

L'insalubrité de l'air confiné dans les habitations croit comme la proportion d'acide carbonique, et quand cette proportion atteint 1 pour 100 par l'effet de la respiration, le séjour des hommes est accompagné d'une sensation de malaise très prononcée. Ce malaise n'est pas uniquement dû à la présence de l'acide carbonique, il est dû surtout aux émanations animales qui accompagnent la transpiration pulmonaire ou cutanée : leur nature n'a pu être déterminée par l'analyse, mais leur présence est accusée par l'odeur désagréable qui se répand dans les salles où un grand nombre de personnes se trouvent rassemblées. Le renouvellement de l'air devient indispensable, et la quantité d'air à fournir par la ventilation, pour un homme et par heure, est d'environ 10 mètres cubés, si l'on veut que la respiration se prolonge sans difficulté.

PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DE L'AIR. — Les propriétés chimiques de l'air résultent de la nature des corps qui s'y trouvent mélangés. Son rôle principal est dû à l'oxygène; il présente les propriétés de l'oxygène tempérées par sa dilution dans l'azote. L'azote de l'air intervient dans la végétation (70). Son acide carbonique sert à la nutrition des végétaux, ou se dissolvant dans l'eau, y facilite la dissolution du phosphate et du carbonate de chaux. La vapeur d'eau qu'il renferme entretient les conditions d'humidité nécessaires à la vie des animaux et des végétaux. Les germes qu'il tient en suspension déterminent un grand nombre de fermentations qui ramènent à l'état d'eau, d'acide carbonique et d'ammoniaque les matières organiques les plus complexes.

80. L'air est un mélange. — Bien que l'air atmosphérique ait une composition constante, c'est un mélange et non une combinaison définie; on en a la preuve par les observations suivantes :

1° Si l'air était une combinaison, nous devrions trouver entre les volumes de l'oxygène et de l'azote un rapport simple, analogue à celui qu'on a observé dans toutes les combinaisons de gaz, suivant la loi de Gay-Lussac (28). Or nous voyons que le rapport est de 79,2 à 20,8;

2° Quand on mélange de l'azote et de l'oxygène, il n'y a jamais dégagement de chaleur; il n'y a pas non plus cette diminution de volume qui se produit toujours dans les combinaisons à volumes inégaux;

3° Enfin, quand l'air est mis en contact avec l'eau, chaque gaz se dissout comme ferait un simple mélange, c'est-à-dire proportionnellement à sa solubilité propre et à sa force élastique dans le mélange : nous verrons (99), en effet, que l'air dissous dans l'eau contient environ 53 d'oxygène pour 67 d'azote. Si l'air contenait l'oxygène et l'azote à l'état de combinaison, celui qui se trouve dissous dans l'eau contiendrait 21 d'oxygène pour 79 d'azote, comme l'air atmosphérique.

CHAPITRE II

HYDROGÈNE. — EAU. — EAU OXYGÉNÉE.

HYDROGÈNE.

Équivalent $H=1$. — 2 vol. Poids atomique $H=1$.

Les alchimistes, en dissolvant de la limaille de fer dans de l'huile de vitriol (acide sulfurique), produisaient de l'hydrogène; mais les principales propriétés de ce gaz ne sont connues que depuis les recherches de Cavendish en 1766.

81. Préparation. — L'hydrogène s'extrait de l'eau, qui en contient

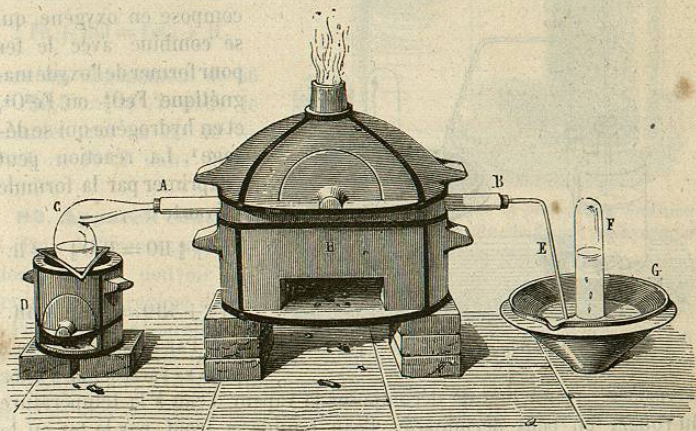
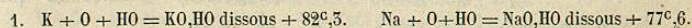


Fig. 55. — Décomposition de l'eau par le fer.

1/9 de son poids. On se fonde, dans cette préparation, sur la propriété qu'ont un grand nombre de métaux de décomposer l'eau pour s'emparer de son oxygène. Quelques-uns, tels que le potassium et le sodium, qui dégagent en se combinant à l'oxygène une quantité de chaleur très supérieure à celle (54°,5) qu'il faut restituer à l'eau liquide pour la décomposer, décomposent l'eau à froid ou à une température peu élevée, mais ils sont ou rares, ou coûteux; ne pouvant les utiliser, on a



recours à des métaux communs : au fer et au zinc. Comme ces métaux ne dégagent en s'oxydant qu'une quantité de chaleur très voisine de celle qu'il faut restituer à l'eau liquide pour la décomposer en ses éléments, on devra, si on veut faire agir le métal seul, opérer au rouge la décomposition de la vapeur d'eau (qui exige seulement 29^c,5). Si l'on veut décomposer l'eau liquide, il faudra faire intervenir une autre réaction (combinaison de l'oxyde métallique avec un acide) qui dégage une certaine quantité de chaleur s'ajoutant à la chaleur d'oxydation.

1^o PAR LE FER AU ROUGE. — Un tube de porcelaine ou de grès, contenant des faisceaux de fil de fer de petit diamètre, est placé dans un fourneau à réverbère (fig. 55). A l'une de ses extrémités aboutit le col d'une cornue de verre de 200^{cc} environ de capacité, à moitié pleine d'eau; le gaz sortant de l'autre extrémité se rend sous une éprouvette où on le recueille. On chauffe d'abord le tube au rouge, puis on porte

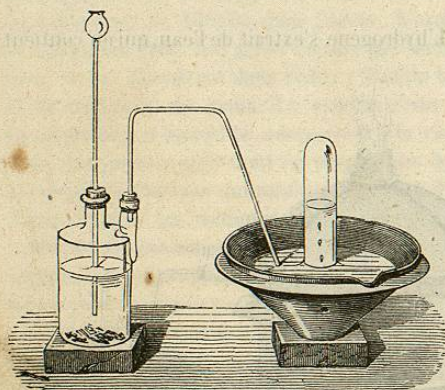
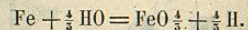
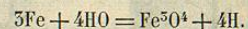


Fig. 55. — Préparation de l'hydrogène par le zinc.

l'eau de la cornue à l'ébullition. La vapeur d'eau, en passant sur le fer, se décompose en oxygène, qui se combine avec le fer pour former de l'oxyde magnétique FeO_2 ou Fe^{O}_2 , et en hydrogène qui se dégage¹. La réaction peut s'exprimer par la formule suivante :



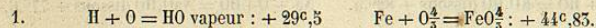
ou



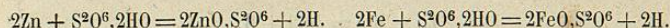
2^o PAR LE ZINC OU LE FER A FROID EN PRÉSENCE DE L'ACIDE

SULFURIQUE. — Au lieu de décomposer la vapeur d'eau à la température du rouge, on peut décomposer l'eau liquide à froid par le fer ou le zinc, à la condition de faire intervenir un acide qui dégage de la chaleur en se combinant avec l'oxyde de fer ou l'oxyde de zinc.

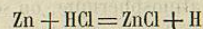
Dans un flacon à deux tubulures, de 200^{cc} à 400^{cc} de capacité et à moitié plein d'eau (fig. 56), on introduit du zinc en grenaille (50 à 60 gr. environ). L'une des tubulures porte un tube à dégagement, qui se rend sous une éprouvette pleine d'eau; l'autre porte un tube droit à entonnoir, plongeant par sa partie inférieure dans l'eau du flacon. Ce dernier tube sert à verser l'acide sulfurique peu à peu de manière à produire un dégagement régulier; l'addition d'une trop grande quantité d'acide à la fois occasionnerait un dégagement tumultueux qui



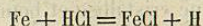
ferait déborder le liquide. On ne commence à recueillir le gaz que lorsque l'air contenu dans le flacon a été chassé par l'hydrogène. Avec 60 gr. de zinc, on emploie par petites portions 90 gr. d'acide sulfurique; il se forme du sulfate de zinc et on recueille environ 20 litres de gaz hydrogène¹; avec le fer, on aurait eu du sulfate de fer et de l'hydrogène, mais l'hydrogène serait plus impur, le fer contenant plus de corps étrangers que le zinc :



Au lieu de décomposer l'eau acidulée par l'acide sulfurique, on peut décomposer l'acide chlorhydrique étendu; on a alors, suivant que l'on emploie le zinc ou le fer :



ou



avec un dégagement de 56 — 39,5 = 16^c,7 dans le premier cas ou de 50 — 39,5 = 10^c,7 dans le second².

82. Appareil continu.

— Pour différentes applications, il faut pouvoir obtenir de l'hydrogène d'une manière continue : c'est ce à quoi on arrive à l'aide d'un appareil composé de deux grands flacons égaux, de 7 à 8 litres de capacité (fig. 57), qui communiquent, à l'aide d'un gros tube en caoutchouc, par leur tubulure inférieure. Sur le fond de l'un d'eux, on place des morceaux de charbon de bois (corps inerte et mauvais

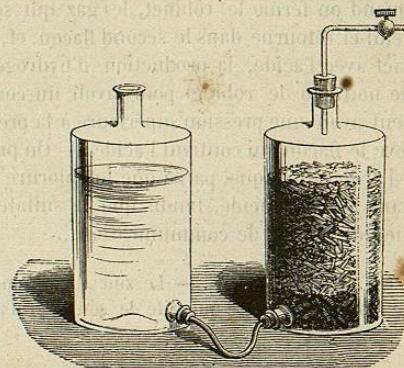
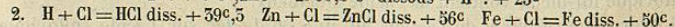
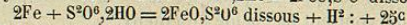
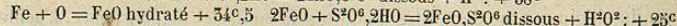
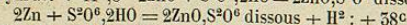
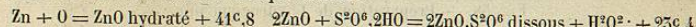
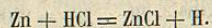


Fig. 57. — Appareil pour la préparation continue de l'hydrogène, de l'azote, de l'acide sulfhydrique ou de l'acide carbonique.

1. Pour avoir le dégagement de chaleur produit dans cette réaction, on fait la somme des quantités de chaleur dégagées dans l'oxydation de 2 équiv. de zinc ($2 \times 41^{\text{c}},8 = 83^{\text{c}},6$) et dans la combinaison de 2 équiv. d'oxyde de zinc avec l'acide sulfurique ($25^{\text{c}},4$). Puis on total ($83^{\text{c}},6 + 25^{\text{c}},4 = 107^{\text{c}}$) on retranche la quantité de chaleur qu'il a fallu restituer à 2 équiv. d'eau liquide pour la décomposer en ses éléments ($2 \times 54^{\text{c}},5 = 69^{\text{c}}$). On a ainsi $107^{\text{c}} - 69^{\text{c}} = 38^{\text{c}}$ pour la chaleur dégagée dans la préparation de 2 équiv. d'hydrogène par l'action du zinc sur l'acide sulfurique étendu. On aura, par un raisonnement semblable, $94^{\text{c}} - 69^{\text{c}} = 25^{\text{c}}$ pour cette préparation par l'action du fer sur l'acide sulfurique étendu.



conducteur); puis on achève de remplir le flacon avec des rognures de zinc laminé; on ferme alors ce flacon avec un bon bouchon que traverse un tube de verre terminé par un robinet. Dans le second flacon, on met de l'acide chlorhydrique du commerce, étendu de moitié de son volume d'eau. Si le robinet du premier flacon est ouvert, le liquide acide passe par le tube de caoutchouc, et va réagir sur le zinc; il se produit de l'hydrogène et du chlorure de zinc :



L'hydrogène chasse l'air du flacon et se dégage ensuite à son tour. Quand on ferme le robinet, le gaz qui se produit refoule le liquide; celui-ci retourne dans le second flacon, et, le zinc cessant d'être en contact avec l'acide, la production d'hydrogène s'arrête. Il suffit d'ouvrir de nouveau le robinet pour avoir un courant d'hydrogène. Quand on veut avoir une pression supérieure à la pression atmosphérique, on soulève le flacon qui contient l'acide. — On préfère ici l'acide chlorhydrique à l'acide sulfurique, parce que le chlorure de zinc reste toujours dissous dans l'excès d'acide, tandis que le sulfate de zinc cristallise et bouche bientôt le tube de communication.

83. Purification. — Le zinc du commerce contient d'ordinaire, outre du plomb, une petite quantité de soufre et d'arsenic; le fer contient du car-

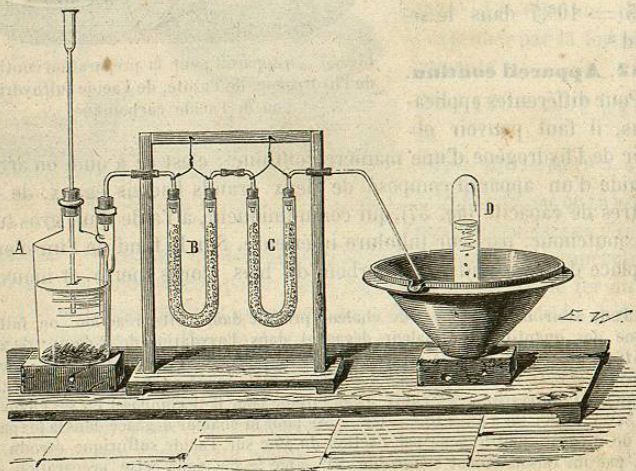


Fig. 58. — Préparation de l'hydrogène pur.

bone, du silicium, avec de petites quantités de soufre et de phosphore. L'acide sulfurique lui-même contient de l'acide arsénieux.

L'hydrogène résultant de l'action du zinc ou du fer sur l'acide sulfurique

étendu n'est jamais complètement pur : il a une odeur désagréable, qu'il doit à la présence d'un peu d'acide sulfhydrique et d'arséniure d'hydrogène si l'on a employé le zinc, ou de phosphure, de carbure et de siliciure d'hydrogène si l'on a employé le fer. Une partie de l'arsenic reste dans l'appareil à hydrogène à l'état d'hydrure noir d'arsenic, mêlé avec du plomb.

Pour purifier le gaz, on le fait passer au travers de tubes en U (fig. 58) contenant, le premier, du nitrate de plomb pour retenir l'acide sulfhydrique, le second, du sulfate d'argent destiné à retenir l'arséniure d'hydrogène et le phosphure d'hydrogène. Des tubes à potasse caustique, placés après ces premiers tubes, dessèchent le gaz; ils peuvent, en outre, servir à retenir le carbure et le siliciure d'hydrogène qui se trouvent mêlés à l'hydrogène quand, dans la préparation de ce dernier gaz, on emploie le fer.

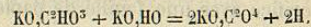
On purifie plus facilement l'hydrogène en le faisant passer dans un tube de verre rempli de tournure de cuivre et maintenu au rouge. Le cuivre absorbe, dans ces conditions, l'arsenic, le soufre, le phosphore et le silicium. On met à la suite de ce tube une éprouvette renfermant des fragments de potasse caustique qui dessèchent le gaz.

On ne peut songer à utiliser, pour cette réaction, le zinc et l'acide sulfurique purs, car le zinc pur est très difficile à préparer, et, quand on le met en contact avec l'eau acidulée, il n'est pas attaqué. S'il contient des traces seulement de fer il est attaqué très lentement, et les premières bulles de gaz hydrogène produites adhèrent au zinc et le recouvrent d'une couche qui empêche le contact du métal avec l'acide. Pour que l'action chimique continue, il faut balayer mécaniquement cette couche adhérente d'hydrogène, ou mettre en contact avec le zinc un autre métal moins attaqué que lui, comme le plomb ou le cuivre (on ajoute quelques gouttes d'une dissolution de plomb ou de cuivre) : il se forme une pile où l'hydrogène se dégage à la surface du métal non attaqué (M. d'Almeida). Le zinc du commerce, contenant toujours du plomb, est très propre à la préparation de l'hydrogène.

84. Propriétés physiques. — L'hydrogène est un gaz incolore, inodore et sans saveur quand il est pur.

L'hydrogène est le gaz le plus difficile à liquéfier. Dans les expériences de M. Cailletet, l'hydrogène comprimé à 500 atmosphères, à la température de -29° , donne, quand on supprime brusquement la pression, un brouillard excessivement fin et subtil, qui remplit le tube et disparaît rapidement. M. Raoul Pictet a comprimé l'hydrogène sous une pression de 650 atmosphères à la température de -140° . D'après ce savant, l'hydrogène, en sortant du tube, où il avait été ainsi comprimé, a produit un jet liquide opaque, d'une teinte bleu-acier. Le froid produit par l'évaporation de ce liquide a suffi pour déterminer la solidi-

1. M. Raoul Pictet obtenait de l'hydrogène pur et sec en calcinant un mélange de potasse monohydratée et de formiate de potasse, ce qui donne de l'hydrogène sec et du carbonate de potasse :



fication d'une partie du jet qui, en arrivant sur le sol, y a produit « un crépitement semblable au bruit que fait de la grenaille qui tombe à terre ».

M. Wroblewski et M. Olszewski en produisant une brusque détente de l'hydrogène comprimé à 180 atmosphères, et refroidi au-dessous de -200° par l'évaporation rapide de l'azote liquide dans le vide, ont obtenu l'hydrogène liquide en ébullition avec projection de mousse grisâtre.

Le gaz hydrogène est peu soluble dans l'eau; 1 litre d'eau à 0° dissout seulement 19^{es} de ce gaz.

Lorsqu'on fait passer l'étincelle d'une bobine d'induction dans l'hydrogène raréfié (tube de Geissler), on obtient une coloration rouge qui, examinée au spectroscope, présente quatre raies caractéristiques: une très brillante dans le rouge, une également très vive dans le bleu, les deux autres raies situées, l'une dans l'indigo, l'autre dans le violet, sont plus faibles et diffuses. Ces raies caractéristiques ont permis de signaler à l'aide du spectroscope la présence de l'hydrogène libre dans l'atmosphère du soleil et dans certain nombre d'étoiles de couleur rouge.

DENSITÉ. — Sa densité est 0,0692; par suite, 1 litre d'hydrogène à 0° pèse $1^{\text{er}} 295 \times 0,0692 = 0^{\text{es}} 089$. C'est le plus léger de tous les gaz: il pèse 14 fois et demie moins que l'air.

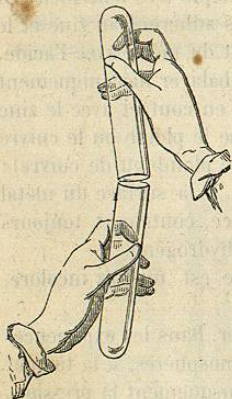


Fig. 59. — Ascension de l'hydrogène dans une éprouvette pleine d'air.

Pour mettre en évidence l'extrême légèreté de l'hydrogène, on peut, avec une vessie remplie de ce gaz, gonfler des bulles de savon qui, abandonnées à elles-mêmes, s'élèvent dans l'atmosphère, où on les enflamme par l'approche d'une bougie. On peut aussi aboucher deux éprouvettes, l'une inférieure (fig. 59), remplie d'hydrogène, l'autre supérieure, pleine d'air. En quelques instants l'échange est produit; une bougie enflamme l'hydrogène dès qu'on l'approche de l'ouverture de l'éprouvette supérieure.

Cette propriété l'a fait employer pour les aérostats; mais on a rencontré de grandes difficultés dans cette application, parce que le gaz se diffuse à travers les enveloppes et

s'échappe pendant que l'air rentre lentement à sa place. On préfère, souvent, pour cet usage, le gaz de l'éclairage, bien qu'il n'ait pas une aussi faible densité.

DIFFUSION. — Pour montrer avec quelle facilité l'hydrogène traverse les enveloppes, prenons sur la cuve à eau une éprouvette pleine de ce gaz, et fermons son orifice avec une feuille de papier ordinaire, placée

transversalement; puis, après avoir retourné l'éprouvette de manière que l'orifice soit en haut, présentons une allumette enflammée au-dessus de la feuille de papier; l'hydrogène qui a traversé cette feuille brûle avec une flamme pâle.

Graham a constaté que les divers gaz, sous la même pression, traversent un petit orifice percé en mince paroi avec des vitesses qui sont en raison inverse de la racine carrée de leur densité ($V\sqrt{d} = V'\sqrt{d'}$); l'hydrogène traverse donc avec une vitesse 4 fois plus grande que l'oxygène. Cette loi a été utilisée par M. Soret pour déterminer la densité de l'ozone (65). Elle se vérifie également dans le passage des gaz à travers une cloison de graphite comprimé. Pour les cloisons plus grossièrement poreuses, cette loi ne se vérifie plus, mais le sens du phénomène reste le même, le gaz hydrogène traverse toujours beaucoup plus rapidement que l'air, l'oxygène, et à plus forte raison l'acide carbonique. C'est ce dont on s'assure de la manière suivante:

1^o Par un tube *a* (fig. 60) on fait arriver jusqu'au fond d'un vase poreux A

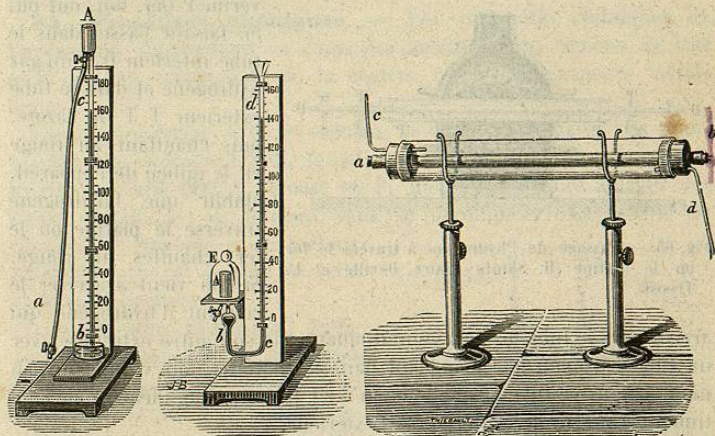


Fig. 60, 61 et 62. — Endosmose du gaz hydrogène.

(de pile) du gaz hydrogène, qui chasse l'air par un long tube *c, b*, plongeant dans de l'eau colorée. Si, quand l'appareil est plein d'hydrogène, on ferme le robinet d'arrivée du gaz, on voit l'eau monter dans le tube *b, c*, parce que l'hydrogène sortant par la paroi poreuse du vase, plus vite que l'air ne peut rentrer, il se fait dans le vase A un vide partiel.

2^o Si, au-dessus d'un vase poreux A (fig. 61), semblable au précédent, plein d'air et communiquant avec un tube à boule doublement recourbé *b, c, d*, on place une cloche E, pleine d'hydrogène, on voit le liquide coloré qui remplissait la partie inférieure du tube *b, c* refluer de *c* en *d* parce que l'hydrogène, pénétrant plus rapidement par la paroi poreuse dans le vase A que l'air n'en sort, y détermine un accroissement de pression.

H. Sainte-Claire Deville met encore en évidence cette faculté endosmotique de l'hydrogène par l'expérience suivante :

Après avoir introduit un tube de terre poreux (fig. 62) dans l'axe d'un tube de verre plus large, on ferme les extrémités avec de bons bouchons, traversés par des tubes *a, b, c, d*. Si l'on fait alors passer un courant d'hydrogène dans le tube intérieur, et un courant d'acide carbonique dans l'espace annulaire, on constate que, du tube *d* par lequel on devait s'attendre à recueillir de l'acide carbonique pur, il se dégage de l'hydrogène, car le gaz s'enflamme au contact d'une bougie allumée et que, par le tube *b*, il sort de l'acide carbonique en même temps qu'un peu d'hydrogène, car le gaz que l'on recueille à son extrémité trouble l'eau de chaux.

H. Sainte-Claire Deville et L. Troost, en remplaçant le tube de terre par un tube de platine ou de fer doux fondu, *c*, dont les parois ont 5 millimètres d'épaisseur, et le tube de verre par un tube de porcelaine

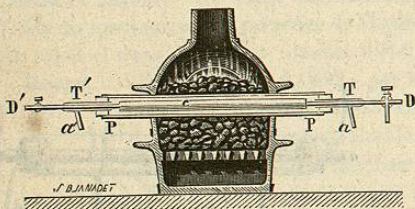


Fig. 65. — Passage de l'hydrogène à travers le fer ou le platine (H. Sainte-Claire Deville et L. Troost).

Si l'on vient à arrêter le courant d'hydrogène qui arrive dans le tube de fer communiquant par son autre extrémité avec un tube barométrique plongeant dans le mercure, on voit le niveau monter dans ce tube et indiquer qu'il s'y fait un vide, l'hydrogène continuant à passer de l'intérieur à l'extérieur.

Si l'on fait au contraire passer l'azote dans le tube intérieur et l'hydrogène dans l'espace annulaire, et qu'à un moment on ferme le robinet qui amène l'azote en faisant communiquer l'autre extrémité du tube intérieur avec un manomètre, on constate qu'il s'y produit un accroissement de pression qui peut s'élever à deux atmosphères par suite de l'arrivée continue de l'hydrogène¹.

1. Cette diffusion de l'hydrogène à travers le fer est due à la solubilité de l'hydrogène dans ce métal. MM. Troost et Hautefeuille ont démontré que la fonte, le fer et l'acier dissolvent de l'hydrogène : un cylindre de fer pesant 500 gr. retient 44^{cc} d'hydrogène. Graham a constaté que 100^{cc} de platine dissolvent 145^{cc} d'hydrogène. M. Dumas a reconnu que 80^{cc} d'aluminium du commerce dégagent sous l'influence de la chaleur, dans le vide, 88^{cc} d'hydrogène et que 25^{cc} de magnésium en dégagent 28^{cc}. Cette propriété des métaux est analogue à celle du caoutchouc, qui dissout et laisse passer à travers son épaisseur les divers gaz avec des vitesses très différentes.

M. Cailletet a constaté qu'un tube de fer aplati par le laminoir, et soudé à ses deux extrémités puis porté au rouge dans un foyer où les gaz sont réducteurs, absorbe l'hydrogène qui s'y trouve et, se gonflant sous la pression de l'hydrogène absorbé, reprend sa forme et son volume primitifs. C'est par cette propriété que M. Cailletet explique les soufflures que l'on observe dans le fer et dans l'acier.

D'après M. Magnus, l'hydrogène est le seul gaz qui conduise bien la chaleur; sa conductibilité augmente avec la pression. On démontre la conductibilité de l'hydrogène pour la chaleur en prenant un tube de verre contenant un fil de platine maintenu au rouge par un courant électrique; si l'on fait passer dans ce tube un gaz quelconque autre que l'hydrogène, le fil reste rouge, mais il cesse d'être lumineux quand on y fait arriver de l'hydrogène qui conduit la chaleur comme une véritable vapeur métallique. Cette propriété physique rapproche l'hydrogène des métaux, auxquels il ressemble d'ailleurs par ses propriétés chimiques.

85. Propriétés chimiques. — Les propriétés chimiques de l'hydrogène rapprochent ce corps des métaux. Nous venons de voir qu'il est bon conducteur de la chaleur comme les vapeurs métalliques.

L'hydrogène forme, avec les métaux, de véritables alliages; tels sont : le palladium hydrogéné Pa^2H , le potassium hydrogéné K^2H et le sodium hydrogéné Na^2H (MM. L. Troost et P. Hautefeuille). Ces alliages ont l'éclat métallique; ils fondent sans se décomposer. La densité de l'hydrogène combiné à ces métaux est 0,625; elle est voisine de celle de 0,59 du lithium.

Le palladium hydrogéné, Pa^2H , jouit de la propriété de dissoudre de l'hydrogène, aussi Graham a pu faire absorber par le palladium jusqu'à 982 fois son volume de gaz hydrogène. Une lame mince de palladium *a*, préservée par un vernis sur une de ses faces, et placée au pôle négatif d'un voltamètre *C* où l'on décompose l'eau (fig. 64), se recourbe bientôt en spirale par suite de l'écartement des molécules du métal que détermine l'hydrogène en pénétrant dans les pores par la surface libre.

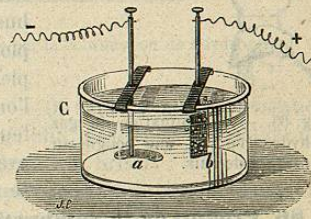
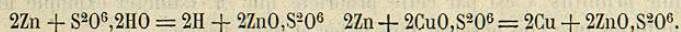


Fig. 64. — Absorption de l'hydrogène par le palladium au pôle négatif de la pile.

L'hydrogène forme, en se combinant avec l'oxygène, un composé, l'eau, qui peut jouer le rôle de base vis-à-vis des acides énergiques (aucun métalloïde ne jouit de cette propriété); c'est ainsi que nous verrons l'eau entrer comme base dans les phosphates ordinaires (172). Les acides hydratés, l'acide sulfurique $\text{S}^2\text{O}^6, 2\text{H}_2\text{O}$, par exemple,

peuvent eux-mêmes être regardés comme des sels d'oxyde d'hydrogène¹.

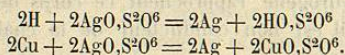
L'hydrogène de l'acide sulfurique étendu (sulfate d'hydrogène) est déplacé par le zinc, comme le cuivre du sulfate de cuivre est mis en liberté par le zinc dans les mêmes conditions :



L'hydrogène, déplacé comme le cuivre par le zinc, peut aussi, comme le cuivre, déplacer l'argent; en effet, l'hydrogène, en passant sur le sulfate d'argent légèrement chauffé, le décompose et laisse de l'argent métallique, tandis que l'acide sulfurique monohydraté distille (M. Stas).

L'hydrogène comprimé décompose même le sulfate d'argent à froid.

Le cuivre agit exactement de la même manière sur le sulfate d'argent :



L'hydrogène se combine avec l'oxygène en dégageant une grande quantité de chaleur ($\text{H} + \text{O} = \text{HO}$ vapeur : + 29°,5). Il brûle au contact de l'air et d'une flamme; il ne peut entretenir la combustion : ainsi, une bougie allumée qu'on plonge (fig. 65) dans une éprouvette pleine d'hydrogène et tenue verticalement l'orifice en bas, s'éteint après avoir mis le feu aux premières couches en contact avec l'air; si on la retire lentement, elle se rallume en sortant.

Fig. 65. — Inflammation du gaz hydrogène par une bougie au contact de l'air.

86. Produit de la combustion. — Pour montrer que le produit de la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène est de la vapeur d'eau, il suffit d'enflammer le gaz sec à l'extrémité d'un tube effilé, placé sous une cloche froide (fig. 66); on voit bientôt les parois s'obscurcir, puis se recouvrir de gouttelettes qui ruissellent et tombent des bords de la cloche. Cette expérience a été faite en 1781 par Cavendish.

Un mélange d'hydrogène avec de l'oxygène ou de l'air s'enflamme au contact d'une bougie, en produisant une très forte détonation. Pour faire l'expérience, on place sur la cuve à eau un petit flacon, de 200^{cc} environ, plein d'eau, l'ouverture en bas; on y fait passer de l'hy-

1. L'eau joue quelquefois le rôle d'acide vis-à-vis des bases énergiques, mais l'oxyde de zinc et beaucoup d'autres oxydes mélliques jouissent de la même propriété.

drogène jusqu'à ce qu'il soit plein aux 2/5, et on achève de le remplir avec de l'oxygène; il renferme ainsi 2 vol. d'hydrogène pour 1 vol. d'oxygène. Si on approche de l'orifice une bougie allumée, la combinaison se fait avec détonation. On se rend facilement compte de cette explosion : l'hydrogène et l'oxygène, en se combinant, dégagent une grande quantité de chaleur, de sorte que la vapeur d'eau formée est à une température excessivement élevée, et par suite tend à occuper un volume bien supérieur à celui du flacon. La plus grande partie de cette vapeur, chassée du flacon, vient choquer brusquement l'air; à cette dilatation succède immédiatement un vide, produit par la condensation de la vapeur, et l'air extérieur se précipite dans le vase; les deux bruits qui résultent de la succession très rapide de ces mouvements brusques

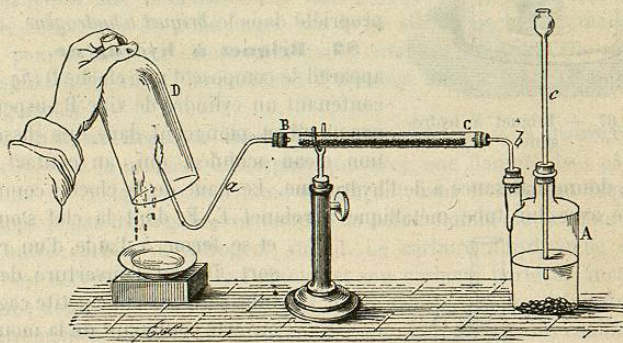


Fig. 66. — Production de la vapeur d'eau par la combustion de l'hydrogène.

des gaz constituent la détonation. — On doit avoir la précaution d'entourer le flacon d'un linge mouillé, afin d'éviter la projection des éclats de verre, dans le cas où il viendrait à se briser.

Le mélange détonant de 2 vol. d'hydrogène et de 1 vol. d'oxygène fait explosion sous l'influence de la chaleur vers 550°.

Des bulles de savon, gonflées à l'aide de ce mélange, s'élèvent dans l'air et détonent au contact d'une flamme. Quand on fait passer ce même mélange dans de l'eau de savon contenue dans un mortier de fer, il se forme, à la surface, des bulles mousseuses qui détonent à l'approche d'une bougie. — L'hydrogène enflammé à sa sortie d'un tube effilé, brûle dans l'oxygène, mais réciproquement si l'on a une large éprouvette pleine d'hydrogène, et tenue l'ouverture en bas, on peut, après avoir enflammé l'hydrogène à l'ouverture, y faire pénétrer un tube effilé par lequel s'écoule un courant d'oxygène : la flamme qui se produit, à l'ouverture, au contact de l'hydrogène avec le courant d'oxygène, continue à accompagner celui-ci quand on l'enfonce dans l'éprouvette.