le saviez-vous ? Le nom de Gay-Lussac fut inscrit au premier étage de la tour Eiffel, avec celui de 71 autres grands savants français.

Tous deux étudièrent la dilatation des gaz. Cette seconde loi, dite « Loi de Charles et Gay-Lussac » relie le volume et la température d'un gaz tenu à pression constante. Autrement dit, le gaz se dilate si on augmente la température.

Cf. <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/aglussac.html>



3. La composition de l'air

3.1. L'oxygène

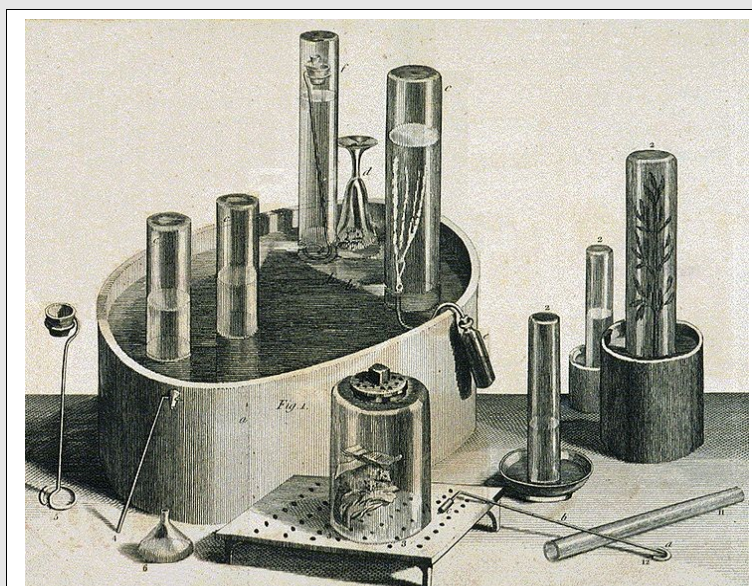
Le XVIII^{ème} siècle voit le développement de la chimie moderne. Il est marqué notamment par la découverte de la composition de l'air, et l'identification de l'oxygène. Plusieurs chercheurs ont isolé, indépendamment, l'oxygène ; notamment *Joseph Priestley* (1733-1804), un pasteur anglais.



Joseph Priestley

Priestley (1733-1804) était un théologien et un pasteur dissident (unitariste et millénariste). Pour cette raison et à cause de son soutien à la Révolution française, des émeutiers incendièrent sa maison et son église à Londres ; il se réfugia aux Etats-Unis où il finit sa vie. Professeur, Priestley était aussi partisan de l'éducation des femmes.

Pour isoler l'oxygène, Priestley chauffa de l'oxyde rouge de mercure dans un bocal à l'aide d'une lentille : il constata que la chandelle y brûlait avec éclat, ou qu'une souris vivait plus longtemps dans ce gaz que dans le même volume d'air atmosphérique. Il avait isolé l'oxygène qu'il appela « air déphlogistiqué ». Ce qui restait quand l'air dephlogistiqué avait disparu, c'était, à l'inverse, de l'« air phlogistiqué » (en fait, de l'azote).



Matériel utilisé par Priestley dans ses expériences sur les gaz.
PRIESTLEY J., *Expériences et observations sur différentes espèces d'air*, 1777, tome 1

À la même époque, la chimie fit une avancée décisive grâce aux travaux du Français *Antoine Lavoisier* (1743-1794).



Lavoisier et son épouse en 1788.

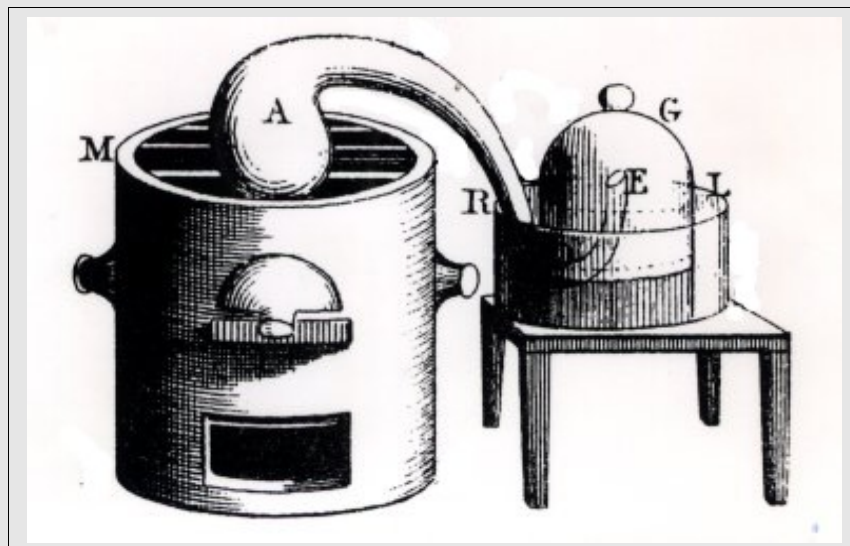
Portrait par David. Metropolitan Museum of Art de New York.

Né et mort à Paris, Antoine Lavoisier (1743-1794) était membre de l'Académie des Sciences. Il était aussi l'un des fermiers généraux (c'est-à-dire percepteurs d'impôts) du royaume. En raison de cette fonction, mais aussi de sa richesse, il fut guillotiné en 1794, durant la Terreur.

Lavoisier accordait une importance très grande au bilan pondéral (ce qui était tout à fait nouveau) et se préoccupait d'avoir à sa disposition des instruments de mesure très précis.

Le saviez-vous ? On raconte que lorsque Lavoisier demanda un sursis, car il avait entamé une expérience et voulait en connaître les résultats, le président du tribunal révolutionnaire lui répondit « La République n'a pas besoin de savants ni de chimistes ; le cours de la justice ne peut être suspendu ». Plus intelligemment, le savant Lagrange déclara : « Cela leur a pris seulement un instant pour lui couper la tête, mais la France pourrait ne pas en produire une autre pareille en un siècle ».

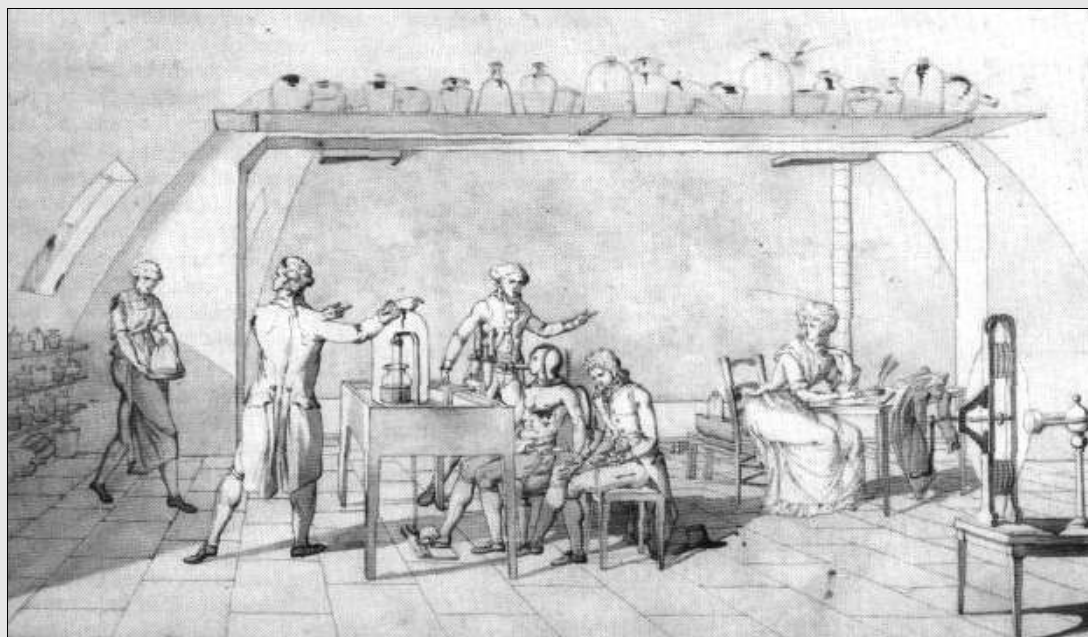
Sa fameuse expérience sur la composition de l'air date de 1776. Il chauffe du mercure dans un bocal en présence d'air. Ensuite il constate que l'air a diminué d'un sixième de son volume, et que des parcelles rouges (oxyde de mercure) se sont formées : l'air manquant s'est lié avec le mercure. La bougie s'éteint dans l'air qui reste, de même que des petits animaux y meurent. Ce gaz résiduel, qui est donc un composant de l'air à 80%, est appelé « mofette atmosphérique » ou azote (c'est-à-dire « privé de vie »). Au contraire l'« air vital » obtenu en chauffant l'oxyde de mercure est appelée « oxygène » (de *oxus*, acide ; c'est en fait du (di)oxygène (O_2)). En recombinaison les deux gaz, Lavoisier reconstitue l'atmosphère de départ, l'air atmosphérique.



Appareil utilisé par Lavoisier pour l'analyse de l'air. A : cornue dans laquelle est chauffé le mercure, par le fourneau M, et dont le bec recourbé E s'engage sous la cloche G, elle-même placée dans un bain de mercure R.
LAVOISIER A., *Traité élémentaire de chimie*, 1789, tome 2, pl. IV.

3.2. La respiration

Lavoisier identifia aussi le rôle de l'oxygène dans la respiration animale et humaine qu'il associa à une combustion. Observant un moineau placé sous une cloche, il constate que celui-ci meurt au bout de quelques temps. L'air demeurant sous la cloche a changé : l'animal a inspiré l'air vital (l'oxygène) et expiré un gaz qui ne permet plus la vie sans être de l'azote (le gaz carbonique). Le même phénomène peut être observé sur les êtres humains.

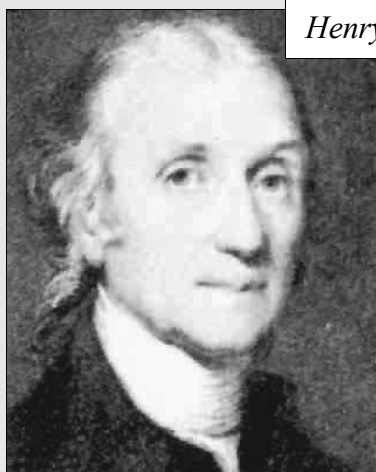


Expérience de Lavoisier sur la respiration humaine, d'après un tableau de Madame Lavoisier

4. La composition de l'eau

4.1. L'hydrogène

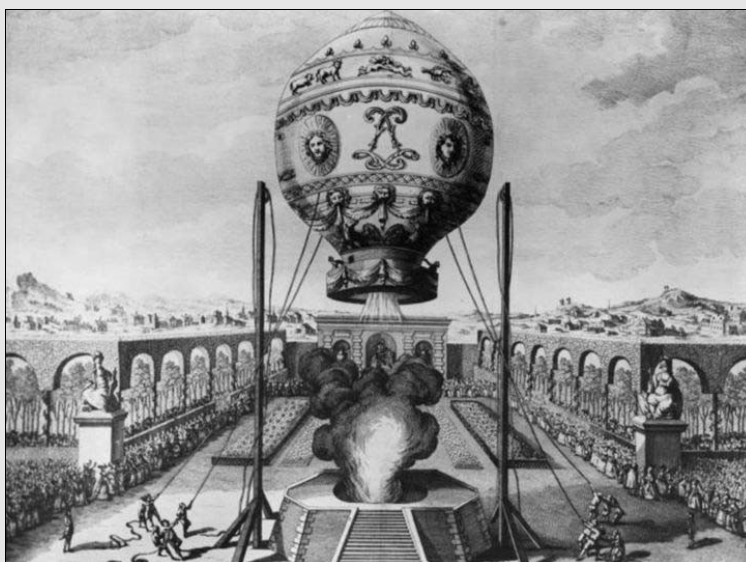
La composition de l'eau est approchée dans un premier temps par l'Anglais *Henry Cavendish* (1731-1810). Il découvre vers 1765 l'hydrogène, se dégageant de la réaction de l'acide chlorhydrique sur le zinc. En raison de l'inflammabilité de ce gaz, Cavendish l'appela *inflammable air* (air inflammable). Cavendish pensait avoir isolé le phlogistique.



Henry Cavendish

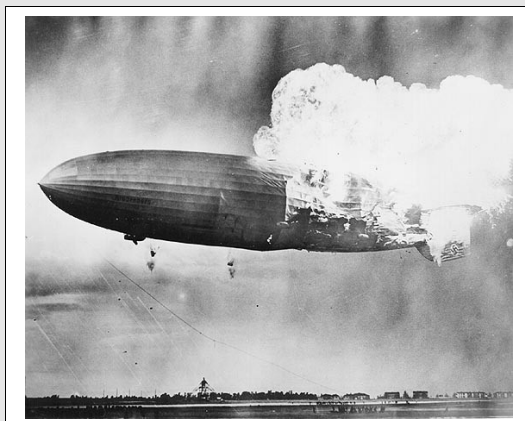
Issu de la haute aristocratie britannique, Henry Cavendish (1731-1810), riche et généreux, vivait retiré du monde. Il était en effet extrêmement timide (on dit qu'il ne parla pas à une femme de sa vie, car il ne communiquait avec ses servantes que par petits mots).

L'hydrogène fut presque 20 ans plus tard utilisé pour faire voler les premiers aérostats (notamment celui des frères Montgolfier en 1783).



Premier vol habité en 1783

L'inflammabilité et donc la dangerosité de l'hydrogène devinrent cependant manifestes, et en 1937, lors de l'explosion aux Etats-Unis du zeppelin allemand Hindenburg, l'hydrogène fut abandonné comme gaz d'aérostation :



Explosion du Hindenburg en 1937

4.2. La composition de l'eau

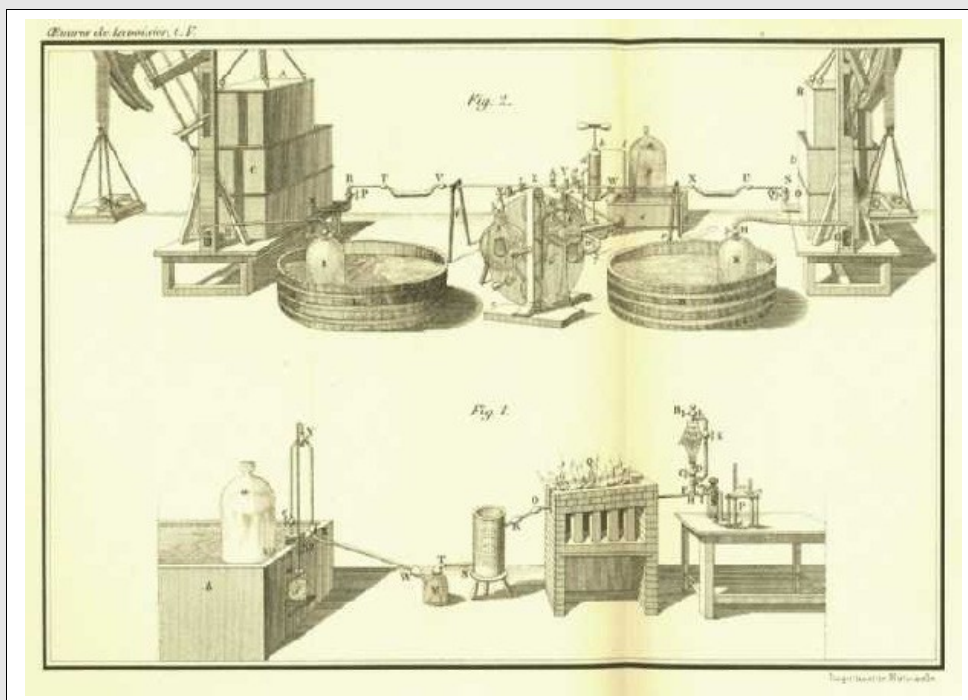
Le fait que la combustion de l'hydrogène et de l'air produisait de l'eau fut déjà observé dans les années 1776/77 par Pierre Joseph Macquer :



Expérience de Macquer sur la synthèse de l'eau (L. Figuier, Les merveilles de l'industrie, p. 5).

En 1784, Henry Cavendish publia ses propres observations sur la combustion de l' « air inflammable » et de l'air, soit la synthèse de l'eau. Mais ses conclusions n'étaient pas encore très claires (il invoquait toujours le « phlogistique », théorie en vogue au XVIII^{ème} siècle que Lavoisier écartera définitivement).

Lavoisier étudia également la question de la composition de l'eau. De même qu'à l'occasion de ses études sur l'air, il accorda une grande importance à la précision des mesures. Il montra, en 1784/85, à l'aide d'un appareillage complexe et coûteux et d'expériences durant plusieurs mois, qu'on pouvait décomposer et recomposer l'eau : on la décompose par l'action de l'eau sur le fer, qui libère l'hydrogène ; on la recompose en faisant brûler l'hydrogène dans l'oxygène. C'est aussi Lavoisier qui donna aux deux gaz les noms de « hydrogène » et « oxygène ». Lavoisier prouva en conséquence que l'eau n'était donc pas un élément simple. En outre, qu'elle était composée d'hydrogène à 15%, et d'oxygène à 85% (ce qui est très proche des valeurs actuellement connues).

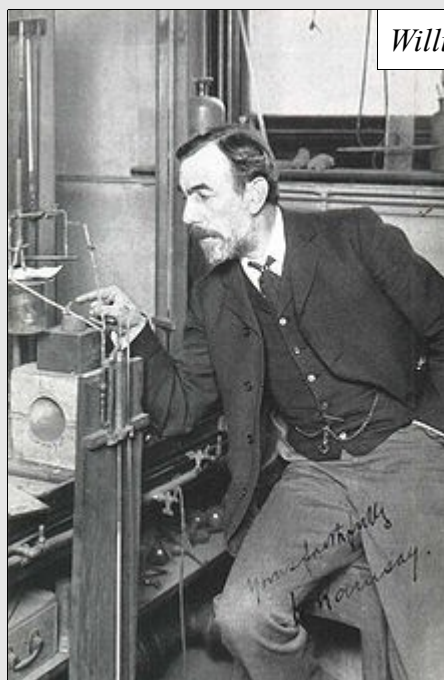


Expérience de Lavoisier : en bas, appareil de décomposition de l'eau ; en haut, appareil de synthèse de l'eau.

Œuvres de Lavoisier, 1892, tome 5.

5. Les gaz rares

Certains gaz n'ont été découverts que relativement récemment. Les gaz rares (aussi appelés gaz nobles) constituent une petite partie de l'air atmosphérique, bien loin derrière l'azote et l'oxygène. Ils ont été découverts à la fin du XIX^{ème} siècle, par le Britannique *William Ramsay* (1852-1916).



William Ramsay

Né en Écosse, William Ramsay (1852-1916) reçut, entre autres nombreuses distinctions, le prix Nobel de Chimie en 1904.

Les gaz rares, argon, néon, hélium, krypton, xénon et radon, ont pour particularité d'être très peu réactifs. L'un d'entre eux, le néon, est utilisé dans la composition de certaines lampes.

BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE

Liens internet :

<http://phys.free.fr/exlavoi.htm> (sur l'expérience de composition de l'air de Lavoisier)

Photos et images :

Image: <http://www.insu.cnrs.fr/co/images/5888>

Pour l'enseignant :

BAUDET J., *Penser la matière. Une histoire des chimistes et de la chimie*, Paris : Vuibert, 2004.

HALLEUX R., "Gnose et expérience dans la philosophie chimique de Jean-Baptiste Van Helmont", *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, (Classe des Sciences), 5e série, 65, 1979, pp. 217-229.

Id., "Le procès d'inquisition du chimiste Jean-Baptiste Van Helmont", *Comptes-rendus des séances - Académie des inscriptions et belles-lettres*, année 2004, Volume 148, Numéro 2, pp. 1059-1086.

COSTABEL P. (dir.), *Mariotte, savant et philosophe (†1684). Analyse d'une renommée*, Paris : Vrin, 1986.

PAGEL W., [Joan Baptista Van Helmont](#), *reformer of science and medicine*, Cambridge University Press, 1982.

VAN TIGGELEN B., *Chimie et chimistes de Belgique*, Bruxelles : Labor, 2003.

VIDAL B., *Histoire de la chimie*, Paris : PUF (Que sais-je?), 1998².

FAUQUE D., « La grande expérience de Lavoisier », *Pour la Science*, 336, 2005, p. 14-19.

Pour l'élève :

ANNEAUX A., *A la découverte de l'eau - Les petits débrouillards*, Albin Michel Jeunesse , 2006

CLAYBOURNE A., *L'Histoire des Sciences*, Usborne , 2011

DELOBBE A., *La Chimie, Un œil sur...*, Publications de l'École Moderne Française – PEMF, 2002

DINGERSHEIM C. , *La chimie*, Kézako, Editions Mango , 2004

GRINBERG D., *Expériences avec l'air*, Fernand Nathan, 2006

NESSMAN P. , *La matière : En 36 expériences* , Kézako, Editions Mango , 2010

NESSMAN P. , *L'Air*, Kézako, Editions Mango , 2002

Sauf mention spéciale, toutes les images et photos de ce dossier sont sous licence Creative Commons 

II. EXPÉRIENCES DE L'ATELIER

1. EXPÉRIENCES SUR L'AIR

1.1 Expérience du sac plastique

Matériel : Un sac plastique

Mode opératoire : Peut-on attraper de l'air ?

Imaginer un moyen de remplir un sac avec de l'air : ouvrir le sac dans la classe ; souffler dedans ; courir dans la cour avec le sac ; etc.

L'air existe et est de la matière puisqu'on peut l'attraper et en remplir un récipient.

Comment prouver que le sac contient quelque chose ? Les élèves proposent de « vider » le sac après l'avoir percé. Ils pensent sentir l'air sortir.

1.2 Expérience du gobelet

Matériel : un gobelet, un morceau de carton rectangulaire un peu plus grand que la surface du gobelet, de l'eau

Mode opératoire : remplir le gobelet à ras bord. Mettre le carton sur le gobelet et retourner celui-ci. Lachez le carton.

1.3 Expérience du bouchon

Le matériel : Un bouchon en liège - un aquarium contenant de l'eau colorée à l'encre - une petite bouteille d'eau en plastique.

Mode opératoire :

- Dépose le bouchon à la surface de l'eau.
- Retourne la bouteille juste au-dessus du bouchon et enfonce-la dans l'eau.
- Que fait le bouchon? Constatation : Le bouchon en liège semble couler dans l'eau !

Explication : Le bouchon flotte à la surface de l'eau. Pour les mêmes raisons que celles citées lors du premier défi, le niveau de l'eau ne remonte pas complètement dans le récipient. Donc, si nous ne regardons pas attentivement, nous avons l'impression que le bouchon coule. En fait, il flotte toujours à la surface mais le niveau d'eau est plus bas.

Si nous dévissons le bouchon, nous sentons un léger courant d'air sortir de la bouteille et nous voyons le bouchon remonter au niveau de départ.

Comment faire « monter » le bouchon en liège plus haut que le niveau de l'eau dans l'aquarium ?

En aspirant l'air qui se trouve dans la bouteille et en remettant le bouchon de la bouteille le plus vite possible.

Il existe une autre technique pour faire « monter » le bouchon plus haut que le niveau de l'eau dans l'aquarium : dévissez le bouchon. Ensuite enfoncez au maximum la bouteille, remettez le bouchon en serrant bien. Et finalement, soulevez la bouteille.

2. EXPÉRIENCES SUR LE CO₂

2.1 Observer de l'eau gazeuse

Matériel : Une bouteille d'eau gazeuse, un ballon de baudruche

Mode opératoire : Ouvrir une bouteille d'eau gazeuse et mettre rapidement un ballon sur le goulot

Explication : Le gaz présent dans les boissons gazeuses est du dioxyde de carbone. Dans la réalité, il est introduit sous pression (pour un élève de primaire, on peut dire qu'on met beaucoup de gaz dans les bouteilles en usine) dans les boissons gazeuses afin de dissoudre beaucoup de gaz dans l'eau. En ouvrant une bouteille de boissons gazeuses, la pression diminue et la majeure partie du gaz va se libérer. C'est pour cette raison que notre gaz ne restera pas dans notre eau sucrée puisqu'on ne l'introduit pas sous pression.

2.2 Fabriquer du CO₂

Matériel : Du bicarbonate de sodium (alimentaire), du vinaigre, 1 petite bouteille en plastique, 1

entonnoir, 1 ballon de baudruche, 1 cuillère à soupe.

Mode opératoire :

1. Versez deux cuillères à soupe de vinaigre dans la bouteille.
2. Versez 2 cuillères à café de bicarbonate de sodium à l'intérieur du ballon de baudruche, à l'aide de l'entonnoir.
3. Enfile le ballon sur le goulot de la bouteille. Assure-toi que le ballon tient au bord du goulot de la bouteille.
4. Soulève le ballon pour faire tomber le bicarbonate dans la bouteille.
5. Que se passe-t-il?

Explication

Lorsque le bicarbonate tombe dans la bouteille, des bulles se forment dans le liquide et le ballon se met à gonfler. Ces bulles sont produites par la réaction chimique entre le vinaigre et le bicarbonate. Cela nous permet de dire qu'un des produits de la réaction chimique entre le vinaigre et le bicarbonate est un gaz puisqu'il gonfle le ballon. Grâce au ballon, on capture un gaz invisible produit par une réaction chimique! Le gaz produit est du dioxyde de carbone. Il s'agit du même gaz que nous expirons.

Pour le prouver, nous allons récupérer le gaz produit et l'introduire dans l'eau de chaux.

2.3 Réaction du CO₂ avec l'eau de chaux

Matériel : eau de chaux, gobelet ou bocal transparent, tuyau en plastique.

Mode opératoire 1:

1. Versez 5 cl d'eau de chaux dans le gobelet
2. Récupérer le ballon de l'expérience précédente en le fermant avec le pouce et l'index, il ne faut pas que le gaz s'échappe.
3. Introduire un tuyau en plastique dans le ballon et bien sceller avec du papier collant.
4. Mettre le tuyau dans le gobelet contenant 5 cl d'eau de chaux et laisser sortir le gaz dans l'eau de chaux.
5. Que se passe-t-il ?

Mode opératoire 2 :

1. Versez 5 cl d'eau de chaux dans le gobelet
2. Expirez dans l'eau de avec le tuyau en plastique
3. Que se passe-t-il ?

3. LA DILATATION

Matériel : Un grand bol, un récipient rempli de glaçons, une bouteille en plastique, de l'eau, un ballon, une bouilloire

Mode opératoire :

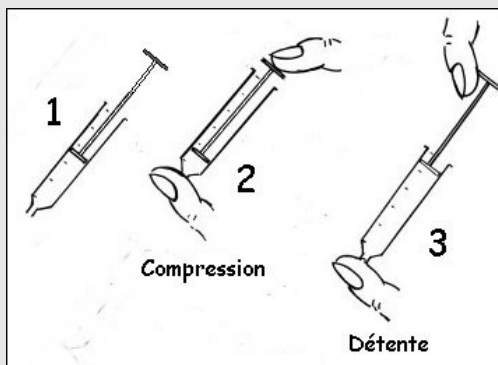
1. Faire chauffer une bouteille dans l'eau très chaude, mettre un ballon sur le goulot et la plonger dans la glace.
2. Mettre la même bouteille dans l'eau très chaude.
3. Que se passe-t-il ?

4. LA COMPRESSION

Matériel : une seringue, de l'eau, un petit solide

Mode opératoire : De l'air enfermé dans une seringue peut être comprimé ou détendu. Au cours de ces manipulations, l'opérateur ressent l'élasticité manifestée par l'air.

Refaire la même expérience avec de l'eau et un solide



Réaliser un tableau reprenant les caractéristiques des 3 états. :

Forme propre ?

Compressible ?

Expansible ?

Volume défini ?

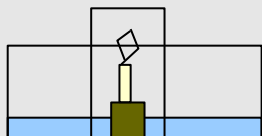
5. COMPOSITION DE L'AIR

5.1 Bougie

Matériel : une bassine avec un fond d'eau colorée avec de l'encre, une bougie et un bocal (assez grand)

Mode opératoire : Placer la bougie dans la bassine et l'allumer.

Mettre le bocal sur la bougie et chronométrer le temps que la bougie reste allumée



5.2 Bougie 2

Matériel : une bassine avec un fond d'eau, une bougie, un tuyau en plastique et un bocal (assez grand)

Mode opératoire : Placer la bougie dans la bassine et l'allumer.

Mettre le tuyau dans dans la bassine près de la bougie.

Mettre le bocal sur la bougie et le tuyau et expirer dans le tuyau.

Chronométrer le temps que la bougie reste allumée

III. ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES

I. Composition de l'air

II. Le CO₂