

Au lieu de mêler les 2 vol. d'hydrogène avec 1 vol. d'oxygène, on aurait pu les mêler avec 5 vol. d'air qui contiennent 1 vol. d'oxygène; la détonation, dans ce cas, eût été moins violente, le mélange étant dilué dans 4 vol. d'azote, qui absorbent pour s'échauffer une grande partie de la chaleur dégagée.

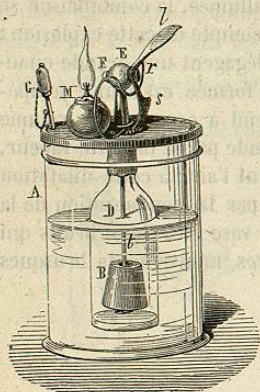


Fig. 67. — Briquet à hydrogène.

On peut aussi déterminer la combustion par le passage d'une étincelle électrique, comme nous l'avons indiqué pour la synthèse de l'eau, § 20.

Le mélange d'hydrogène et d'air, ou d'oxygène, s'enflamme encore au contact de l'éponge de platine (25). On utilise cette propriété dans le *briquet à hydrogène*.

**87. Briquet à hydrogène.** — Cet appareil se compose d'une cloche D (fig. 67) contenant un cylindre de zinc B suspendu par un fil et plongeant dans une dissolution d'eau acidulée, qui, au contact du zinc, donne naissance à de l'hydrogène. Le haut de la cloche communique avec un tube métallique à robinet E, F, dont la clef s'ouvre et se ferme à l'aide d'un ressort. Devant l'ouverture de ce tube se trouve une petite cage G ouverte contenant de la mousse de platine. Quand on ouvre le robinet, l'hydrogène s'échappe, se mêle à l'air et va se condenser dans la mousse de platine, qui s'échauffe (25) et devient incandescente. L'hydrogène s'enflamme alors et met le feu à la mèche d'une petite lampe M que le jeu du ressort a amenée devant l'ouverture du tube. Si l'on ferme le robinet, l'hydrogène produit par le zinc en contact avec l'eau acidulée s'accumule sous la cloche, refoule le liquide et, par suite, fait cesser la réaction.

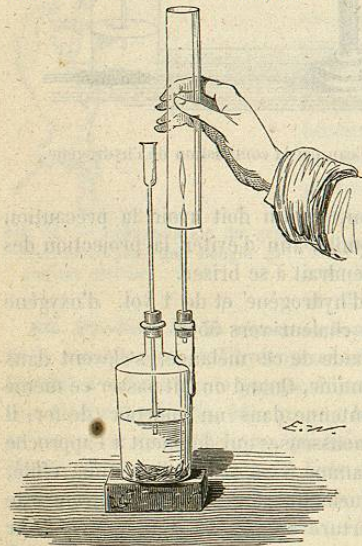


Fig. 68. — Harmonica chimique.

qui se dégage à l'extrémité effilée d'un tube de verre vertical, et qu'on entoure la flamme d'un gros tube de verre (fig. 68) ouvert aux

deux bouts, on entend un son continu, dont la hauteur dépend de la longueur du tube. On voit en même temps cette flamme se rétrécir, s'allonger, et présenter sur ses bords des mouvements vibratoires assez rapides. M. Schrötter explique la production d'un son en admettant que le courant d'air ascendant produit par la combustion de l'hydrogène entraîne lui-même ce gaz, et détermine une diminution de pression dans l'appareil producteur; la flamme, qui était d'abord extérieure, pénètre quelques instants dans le tube effilé, puis en ressort dès que la pression est rétablie. Ces alternatives déterminent une certaine périodicité dans la rentrée de l'air à la partie inférieure du tube résonateur, et, par suite, des vibrations qui, se réfléchissant aux extrémités du tube, donnent naissance à des ondes fixes correspondant aux dimensions du tube (Terquem). Si la flamme est près de l'ouverture du tube large, elle brûle silencieusement; mais il suffit, pour la forcer à chanter, de faire entendre le son qu'elle rendrait spontanément, si elle pénétrait d'avantage dans le tube. (Tyndall, Schaffgotsch.)

**89. Chaleur dégagée dans la combinaison.** — L'hydrogène pur brûle sous la pression atmosphérique avec une flamme très pâle. On donne de l'éclat à cette flamme en plaçant dans le tube par lequel s'échappe le gaz hydrogène, un tampon de coton imbibé de benzine ou d'un autre carbure d'hydrogène volatil. Le carbure d'hydrogène entraîné est décomposé dans la flamme, et son carbone porté à l'incandescence donne à la flamme son éclat. Cette flamme, si peu éclairante, est extrêmement chaude; l'hydrogène est, en effet, de tous les combustibles, celui qui, à poids égal, dégage le plus de chaleur: 1 gr. de ce gaz, en brûlant dans l'oxygène pour donner de l'eau en vapeur, dégage 29°5.

**90. Propriétés réductrices.** — L'hydrogène, qui dégage beaucoup de chaleur en se combinant avec l'oxygène, enlève ce dernier gaz aux oxydes qui se sont produits avec un dégagement de chaleur moindre.

Ainsi l'oxyde de cuivre ayant dégagé seulement 19°2 en se formant, sera décomposé par l'hydrogène qui, en s'emparant de son oxygène, dégagera 29,5 — 19,2 = 10°5. Cet excès de chaleur suffira pour porter le cuivre résidu à l'incandescence. L'oxyde de fer qui a dégagé plus de chaleur au moment de sa formation sera plus difficile à réduire, aussi un courant rapide de gaz hydrogène, passant sur du sesquioxyde de fer légèrement chauffé (fig. 69), s'empare d'abord d'une partie de son oxygène pour former de la vapeur d'eau; le résidu est, suivant que l'expérience est plus ou moins prolongée, de l'oxyde magnétique ou du protoxyde de fer *pyrophorique* (M. Moissan), ainsi nommé parce qu'il s'enflamme spontanément dans l'air, à la température ordinaire.

Pour avoir du fer comme résidu, il faut prolonger très longtemps le courant du gaz hydrogène; la réduction du protoxyde ne réussit que

grâce à ce qu'il possède à la température où l'on opère une faible tension de dissociation. La réduction, par l'hydrogène, de l'oxyde de zinc qui a dégagé encore plus de chaleur en se formant, ne se produit qu'à une

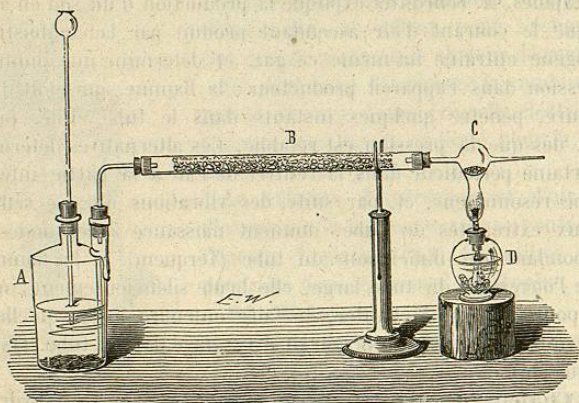


Fig. 69. — Réduction du sesquioxyde de fer par l'hydrogène.

très haute température où l'oxyde de zinc ayant une faible tension de dissociation, l'oxygène est entraîné au fur et à mesure par le courant d'hydrogène.

Le bioxyde de manganèse ne peut être ramené par l'hydrogène qu'à l'état de protoxyde, ce dernier ayant dégagé en se combinant plus de chaleur que l'hydrogène n'en dégage en se combinant à l'oxygène et ne paraissant pas avoir de tension de dissociation aux températures où l'on opère.

**91. Applications. Chalumeau.** — On utilise la chaleur de combustion de l'hydrogène dans le chalumeau à gaz oxygène et hydrogène. Quelquefois les deux gaz sont réunis (dans les proportions de 1 vol.

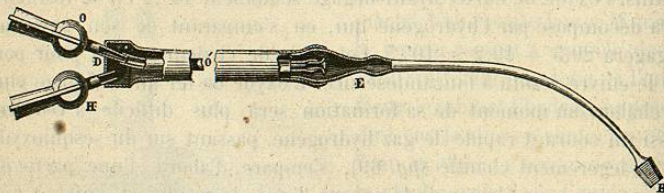


Fig. 70. — Chalumeau à gaz oxygène et hydrogène séparés.

d'oxygène pour 2 vol d'hydrogène) dans un récipient très résistant, où on les comprime sous une forte pression, à l'aide d'une pompe aspirante et foulante; dans ce cas, il suffit d'ouvrir un robinet pour que le mélange s'échappe par un tube de petit diamètre, dans lequel il est

obligé de passer à travers les mailles d'un grand nombre de toiles métalliques. Ces toiles, par leur conductibilité, refroidiraient la flamme, si elle venait à rentrer dans le tube, et, de cette façon, empêcheraient l'explosion redoutable du mélange.

Il est plus prudent d'employer, comme H. Sainte-Claire Deville, un chalumeau où les deux gaz sont comprimés dans des réservoirs distincts.

L'oxygène et l'hydrogène arrivent par deux tubes séparés (fig. 70); le tube par lequel passe l'oxygène est en caoutchouc et placé dans l'axe d'un tube plus large où circule l'hydrogène. Les deux gaz ne se mélangent que dans le tube capillaire qui termine l'appareil, et à une petite distance du point où se fait la combustion. Un robinet, placé sur chacun des conduits, permet de régler à volonté la sortie des gaz.

1° FUSION DU PLATINE. — Pour fondre le platine avec cet appareil, on met le métal dans une petite cavité, creusée sur un morceau de chaux vive (fig. 71); puis on dirige dessus le dard enflammé, de manière que l'ouverture du chalumeau n'en soit qu'à quelques millimètres; on voit bientôt le platine fondre et se rassembler en un culot brillant.



Fig. 71. — Coupelle en chaux (fusion du platine, combustion du fer).

L'argent et l'or, placés dans ces conditions, se réduisent en vapeurs bleuâtres qui, en se condensant dans l'air, produisent une épaisse fumée.

Un morceau de fonte de fer, chauffé de la même manière, fond et perd peu à peu son carbone, qui passe à l'état d'oxyde de carbone, puis d'acide carbonique, en projetant des gouttelettes de fonte qui donnent des étincelles multiples; la fonte se change en fer ductile et malléable. Si on continue à chauffer en augmentant un peu la quantité de gaz oxygène, le fer brûle en lançant de tous côtés des gerbes de feu. C'est une très belle expérience, due à H. Sainte-Claire Deville.

2° SOUDURE AUTOGÈNE. — La haute température produite par le chalumeau à gaz hydrogène alimenté par de l'air, a été utilisée par M. Desbassins de Richmond, pour souder les feuilles de plomb par leur bord sans interposition d'un métal étranger. Il suffit de passer rapidement le dard du chalumeau sur les bords rapprochés et bien nettoyés; on peut d'ailleurs augmenter l'épaisseur du métal en ces points, en maintenant dans la flamme un petit cylindre de plomb. La soudure autogène s'applique également bien au platine et à plusieurs autres métaux qui ont une faible conductibilité pour la chaleur.

3° LUMIÈRE DE DRUMMOND. — Le dard du chalumeau à gaz oxygène et hydrogène, dirigé sur un cylindre de chaux, de magnésie ou mieux de zircon (Caron), l'échauffe au rouge blanc et lui donne un éclat extraordinaire, presque aussi grand que celui de la lumière électrique. Cette lumière, produite pour la première fois par Drummond, est utilisée

dans les expériences d'optique, quand la lumière du soleil fait défaut. Elle pourrait être utilisée pour l'éclairage, si l'hydrogène et l'oxygène étaient préparés industriellement à très bas prix.

4° GONFLEMENT DES BALLONS. — L'hydrogène, employé par Charles, en 1783, pour gonfler les aérostats, sert constamment pour les ballons, en baudruche<sup>1</sup> ou pour les petits ballons rouges en caoutchouc. L'enveloppe d'un semblable ballon de 1 mètre cube de capacité, pèse environ 85 gr. Or, comme le poids de 1 mètre c. d'hydrogène est 89 gr., et que le poids de 1 mètre c. d'air est 1293 gr., la force ascensionnelle du gaz est de  $1293 - 89 = 1204$  gr. Si l'on retranche de ce nombre le poids 85 gr., de l'enveloppe, on voit que le ballon conservera une force ascensionnelle de  $1204$  gr. —  $85$  gr. =  $1119$  gr. Ces ballons se dégonflent peu à peu, parce que l'hydrogène, se dissolvant dans le caoutchouc ou la baudruche, se diffuse par leur surface extérieure, plus rapidement que l'azote et l'oxygène de l'air ne pénètrent.

## EAU.

Équivalent  $\text{HO} = 9$ . — 2 vol. Poids atomique  $\text{H}^2\text{O} = 18$ .

**92. Composition de l'eau.** — Jusqu'à la fin du siècle dernier, l'eau était regardée comme un élément. En 1781, Cavendish constata, à l'aide de l'appareil décrit au § 86, que l'hydrogène, en brûlant, produit de l'eau; Watt répéta cette expérience en 1783; mais, imbus tous deux de la théorie du phlogistique, ils ne surent pas tirer les conséquences de leur expérience. C'est dans cette même année 1783 que Lavoisier, aidé de Meusnier, reconnut la composition de l'eau, et prouva, tant par la synthèse que par l'analyse, qu'elle est formée d'oxygène et d'hydrogène, qui, en se combinant, donnent un poids d'eau égal à la somme des poids des deux gaz.

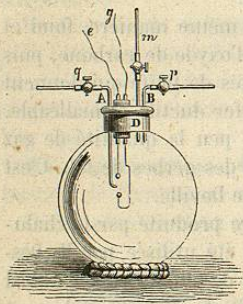


Fig. 72. — Synthèse de l'eau par Lavoisier et Meusnier.

1° SYNTHÈSE DE L'EAU PAR LAVOISIER ET MEUSNIER. — Dans un grand ballon (fig. 72), préalablement rempli d'oxygène, ils faisaient arriver un courant d'hydrogène par un tube effilé, et l'enflammaient à l'aide d'étincelles électriques, jaillissant entre deux boutons métalliques placés de part et d'autre de l'ouverture du tube. Deux robinets réglaient l'arrivée en proportion convenable, dans le ballon, de l'oxygène et de l'hydrogène fournis par des gazomètres distincts. Pendant toute la durée de la combustion on vit l'eau ruisseler sur les parois du ballon et se

1. Membrane des intestins, amincie à l'aide de solutions faibles de potasse.

réunir au fond. Ils en obtinrent ainsi 160 gr.; et ce poids d'eau était précisément égal à la somme des poids des gaz employés. Quant aux volumes, ils constatèrent que le volume (23) de l'hydrogène était à peu près le double de celui (12) de l'oxygène.

2° ANALYSE DE L'EAU PAR LAVOISIER ET MEUSNIER. — Pour compléter la démonstration, Lavoisier et Meusnier réalisèrent, quelques mois plus tard, la décomposition de l'eau par le fer, à l'aide d'un appareil analogue à celui que nous avons décrit (81) en parlant de la préparation de l'hydrogène

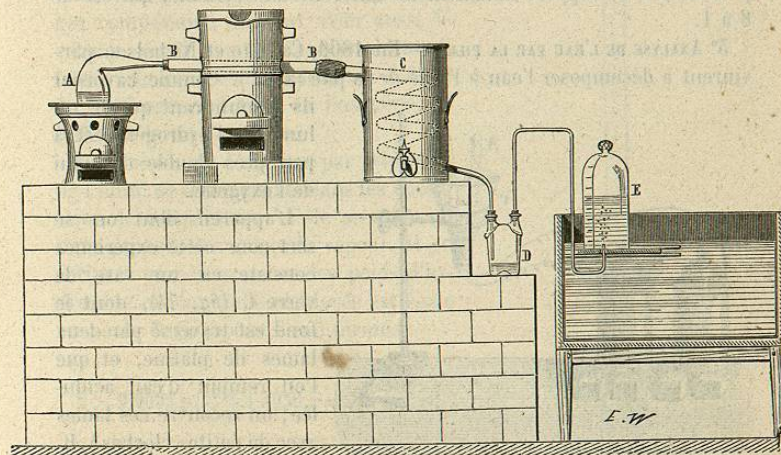


Fig. 75. — Analyse de l'eau par Lavoisier et Meusnier.

par le fer, il n'en diffère (fig. 75) qu'en ce que, à la suite du tube chauffé BB, se trouve un serpentin C refroidi, et dont l'extrémité plonge dans un flacon D, destiné à recevoir l'eau provenant de la condensation de la vapeur non décomposée par le fer; le gaz hydrogène, au sortir de ce flacon, se rend dans une cloche E placée sur la cuve à eau. L'augmentation de poids du fer représente le poids de l'oxygène primitivement contenu dans l'eau décomposée; le poids de l'hydrogène se conclut du volume du gaz obtenu; on a d'ailleurs le poids de l'eau décomposée en pesant la cornue avant et après l'expérience, et retranchant de la différence le poids de l'eau condensée dans le serpentin.

CONCLUSION. — Ces diverses expériences établissaient d'une manière irréfutable la nature de l'eau, mais ils ne pouvaient pas indiquer sa composition centésimale, parce que la mesure des volumes n'avait pas alors la précision qu'elle a acquise depuis. On pouvait en conclure seulement que le rapport des volumes de l'hydrogène et de l'oxygène était à peu près celui de 2 à 1. Quant à la composition en poids, elle était

bien plus incertaine encore; car elle devait se déduire des volumes et de la connaissance des densités. Or on ne savait pas dessécher les gaz, et la densité de l'hydrogène humide est supérieure à celle de l'hydrogène sec, tandis que celle de l'oxygène humide est inférieure à celle de l'oxygène sec : il y avait donc là une double cause d'erreur que le perfectionnement des méthodes expérimentales pouvait seul faire disparaître : aussi ne devons-nous pas nous étonner de voir Lavoisier déduire, de ses expériences, que le rapport des poids était à peu près de 6 à 1, rapport notablement différent du véritable, qui est de 8 à 1.

3° ANALYSE DE L'EAU PAR LA PILE. — En 1800, Carlisle et Nicholson parvinrent à décomposer l'eau à l'aide de la pile (4, 2°). Comme Lavoisier

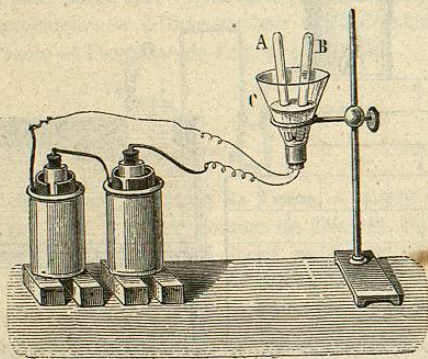


Fig. 74. — Analyse de l'eau par la pile.

ils reconnurent que le volume de l'hydrogène est à peu près double de celui de l'oxygène. L'appareil dont on se sert pour cette expérience consiste en un vase de verre C (fig. 74), dont le fond est traversé par deux lames de platine, et que l'on remplit d'eau acidulée; on recouvre ces lames avec de petites cloches A, B, pleines d'eau, et on les met en communication avec les pôles d'une pile.

Dès que le courant passe, des bulles de gaz apparaissent autour des lames, et s'élèvent dans les cloches; le gaz qui se dégage autour de la lame négative a un volume double de celui qui se produit autour de la lame positive.

**93. Synthèse eudiométrique.** — En 1805, à la suite de nombreuses expériences eudiométriques, Gay-Lussac et de Humboldt établirent définitivement que l'eau résulte de la combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène dans la proportion exacte de 2 vol. du premier gaz contre 1 vol. du second. Ces expériences, souvent reproduites depuis, se font de la manière suivante :

On a introduit dans l'eudiomètre à eau (fig. 75) 100 c. c. d'oxygène et 100 c. c. d'hydrogène, et l'on excite l'étincelle; après la détonation, on constate que sur les 200 c. c. du mélange, il reste 50 c. c. de résidu; ce résidu est de l'oxygène, car il est absorbable par le phosphore. Sur les 150 c. c. qui ont disparu en donnant de l'eau, il y avait donc 50 d'oxygène, et par suite 100 d'hydrogène, ce qui justifie la compo-

tion ci-dessus énoncée. Cependant, il arrive fréquemment que le résidu est un peu supérieur à 50 c. c. : c'est que la vapeur d'eau produite laisse, en se condensant, un vide, et par suite occasionne le dégagement d'une petite quantité des gaz dissous dans l'eau. Il est préférable d'employer pour cette expérience l'eudiomètre à mercure; il donne toujours un résidu de 50 c. c.

Si, outre le rapport des volumes des gaz composants, on veut avoir aussi le volume de la vapeur d'eau produite, il faut avoir recours aux densités 0,0692 de l'hydrogène, 1,1056 de l'oxygène, et 0,622 de la vapeur d'eau.

On a ainsi, en désignant par  $p$  le poids de l'unité de volume d'air dans les conditions de température et de pression où nous prenons les gaz et la vapeur, et en écrivant que la somme des poids d'hydrogène et d'oxygène employés est égale au poids de la vapeur d'eau formée :

$$2 \times 0,0692.p + 1,1,1056.p = x.0,622.p;$$

d'où

$$x = \frac{2 \times 0,0692 + 1,1,1056}{0,622} = 2$$

Ainsi, 2 vol. d'hydrogène et 1 vol. d'oxygène sont condensés, en 2 vol. Cette expérience, faite en 1805 par Gay-Lussac et de Humboldt, fut le point de départ des recherches qui, en 1808, conduisirent Gay-Lussac à la découverte des lois qui portent son nom (28).

**94. Synthèse de l'eau en poids.** —

La composition de l'eau en poids pourrait se déduire de sa composition en volumes, à l'aide des densités des gaz oxygène et hydrogène; mais la moindre erreur sur ces densités altérerait le rapport des poids; il vaut mieux la déterminer directement.

La méthode employée consiste à faire passer un courant d'hydrogène

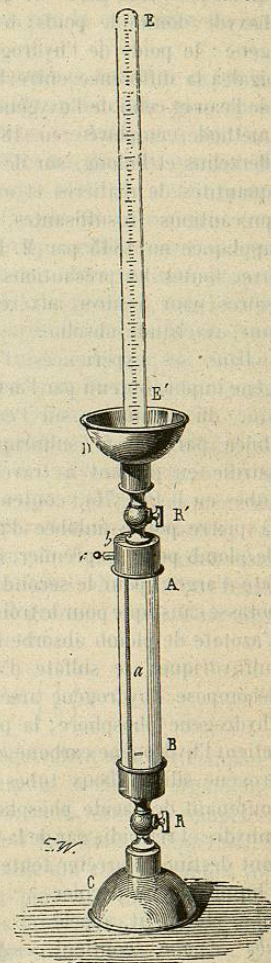


Fig. 75. — Synthèse eudiométrique de l'eau.

sec et pur sur un poids connu d'oxyde de cuivre chauffé dans un ballon de verre vert. L'oxyde se réduit, il se forme de l'eau qu'on recueille et qu'on pèse : la perte de poids de l'oxyde donne le poids de l'oxygène : le poids de l'hydrogène est égal à la différence entre le poids de l'eau et celui de l'oxygène. Cette méthode, employée en 1820 par Berzelius et Dulong, sur de petites quantités de matières et avec des précautions insuffisantes, a été appliquée en 1843 par M. Dumas, avec toutes les précautions nécessaires pour assurer aux résultats une exactitude absolue.

Dans ses expériences, l'hydrogène impur, obtenu par l'action du zinc du commerce sur l'eau acidulée par l'acide sulfurique, se purifie en passant à travers des tubes en U (fig. 76), contenant de la pierre ponce imbibée d'azotate de plomb pour le premier, de sulfate d'argent pour le second, et de potasse caustique pour le troisième. L'azotate de plomb absorbe l'acide sulfurique; le sulfate d'argent décompose l'hydrogène arsénié et l'hydrogène phosphoré; la potasse retient l'hydrogène carboné et l'hydrogène silicié. Deux tubes en U, contenant de l'acide phosphorique anhydre et refroidis par de la glace, sont destinés à arrêter toute trace d'humidité; un dernier tube, plus petit, appelé *tube témoin*, contient également de l'acide phosphorique; son poids ne doit pas varier pendant toute la durée de l'expérience.

L'hydrogène, ainsi purifié, arrive dans le ballon B, contenant l'oxyde de cuivre sec. A la suite de ce premier ballon, s'en trouve un second B', des-

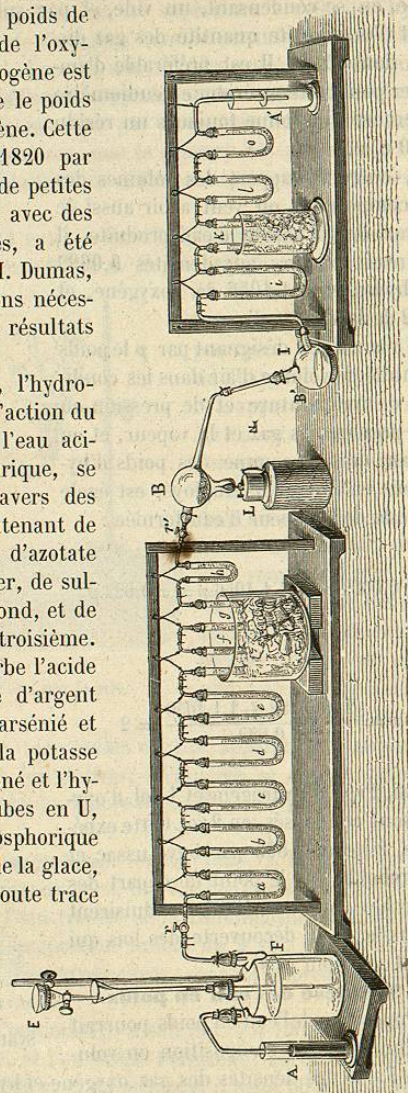


Fig. 76. — Synthèse de l'eau en poids (Dumas).

tiné à recevoir la plus grande partie de l'eau produite; la petite quantité d'eau qui ne s'y est pas condensée est arrêtée dans des tubes *i, k*, à acide phosphorique, dont l'un est, pour plus de précaution, entouré de glace. Un nouveau tube témoin indique, par la constance de son poids, que toute l'eau a bien été absorbée.

Avant de commencer l'expérience, on chauffe le ballon à oxyde de cuivre, pour le dessécher, et on y fait le vide; puis on le pèse après refroidissement : le second ballon, ainsi que les tubes qui suivent, sont pesés pleins d'air. On assemble ensuite les diverses parties de l'appareil et on fait passer l'hydrogène. Lorsque tout l'air a été expulsé et remplacé par l'hydrogène, on chauffe l'oxyde de cuivre avec une forte lampe à alcool jusqu'à ce qu'il soit presque entièrement réduit; le dégagement de l'hydrogène doit, du reste, être continué jusqu'à complet refroidissement. Avant de procéder à la pesée, il convient de faire de nouveau le vide dans le ballon à oxyde de cuivre, et de faire passer dans le second ballon et dans les tubes *i, k, l, o*, un courant d'air sec pour en expulser l'hydrogène. Le poids de l'oxygène est fourni par la diminution de poids du premier ballon; l'augmentation de poids du second ballon et des tubes donne le poids de l'eau produite; la différence entre le poids de l'eau et celui de l'oxygène représente le poids de l'hydrogène. Chaque expérience exige, indépendamment du temps et de la fatigue que coûte la préparation des appareils, environ 16 à 18 heures d'un travail continu et d'une attention constante. Près de cinquante opérations ont été faites; dix-neuf ont réussi jusqu'au bout; elles ont fourni plus d'un kilogramme d'eau. C'est ainsi que M. Dumas a trouvé que l'eau est formée de :

Hydrogène. . . . .	11,111	}	100 ou	{	1	}	9
Oxygène. . . . .	88,889				8		

On rapporte fréquemment aujourd'hui l'équivalent des gaz composés de la chimie minérale à 4 vol., comme ceux de la chimie organique; la formule de l'eau  $\text{HO} = 9$ , correspondant à 2 vol., est alors remplacée par la formule  $\text{H}^2\text{O}^2 = 18$ , qui correspond à 4 vol. Nous indiquerons, à propos de chacun des gaz composés, la formule qui correspond à 4 vol.

**95. Propriétés physiques.** — L'eau pure est inodore et sans saveur. Elle se présente dans la nature sous les trois états : elle existe à l'état de glace ou de neige, sur les hautes montagnes, en toute saison; à l'état liquide, dans les rivières, les lacs et la mer; à l'état de vapeur, dans l'atmosphère.

**ÉTAT SOLIDE.** — L'eau se solidifie à une température qui a été prise pour le zéro du thermomètre centigrade : elle cristallise alors en prismes hexagonaux étoilés (fig. 77). Les flocons de neige présentent souvent cette forme.

Pendant sa solidification, l'eau augmente de volume; sa densité

diminue et devient 0,91674 (Bunsen). On peut démontrer cette augmentation brusque de volume à l'aide d'un pistolet fermant par un bouchon à vis, ou plus simplement avec une fiole de verre pleine d'eau dont le bouchon est solidement fixé avec une ficelle. On plonge cette fiole dans un mélange réfrigérant de glace et de sel marin; au bout de quelques instants, on est averti de la rupture de la fiole par un petit bruit sec. Cette augmentation de volume explique pourquoi la glace flotte à la surface de l'eau; elle nous fait aussi comprendre pourquoi les vases, même les plus résistants, remplis d'eau, se brisent au moment de la congélation. La rupture des pierres dites gélives, celle des tissus cellulaires des plantes, et la décomposition rapide des fruits gelés, tiennent à la même cause.

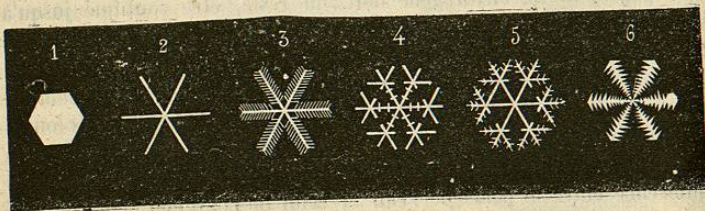


Fig. 77. — Cristaux de neige ou de glace

**ÉTAT LIQUIDE.** — Lorsqu'on l'échauffe, l'eau se contracte depuis  $0^{\circ}$  jusqu'à  $4^{\circ}$ ; elle se dilate ensuite, si la température continue à s'élever. L'eau à  $0^{\circ}$  est 775 fois plus dense que l'air. Sa densité à  $4^{\circ}$  a été prise pour unité; sa densité à  $0^{\circ}$  est 0,999875. Sa chaleur spécifique est prise pour unité; elle est de beaucoup supérieure à celle des autres liquides ou solides: ainsi elle est 50 fois plus grande que celle du mercure liquide. Sa chaleur de fusion est égale à  $-79^{\circ},25$ , par gramme (ou  $-0^{\circ},714$  pour  $H_2O = 9^{\text{gr}}$ ) d'après M. Regnault et MM. Delaprovostaye et Desains. Sa chaleur de vaporisation est égale à 537° par gramme (ou  $9^{\circ},66$  pour  $H_2O = 18^{\text{gr}} = 4 \text{ vol.}$ ). La chaleur spécifique et la chaleur de fusion ou de vaporisation de l'eau sont de beaucoup supérieures à celles des autres liquides<sup>1</sup>.

**ÉTAT GAZEUX.** — L'eau émet à toute température des vapeurs qui se mêlent à l'air, et cela d'une manière d'autant plus active que la tem-

1. Ces propriétés exceptionnelles empêchent à la surface de la terre les variations brusques de température qui rendraient impossible l'existence des végétaux et des animaux; elles expliquent comment, sur les côtes de la mer où l'air est saturé de vapeur d'eau, on éprouve de moins grands froids en hiver, et des chaleurs moindres en été, que dans l'intérieur des continents. En effet, dès que la température s'y abaisse, une certaine quantité de la vapeur d'eau de l'atmosphère saturée se liquéfie et, restituant sa chaleur de vaporisation, limite l'abaissement de température. Quand, au contraire, la température s'élève, une nouvelle quantité d'eau passe à l'état de vapeur en absorbant de la chaleur, et empêche ainsi une trop rapide élévation de température.

pérature est plus élevée; elle entre en ébullition sous la pression de  $0^{\text{m}},76$ , à une température qui a été prise pour le  $100^{\circ}$  degré du thermomètre centigrade. La densité de la vapeur d'eau est 0,623 de celle de l'air.

**CODLEUR.** — Si l'eau des rivières est verte, cela tient à ce qu'elle a dissous des matières étrangères; l'eau pure est incolore sous une petite épaisseur, elle est d'un bleu indigo sous une grande épaisseur: telle est l'eau qui sort des glaciers, celle du lac de Genève, par exemple.

**96. Propriétés chimiques.** — L'eau est décomposée en hydrogène et oxygène par la chaleur et par l'électricité.

**ACTION DE LA CHALEUR.** — Grove a signalé le premier la décomposition de l'eau par la chaleur: il plongeait dans l'eau une boule de platine fortement chauffée, et constatait le dégagement, autour de cette boule, de bulles de gaz contenant, outre les gaz dissous dans l'eau, un mélange détonant d'oxygène et d'hydrogène.

**DISSOCIATION DE L'EAU.** — Depuis, H. Sainte-Claire Deville a démontré que la vapeur d'eau subit déjà, à partir d'environ  $1000^{\circ}$ , une décomposition qui est partielle pour une température donnée, et progressive à mesure que la température s'élève (*dissociation*, 30). Pour le prouver, H. Sainte-Claire Deville a pris un tube de porcelaine poreuse T, T' fixé dans l'axe d'un tube de porcelaine P, P' vernie et imperméable (fig. 78), qu'on chauffe au rouge

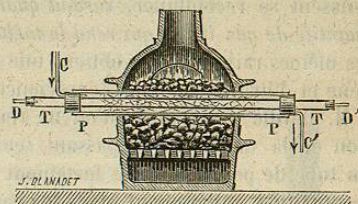


Fig. 78. — Dissociation de l'eau (H. Sainte-Claire Deville.)

vif. Le tube poreux et l'espace annulaire sont remplis de fragments de porcelaine pour maintenir la température uniforme dans toute la masse. On fait alors arriver dans le tube intérieur un courant de vapeur d'eau et, dans l'espace annulaire, un courant de gaz acide carbonique. Les gaz sortant de l'appareil sont reçus sur une cuve contenant de la lessive de potasse dans des tubes de 1 centimètre de diamètre et 1 mètre de hauteur; l'acide carbonique est absorbé, et le gaz qui se rassemble au sommet du tube est un mélange d'oxygène et d'hydrogène. La vapeur d'eau a donc été partiellement décomposée dans le tube de terre poreuse. Le gaz hydrogène provenant de la dissociation de l'eau a traversé, d'après les lois de l'endosmose, la paroi du tube poreux plus vite que l'oxygène, et s'est trouvé ainsi séparé, par l'action d'un simple filtre, de ce dernier gaz. Il se dégage avec l'acide carbonique à l'extrémité du tube extérieur, tandis que l'oxygène et un peu d'acide carbonique se dégage à l'extrémité du tube intérieur. H. Sainte-Claire Deville obtenait ainsi environ 1 c. c. de mélange détonant pour 1 gramme d'eau.

M. Deville a même pu constater la dissociation de l'eau sans employer de tube poreux. Pour cela, il a fait passer un courant rapide d'acide carbonique saturé de vapeur d'eau dans un tube de porcelaine rempli de fragments de porcelaine, et chauffé à une température voisine de celle de son ramollissement. Les gaz recueillis contenaient de l'oxygène et de l'hydrogène libres; mais on en recueillait beaucoup moins que dans l'expérience précédente pour le même poids d'eau employée, parce que les gaz oxygène et hydrogène, devenus libres dans les parties les plus chaudes du tube, ne sont pas séparés l'un de l'autre par une paroi poreuse jouant le rôle de filtre, et se recombinaient en grande partie dans l'espace moins chaud de l'appareil. Si une portion de ces gaz échappe à la recombinaison, cela tient à la vitesse du courant qui entraîne rapidement le mélange dans les parties froides du tube où la température n'est plus assez élevée pour que l'oxygène et l'hydrogène puissent se recombinaison, surtout quand ils sont dilués dans une grande quantité de gaz inerte qui rend le mélange moins combustible. C'est pour les mêmes raisons qu'on obtient une petite quantité du mélange d'oxygène et d'hydrogène dans l'expérience de Grove.

M. Deville a reconnu qu'on ne réussit pas à constater la dissociation de la vapeur d'eau passant seule, même très rapidement, dans un tube de porcelaine très fortement chauffé, parce que l'eau peut se reconstituer entièrement, dans les parties moins chaudes, grâce à l'absence de gaz étranger susceptible de diminuer la combustibilité du mélange d'oxygène et d'hydrogène, et aussi parce que la chaleur latente de la vapeur d'eau, qui est considérable, met obstacle à un refroidissement très rapide de la masse gazeuse.

**ACTION DE L'ÉLECTRICITÉ.** — La décomposition de l'eau par la pile (92,5°) a été faite pour la première fois par Carlisle et Nicholson en 1800.

**ACTION DES MÉTALLOÏDES.** — Plusieurs metalloïdes paraissent décomposer l'eau au rouge; les uns s'emparant de son oxygène, les autres s'emparant de son hydrogène. On a un exemple du premier mode d'action lorsqu'on fait passer de la vapeur d'eau sur du charbon contenu dans un tube de porcelaine chauffé au rouge.

Si l'on chauffe seulement au rouge sombre, il se produit de l'acide carbonique et de l'hydrogène :



Si la température s'élève au rouge vif, il ne se produit que de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène :



Si, comme cela arrive ordinairement, certains points sont au rouge sombre, tandis que d'autres sont au rouge vif, on recueille un mélange d'acide carbonique, d'oxyde de carbone et d'hydrogène.

On a un exemple du second mode d'action lorsque l'on fait passer à la fois du chlore et de la vapeur d'eau (306) dans un tube de porcelaine chauffé au rouge; il se dégage à la fois de l'acide chlorhydrique, et de l'oxygène ( $Cl + HO = HCl + O$ ). La formation du gaz acide chlorhydrique, qui dégage seulement 22°, tandis que la formation de la vapeur d'eau en dégage 29°,5, s'explique par la dissociation de la vapeur d'eau au rouge; on a, en présence du chlore, de l'hydrogène, de l'oxygène libres. Le chlore s'empare de l'hydrogène pour former de l'acide chlorhydrique qui n'a pas de tension sensible de dissociation à cette température. Le gaz acide chlorhydrique ainsi formé est rapidement entraîné par le courant de gaz, mais la réaction est limitée par la réaction inverse qui tend à se produire dans les parties du tube portées au rouge sombre, où la vapeur d'eau n'a pas de tension sensible de dissociation.

**ACTION DES MÉTAUX.** — Nous avons vu, à propos de l'hydrogène (81), qu'un certain nombre de métaux décomposent l'eau, s'emparent de son oxygène, et mettent l'hydrogène en liberté. Les uns, comme le potassium ou le sodium (fig. 79), qui dégagent en se combinant à l'oxygène une quantité de chaleur très supérieure à celle (34°,5) qu'il faut restituer à l'eau pour la décomposer, agissent à la température ordinaire; d'autres, qui dégagent en s'oxydant une quantité de chaleur très voisine de celle qu'il faut restituer à l'eau liquide pour la décomposer, agiront sur la vapeur d'eau à une température plus ou moins élevée : ainsi le fer décompose la vapeur d'eau au rouge sombre (fig. 55).

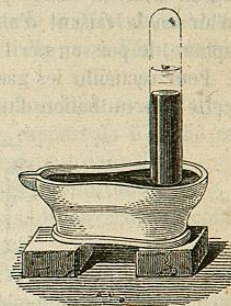
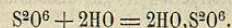
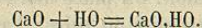


Fig. 79. — Décomposition de l'eau par le potassium.

**ACTION DES ACIDES.** — L'eau joue souvent le rôle de base avec les acides forts. Cette combinaison de l'eau avec les acides anhydres se fait souvent avec un grand dégagement de chaleur<sup>1</sup>; c'est ce qui s'observe quand on met en contact de l'eau et de l'acide sulfurique anhydre; il se produit de l'acide sulfurique hydraté ou sulfate d'oxyde d'hydrogène :



**ACTION DES BASES.** — L'eau se conduit comme un acide vis-à-vis des bases puissantes<sup>2</sup>. Il y a dégagement de chaleur quand on verse un peu d'eau sur de la chaux vive, et il se produit un hydrate de chaux :



- |    |  |  |
|----|--|--|
| 1. | $S^2O^6 + 2HO = S^2O^6, 2HO : + 21^c, 2$ | $PhO^3 + 5HO = PhO^5, 5HO : + 16^c, 9$ |
|    | $AsO^3 + 5HO = AsO^5, 5HO : + 5^c, 4$    | $IoO^5 + HO = Io^5, HO : + 1^c, 5$     |
| 2. | $BaO + HO = BaO, HO : + 8^c, 8$          | $StO + HO = StO, HO : + 8^c, 6$        |
|    | $CaO + HO = CaO, HO : + 7^c, 55$         | $PbO + HO = PbO, HO : + 1^c, 2$        |