

SIXIÈME ÉDITION

TRADUCTION PAR W. HUGUES

HISTOIRE
D'UNE CHANDELLE
PAR
FARADAY

Avec une Notice biographique et des Notes complémentaires
SUR L'ACIDE STÉARIQUE, LES LAMPES
L'ÉCLAIRAGE AU GAZ & LES LUMIÈRES

PAR
M. HENRI SAINTE-CLAUDE DEVILLE
MEMBRE DE L'INSTITUT

Illustrations par JULES DUVAUX



BIBLIOTHÈQUE
D'ÉDUCATION ET DE RÉCRÉATION
J. HETZEL, 18, RUE JACOB
PARIS

Droits de reproduction et de traduction réservés.

HISTOIRE
D'UNE
CHANDELLE

IMPRIMERIE GÉNÉRALE DE CH. LAHURE, RUE DE FLEURUS, 9, A PARIS

HISTOIRE
D'UNE
CHANDELLE

PAR FARADAY

Avec une Notice biographique et des Notes complémentaires

sur

L'ACIDE STÉARIQUE, LES LAMPES, L'ÉCLAIRAGE AU GAZ
ET LES LUMIÈRES ÉBLOISSANTES

PAR

M. HENRI SAINTE-CLAIRE DEVILLE

Membre de l'Institut

SIXIÈME ÉDITION



BIBLIOTHÈQUE
D'ÉDUCATION ET DE RÉCRÉATION

J. HETZEL, 18, RUE JACOB

PARIS

Droits de reproduction et de traduction réservés

MICHEL FARADAY.

Michel Faraday est la plus grande figure scientifique du temps présent. Cela tient à deux causes principales. D'abord son génie inventif en théorie appelle l'application par la manière dont il sait démontrer et développer ses idées à l'aide de l'expérience. Les appareils de physique qu'il a imaginés ayant été presque immédiatement utilisés, son nom devenait populaire en même temps que ses grandes découvertes faisaient l'admiration des hommes de science et des Académies. En second lieu, la grandeur et la bonté de son caractère, la

pureté inaltérable de sa vie scientifique, l'amour sincère du bien qu'il a toujours pratiqué avec l'ardeur et la vivacité de sa nature, toutes ces qualités et toutes ces vertus qui se peignent sur ses traits animés et sympathiques, ont exercé sur ses compatriotes et sur les nombreux étrangers qui le visitaient, une attraction à laquelle je n'ai vu personne résister.

Quelques années avant la fin du premier empire, M. Faraday se rendit à Genève avec Humphry Davy, son maître et son ami, ou plutôt son protecteur bienveillant. Le souvenir de cette visite à Genève est encore dans la mémoire de tous les savants qui ont eu le bonheur de recevoir à cette époque ces deux hommes : l'un, sir Humphry Davy, était en même temps un grand seigneur et un savant plein d'autorité; l'autre, Michel Faraday, fort jeune alors, était un simple « assistant » ou préparateur qui tenait son rang avec beaucoup de tact et de modestie. M. Auguste de la Rive, le célèbre physicien que notre Académie des sciences vient de

mettre au nombre de ses huit associés étrangers, et dont le père également célèbre eut l'insigne honneur d'être l'hôte de pareils visiteurs, me racontait, il n'y a pas longtemps, l'impression profonde qu'avaient produite sur les savants de Genève, le caractère et le mérite du jeune Faraday. La sympathie qu'il fit naître dans le cœur des membres de cette admirable Académie de Genève où se trouvaient alors MM. de Saussure, de Candolle, de la Rive, Prevost, Marcet, Pictet et tant d'autres qui ont illustré leur pays et le nôtre, l'estime qu'il sut conquérir ont laissé des traces ineffaçables dans l'esprit de tous ces savants, et le souvenir en est passé à l'état de tradition dans ces familles où la valeur scientifique est héréditaire. J'ai pu moi-même le constater bien souvent et je puis affirmer que Faraday et Ampère, qui vint plus tard, ne seront plus oubliés à Genève.

Après notre première exposition universelle, en 1855, si j'ai bonne mémoire, M. Faraday se rendit à Paris. Il visita nos établissements

scientifiques et quelques usines; et il trouva moyen de répondre à l'accueil respectueux et empressé dont il était l'objet, de manière à exciter partout ces sentiments profonds qu'il sait si bien se concilier par sa modestie en même temps douce et digne. Faraday est un des hommes qu'on ne saurait oublier. Pour ma part j'ai conservé de sa visite à l'École normale un souvenir bien reconnaissant.

L'Institution royale de Londres est un de ces établissements privés, si nombreux en Angleterre, où une réunion de savants, d'hommes du monde, de grands seigneurs, associés entre eux pour l'avancement des sciences, consacrent des sommes considérables au travail particulier des professeurs et à l'enseignement à la fois élevé et élémentaire donné dans les *lectures* ou cours du soir. L'auditoire *distingué* qui assiste le vendredi à ces leçons dans le grand amphithéâtre de l'Institution, y est entretenu d'une manière régulière de tous les progrès importants de la science par les hommes

les plus éminents de l'Angleterre et souvent aussi par des savants étrangers, qui reçoivent alors la plus noble hospitalité.

C'est à l'Institution royale que sir Humphry Davy a fait ses mémorables expériences sur les métaux alcalins : c'est dans ce même laboratoire que M. Faraday a passé sa vie entière, consacrée, comme chacun le sait, à l'étude des sciences physiques. C'est aussi dans l'amphithéâtre de l'Institution royale que Faraday a conquis sa popularité comme professeur. Appelé à simplifier les faits et les théories, sans jamais les amoindrir, afin de les présenter d'une manière élémentaire et précise à un auditoire exceptionnellement attentif et bien disposé, le profond physicien n'a jamais fait aucun sacrifice au désir de plaire et de s'attirer des applaudissements. Exact et rigoureux dans le développement de ses idées, scrupuleux et même puritain dans la forme, il a toujours enseigné sérieusement et non pas seulement *vulgarisé*, comme on le dit aujourd'hui.

Aussi ne doit-on pas s'étonner des respects, des témoignages d'estime et d'affection qui l'accueillent toutes les fois qu'il paraît dans Albemarle street, soit comme professeur, soit comme simple auditeur, rôle auquel il s'est aujourd'hui résigné. J'en parle ainsi pour avoir assisté à quelques-unes de ces scènes touchantes qu'on n'oublie jamais. Quand M. Faraday est dans sa chaire, tout ce qu'il dit est vivement compris et accepté avec admiration : les gentlemen et les ladies qui composent l'auditoire sont presque toujours préparés à ces leçons par une éducation scientifique suffisante. Je ne saurais mieux faire que de comparer une lecture de Faraday devant l'Institution royale à l'exécution d'une symphonie de Mozart ou de Beethoven devant le public mélomane et enthousiaste de notre Conservatoire. Quand M. Faraday est lui-même auditeur, placé tout près de celui de ses amis ou de ses élèves qui tient la parole, il s'intéresse à tout ce qui se dit, à tout ce qui se fait. Doué d'une habileté

exceptionnelle dans l'usage et le maniement des appareils de physique ou de chimie, il est toujours prêt à donner une aide, à prévenir un accident avec une vivacité juvénile. Le succès du professeur, la réussite des expériences le préoccupent comme s'il était identifié avec l'Institution tout entière.

Dans la journée M. Faraday passe son temps jusqu'à trois heures au moins (mes souvenirs datent de dix ans) dans le laboratoire de l'Institution : il travaille en silence, ne demandant que bien rarement l'aide du digne M. Anderson qui l'assiste depuis bien des années. Quand un étranger favorisé, comme je l'ai été pendant une semaine, a la bonne fortune de travailler dans ce laboratoire, le maître l'entoure de toutes sortes de soins et de prévenances. Dans ces relations de tous les instants, la cordialité et le désir d'être utile incessamment témoignés par M. Faraday, pouvaient seuls, chez l'humble confrère qui écrit aujourd'hui ces lignes, combattre la crainte de déranger

un grand esprit qui médite et un expérimentateur des plus habiles, imaginant, construisant lui-même ses appareils de démonstration.

J'ai vu dans ce laboratoire les hommes d'État les plus illustres de l'Angleterre, se rendant auprès de M. Faraday et l'abordant avec cette respectueuse familiarité qui indique l'estime réciproque et les habitudes d'une égalité parfaite. Un jour j'y ai assisté à un entretien remarquable où Michel Faraday avait pour interlocuteur le regrettable prince Albert. La courtoisie de mon hôte avait fait tenir cette conversation en français : il m'est impossible d'exprimer ici l'admiration que j'ai éprouvée pour l'illustre savant et son auguste visiteur. Celui-ci, dans un langage plein de sens et de modération, où toutes les délicatesses de notre langue le servaient à merveille, préconisait notre système de l'enseignement par l'état : M. Faraday soutenait, avec une douce mais inflexible énergie, le système anglais de la liberté

absolue. J'en conclus qu'un prince si sage et si sagement conseillé devait rarement persister dans une erreur.

M. Faraday a maintenant soixante-quatorze ans. Il est né à Newington près Londres, le 22 septembre 1791. Son père était pauvre ; il dut faire lui-même son éducation. Construisant les instruments dont il avait besoin pour commencer ou perfectionner ses études scientifiques, il acquit ainsi une habileté incomparable qui lui devint très-précieuse quand il eut besoin d'inventer de nouveaux appareils, et une dextérité prodigieuse dans le maniement de ces appareils lorsqu'il les faisait fonctionner lui-même devant le public. M. Faraday suivit en 1812 les cours que faisait Humphry Davy à l'Institution royale, les rédigea et envoya son travail au professeur, qui l'accueillit alors dans son laboratoire. Voici dans quels termes touchants s'exprime M. Faraday, racontant lui-même dans une lettre adressée au docteur Paris, le bio-

graphe de Davy, ses premières relations avec son maître :

« Cher Monsieur,

« Vous me demandez des détails sur mes premières relations avec sir Humphry Davy et je suis très-heureux de vous les fournir, attendu qu'ils témoignent de la bonté de cœur de ce savant. Lorsque j'étais encore apprenti relieur, j'aimais beaucoup les expériences et l'idée d'exercer un métier m'inspirait une vive répugnance. Or il arriva qu'un membre de la *Royal Institution* m'emmena entendre les dernières leçons d'un cours professé par sir Humphry Davy dans Albermale street. Je pris des notes que je recopiai ensuite avec soin dans un volume in-quarto. J'éprouvais alors un désir que je regardais comme un sentiment égoïste et presque coupable, — celui d'échapper aux travaux de mon métier afin de m'enrôler sous le drapeau de la science ; car je m'imaginai que la science devait rendre aimable et généreux

tous ceux qui la cultivent. Aussi pris-je la résolution hardie d'écrire à sir Humphry Davy pour lui faire connaître mon souhait et exprimer l'espoir qu'il voudrait bien m'aider à le réaliser si l'occasion se présentait. Je lui adressai en même temps les notes que j'avais rédigées d'après son cours. Sa réponse (je vous communique son autographe en vous priant d'en avoir grand soin, car vous devez deviner combien j'y tiens), sa réponse ne se fit pas attendre. Ma requête, vous le verrez, lui parvint vers la fin de 1812, et au commencement de 1813 il m'engagea à l'aller voir et me parla d'une place d'aide-préparateur vacante dans la *Royal Institution*. Tout en contribuant à satisfaire mes aspirations scientifiques, il me conseilla de ne pas renoncer à la perspective que j'avais devant moi, me disant que la science est une rude maîtresse et que, pécuniairement parlant, elle récompense mal ceux qui se vouent à son service. L'idée que j'avais conçue de la supériorité morale des savants le fit sourire, et il

ajouta qu'il laisserait à l'expérience de quelques années le soin de m'éclairer à cet égard. Enfin, grâce à ses bons offices, j'entrai à la *Royal Institution* au mois de mars 1813, comme aide-préparateur, et au mois d'octobre suivant je l'accompagnai à l'étranger comme préparateur et comme secrétaire. Je revins en Angleterre au mois d'avril 1815 et je repris mon emploi à la *Royal Institution*, où je suis resté depuis lors, comme vous le savez. »

Voici en quels termes sir H. Davy avait répondu à la lettre du jeune relieur :

Londres, 24 décembre 1812.

« Monsieur.... Je suis bien loin d'être fâché de la marque de confiance que vous me donnez, car elle fournit en même temps la preuve non-seulement d'un zèle peu commun, mais d'une grande force de mémoire et d'attention. Je suis obligé de quitter Londres et je ne m'y trouverai installé de nouveau que vers la fin de janvier;

je vous verrai alors au moment qui vous conviendra le mieux. Je serai heureux de vous être utile et je souhaite que cela me soit possible.

« Votre très-humble et obéissant serviteur.

« H. DAVY. »

M. Faraday est resté toute sa vie à l'Institution royale, refusant les places les plus avantageuses et même le titre de baronnet si vivement ambitionné en Angleterre. Il prétendit, et il avait sans doute raison, d'après ce qu'on rapporte, que ce titre ne devant lui rien apprendre ne pouvait lui être bon à rien.

M. Faraday, membre de la Société royale depuis 1824, est le plus ancien des huit associés étrangers de l'Académie des sciences de notre Institut : il a été élu en 1844 et succéda à Dalton. Par une singulière et honorable coïncidence, les trois savants qui le suivirent sur la liste des associés sont Anglais. Ce sont sir David Brewster, sir John Herschel et M. Richard Owen, qui eux-mêmes succédèrent à Berzélius,

à Gauss et à Robert Brown, en 1849, 1855 et 1859. Je cite exprès ces noms pour faire voir la valeur des titres que confère notre Académie des sciences, en appelant dans son sein huit personnages éminents du monde savant. A la suite de l'exposition de 1855 le gouvernement français envoya à M. Faraday la croix de commandeur de la Légion d'honneur : avec le grade de docteur ès lois de l'université que lui conféra en 1832 l'université d'Oxford, ce sont les seules distinctions qu'ait acceptées M. Faraday, d'après un auteur anglais¹.

Les premières pages de cet écrit font connaître le caractère moral et scientifique de Michel Faraday, elles racontent brièvement sa vie simple et entièrement dévouée à la science ; celles qui suivent sont consacrées à une analyse sommaire de ses principaux travaux. Peut-être mes lecteurs trouveront-ils que les détails techni-

1. M. Faraday a été élu membre de l'Académie des sciences de Berlin en 1842.

ques dans lesquels je vais entrer forment un contraste saillant avec les théories lucides, les expériences si clairement décrites et interprétées dans l'*Histoire d'une chandelle* par son illustre auteur. Mais j'obéis à un devoir rigoureux en accomplissant cette tâche. D'ailleurs je me déclarerai très-satisfait si l'on m'a suivi jusqu'ici avant de céder à la tentation de lire l'œuvre de Faraday.

Les publications de M. Faraday comprennent un espace de quarante et un ans pendant lesquels il a fait imprimer trois volumes in-8¹, et cent huit mémoires répartis dans le *Quarterly journal of science*, dans le *Philosophical magazine* et dans les *Proceedings of the royal Institution*.

Son œuvre contient deux parties distinctes : la première qui a occupé sa jeunesse est relative

1. *Chemical manipulation*, etc., 1 vol. in-8, London, 1827, nouvelle édition, 1842; *Chemical Tracts*, 1 vol. in-8; *Lectures on light and ventilation*, *ibid.*, 1843; *On the ventilation of light house lamps*, *ibid.*, 1843.

à des recherches de chimie ; on y distingue un travail très-original et bien souvent cité sur la constitution de l'acier. — Lorsqu'on fit en Angleterre des tentatives sérieuses pour employer le gaz hydrogène carboné à l'éclairage public, on décomposa d'abord par le feu des huiles de poisson, et on obtint un gaz d'une qualité remarquable et dont la composition occupa longtemps M. Faraday. Son analyse amena la découverte d'un grand nombre de principes gazeux et liquides, éminemment combustibles, dont il étudia les propriétés avec un soin minutieux et établit la constitution avec une grande exactitude. C'est à ses travaux dans une autre direction qu'on doit la confirmation la plus importante des analogies constatées depuis longtemps entre les gaz et les vapeurs. La seule différence essentielle qui existe entre ces sortes de fluides élastiques, c'est que les uns sont susceptibles par le froid et la compression de se réduire à l'état liquide, les autres sont incondensables ou permanents.

M. Faraday réduisit dans une proportion considérable le nombre de ces derniers. Beaucoup de gaz qui avaient résisté à toutes les tentatives des chimistes se liquéfièrent entre les mains du professeur. Il obtint ce succès en employant des appareils d'une grande simplicité, quoique nouveaux dans leurs principes. Ces appareils sont devenus classiques, et dans tous les cours de chimie élémentaire ils fonctionnent avec une parfaite exactitude et une complète sécurité.

M. Faraday s'occupa, vers 1830, de la fabrication des verres d'optique qu'on a grand'peine à obtenir sans défauts de structure intérieure et avec des propriétés suffisamment différentes. C'est alors qu'il prépara ses verres pesants avec lesquels, bien des années après, il réalisa une des plus belles expériences de la physique moderne.

Son œuvre principale, celle qui a occupé son âge mûr et à laquelle il a sacrifié toutes ses forces et une santé qui aurait pu être inaltérable, se rapporte à l'électricité et au magné-

tisme. Là apparaît dans toute sa puissance l'invincible énergie d'un homme qui a résolu de porter la lumière dans l'explication des phénomènes les plus obscurs, de prouver d'une manière irréfutable l'identité des causes qui engendrent l'électricité et le magnétisme, et de relier entre elles toutes les forces de la nature par des expériences qui permettent de les rattacher à un même principe. Tous les résultats de cet admirable travail hérissé de difficultés énormes, sont acquis à la science d'une manière définitive.

Jamais M. Faraday n'a voulu laisser une question en suspens : il faut toujours qu'il y réponde par un fait ou par un ensemble de faits qui la résolve dans un sens positif ou négatif. Ses idées préconçues sur les phénomènes de la nature l'ont toujours guidé, mais n'ont jamais asservi son esprit. Hardi dans ses tentatives, car, m'a-t-il dit à moi-même, l'absurde n'est pas toujours impossible, il étonne par ses inventions ; mais, toujours prudent dans les con-

clusions, il prouve aussi tout ce qu'il affirme.

Quoique les savants n'aient pas constamment admis ses principes, les conséquences qu'il en a tirées sont toujours déduites avec une logique irréprochable. Combien de fois les expériences saisissantes qu'il accumule pour soutenir ses idées lui ont-elles donné raison ! L'œuvre de M. Faraday est populaire. Cependant il n'a pas toujours composé ses Mémoires de manière à diminuer pour le lecteur les difficultés du sujet et l'aridité de certaines preuves expérimentales. Mais tout y est original et réfléchi.

C'est là le caractère des trente Mémoires publiés dans les transactions philosophiques et réunis en trois volumes intitulés : *Recherches expérimentales sur l'électricité*. — Si un fil métallique, comme celui d'un télégraphe électrique, est traversé par un courant, un autre fil métallique, placé à côté de lui, mais séparé par un corps isolant, éprouve une influence

singulière de ce voisinage. Au moment où l'on introduit le courant dans le fil principal, il se développe un courant en sens contraire dans le fil voisin. Mais ce courant qu'on appelle *induit* cesse immédiatement, quoique le fil principal continue d'être promu par l'électricité. — Le courant induit est donc instantané. — Il se reproduit, mais en sens inverse, lorsqu'on interrompt la communication du fil principal avec la pile qui fournit l'électricité du courant primitif ou *inducteur*. Ainsi au moment où l'on introduit, au moment où l'on interrompt le flux d'électricité dans le fil principal, le courant induit apparaît pendant un instant dans le fil métallique voisin. La découverte de l'induction date du mois de novembre 1831.

Ampère avait fait voir déjà l'identité des causes qui engendrent l'électricité et le magnétisme. M. Faraday a fourni une grande partie des meilleurs arguments à l'appui de cette cause déjà gagnée, il est vrai. C'est en s'appuyant sur des courants induits développés,

au moyen d'un aimant en mouvement au-dessus d'un conducteur métallique, qu'il donne la théorie d'une magnifique expérience d'Arago que personne ne comprenait à cette époque. L'explication était une conséquence nécessaire des grands faits qui venaient d'être découverts.

Ce courant induit et instantané a été identifié dans ses effets et même dans son mode de production avec l'électricité d'une machine électrique, si bien qu'aujourd'hui, au moyen des machines d'induction que construit M. Ruhmkorff avec une grande habileté, on peut, avec une pile de quelques éléments, produire des étincelles de 30 et de 50 cent. de longueur. On peut obtenir ainsi des étincelles foudroyantes qui ont l'énergie des anciennes batteries électriques les plus puissantes.

C'est que l'électricité produite par les combinaisons chimiques dans la pile a un caractère d'intensité dont on n'avait pas une notion suffisante avant Faraday. Une pile de quelques éléments décompose en quelques mi-

nutes plusieurs grammes d'eau. L'électricité d'un éclair n'en décomposerait peut-être pas une goutte, et cependant l'étincelle de la pile n'a pas une longueur sensible.

Il m'est bien difficile de vous faire comprendre une des plus belles expériences de Faraday, celle au moyen de laquelle il veut démontrer l'influence de l'électricité ou du magnétisme sur la lumière. Je me contenterai de vous dire qu'en entourant de tous côtés, par un appareil électromagnétique des plus puissants, un de ces verres pesants que M. Faraday préparait en 1830, il obtint en 1846 un phénomène optique des plus remarquables, comme s'il eût rendu la lumière magnétique (*Magnetization of Light*). C'est là, certes, une de ces prévisions qui paraissent bien conjecturales et qui ne sont pourtant pas irréalisables : l'absurde n'est pas toujours impossible.

Je ne vous parle pas des grandes lois sur les équivalences électriques posées et démontrées par Faraday. Ce serait trop long à expliquer clairement. Mais tout le monde s'intéresse, j'es-

père, à cette grande découverte du diamagnétisme qui appartient tout entière à M. Faraday.

Tout le monde sait que le fer est attiré par l'aimant. — Trois autres métaux, le cobalt, le nickel et peut-être le chrome, partagent avec lui cette singulière propriété. — M. Faraday fait voir d'abord qu'un très-grand nombre de corps, quand on les met en face d'aimants d'une puissance considérable, sont magnétiques comme le fer, quelquefois il est vrai, parce qu'ils contiennent des traces impondérables de fer. Mais, dans tous les cas, l'attraction qu'exerce sur eux le puissant aimant est si faible qu'il faut des instruments très-précis pour la constater.

Si on soumet à cette action et à ces mesures tous les corps de la nature, on voit qu'ils peuvent se partager en deux groupes, caractérisés les uns par la propriété d'être attirés, comme le fer, les autres par la propriété d'être repoussés, comme le bismuth, par les pôles de l'aimant.—Ainsi certains corps, parmi lesquels

Le bismuth est l'un des plus actifs, sont repoussés par les pôles de l'aimant : ils sont diamagnétiques, comme le fer, qui possède la faculté contraire, est magnétique. Seulement aucun corps connu n'est diamagnétique, aucun même n'est magnétique avec une énergie comparable à celle que possède le fer.

Tous les corps de la nature participent dans un sens ou dans l'autre à ces propriétés : les gaz eux-mêmes, l'air, les flammes, sont diamagnétiques.

Les bornes prescrites à cette notice ne me permettent pas d'aller plus loin, et de tout analyser dans l'œuvre de M. Faraday. Elles n'ont pas coûté à leur auteur moins de quarante et une années d'une vie entièrement consacrée au travail. — Elles font la matière de 440 volumes ou mémoires publiés dans le *Quarterly journal of science*, les *Proceedings of the Royal Institution* et le *Philosophical Magazine*.

M. Faraday ayant toujours généreusement

rendu justice à ses devanciers et discuté avec la plus grande courtoisie les objections de ses contradicteurs, ayant d'ailleurs tracé le premier et seul les voies dans lesquelles il a marché, son œuvre est estimée à l'égal de son caractère, qu'elle reflète; elle n'a jamais suscité de récrimination; elle est de plus un chef-d'œuvre d'originalité, et d'originalité anglaise.

Les fatigues d'une vie si bien remplie se font sentir aujourd'hui dans la santé de M. Faraday : de violentes migraines, jointes à la perte de sa mémoire, l'affectent d'autant plus vivement qu'avec son intelligence vive, prompt toujours autant que s'il était jeune, il gémit d'être arraché au travail et au professorat de l'Institution royale. Voici dans quels termes touchants il demandait sa retraite à la fin de sa dernière lecture « sur le platine, » le 22 février 1864 :

« L'affaiblissement graduel de ma mémoire et de mes autres facultés se manifeste pénible-

ment à moi et il m'a fallu le souvenir de votre bienveillance pour accomplir ma tâche jusqu'au bout. S'il m'arrive de professer trop longtemps ou de manquer à ce que vous attendez de moi, n'oubliez pas que c'est vous qui avez voulu me retenir à mon poste. — J'ai désiré me retirer de l'arène, ainsi que le doit faire tout homme dont les facultés baissent; mais j'avoue que l'affection que j'ai pour cette salle et pour ceux qui la fréquentent est telle, que j'ai de la peine à reconnaître que l'heure de la retraite a sonné. »

Souhaitons que cette vie si grande et si pure se prolonge encore, et que Michel Faraday reste longtemps au milieu de nous pour servir d'exemple à ceux qui aiment et honorent la science.

HENRI SAINTÉ-CLAIRE DEVILLE.

PREMIER ENTRETIEN

HISTOIRE D'UNE CHANDELLE.

PREMIER ENTRETIEN.

Une chandelle. — La flamme; sa raison d'être,
sa forme, sa mobilité, son éclat.

J'ai l'intention, dans ces entretiens, de vous raconter l'histoire chimique d'une chandelle. C'est là un sujet que j'ai déjà traité; mais l'intérêt qui s'y rattache est si grand, ses rapports avec les diverses branches des sciences naturelles sont si variés, que je le reprendrais volontiers chaque année pour peu qu'on me laissât le choix. Toutes les lois qui régissent notre univers se manifestent dans les phénomènes

..

qu'une simple chandelle nous fournira l'occasion de passer en revue.

Avant de commencer, permettez-moi d'ajouter que, bien que le sujet soit vaste et que je désire le traiter à fond, sérieusement et philosophiquement, mes paroles ne s'adresseront pas aux plus âgés d'entre vous. Je réclame le privilège de parler à mes jeunes auditeurs comme si je n'étais pas leur aîné. J'ai déjà tenté de me mettre à leur portée, je recommencrai l'épreuve, si vous le voulez bien. On va rédiger cette causerie, je le sais, cela ne m'empêchera pas d'employer un langage familier, afin de rester à la portée des écoliers et des écolières dont je m'imagine, pour l'occasion, être le camarade.

Cela entendu, mes enfants, je vais d'abord vous expliquer de quoi se compose une chandelle. J'ai ici quelques morceaux de bois, des branches de certains arbres remarquables par la facilité avec laquelle elles brûlent. Voici encore une substance singulière qu'on tire des tourbières d'Irlande. On la nomme *bois-chan-*

delle. En effet, c'est un bois dur, solide, excellent, capable d'une grande force de résistance et qui pourtant forme un si bon combustible que partout où on le trouve on s'en sert pour fabriquer des torches, car il éclaire et brûle exactement comme une chandelle.

Mais occupons-nous des chandelles que le commerce nous livre. Voici des chandelles dites *chandelles à la plonge*. Elles se fabriquent

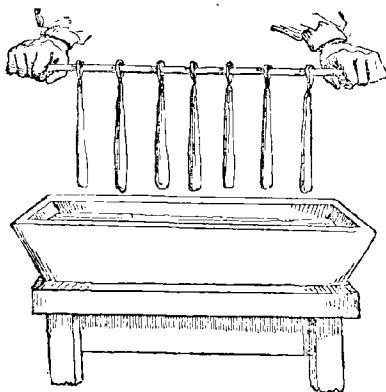


Fig. 1.

en plongeant une mèche de coton, suspendue au bout d'une baguette au moyen de l'anneau

formé par les fils mis en double, dans du suif en fusion; on retire la mèche imbibée de graisse, on la laisse refroidir, puis on recommence l'opération jusqu'à ce qu'il y ait autour de la mèche une accumulation suffisante de suif. Les échantillons que je tiens à la main vous donneront une idée de la diversité des produits qui résultent de ce mode de fabrication. Vous voyez qu'ils sont d'une petitesse peu commune. Ce sont, ou plutôt c'étaient là les chandelles qu'on employait dans les houillères. Autrefois, les ouvriers qui travaillaient dans les mines de charbon de terre devaient se pourvoir de moyens d'éclairage, et on croyait que plus la chandelle était petite, moins on risquait de causer une de ces dangereuses explosions que provoque la présence du feu grisou. Les mineurs, par prudence et par mesure d'économie, se servaient donc de chandelles aussi petites que possible, vingt, trente, quarante, soixante à la livre. Elles ont été remplacées par la lampe de sûreté de sir Humphry Davy et par d'autres inventions du même genre. J'ai ici un

autre échantillon non moins curieux, une chandelle provenant du navire *le Royal George*¹ et repêchée, m'a-t-on dit, par le colonel Pasley. Elle est restée au fond de la mer pendant bien des années, soumise à l'action de l'eau salée. Cela nous montre combien de temps une chandelle peut se conserver; car, bien que celle-ci soit fendue en plus d'un endroit et un peu cassée, elle brûle régulièrement et le suif reprend son état normal dès qu'il est fondu.

Un fabricant m'a fourni de beaux modèles de chandelles et des échantillons de diverses matières employées dans sa manufacture. Examinons tout cela. En premier lieu, voici de la graisse de bœuf, du suif russe, je crois, celui dont on fait ces chandelles à la plonge ou

1. *Le Royal George*, navire de guerre anglais, sombra dans le port de Spithead le 29 août 1782. Le colonel Pasley commença ses opérations pour enlever le bâtiment au moyen d'une batterie sous-marine en août 1839. Les chandelles que le professeur Faraday montra à son auditoire étaient donc restées exposées à l'action de l'eau salée pendant cinquante-sept ans.

à la baguette, dont je vous ai parlé. Gay-Lussac, ou un autre chimiste auquel il avait communiqué son savoir¹, nous a appris à transformer cette matière en une belle substance nommée stéarine. Une bougie de stéarine, vous le savez, n'est pas un vilain objet grassex, mais une chandelle bien propre, dont vous pouvez presque enlever les gouttes en les grattant ou en les pulvérisant sans gâter l'étoffe où elles tombent par hasard. Voici le procédé adopté par ce savant² : On fait d'abord bouillir la graisse de bœuf avec de la chaux vive, de façon à la convertir en savon ; puis on décompose ce savon au moyen de l'acide sulfurique, qui enlève la chaux et laisse la graisse transformée

1. C'est à M. Chevreul qu'il faut attribuer la découverte de la stéarine.

2. La graisse où le suif contient un mélange de matières huileuses et de glycérine. La chaux se combine avec l'acide stéarique, margarique ou oléique ; après avoir lavé le savon de chaux insoluble qui se forme, on le décompose à l'aide d'acide sulfurique délayé et chauffé. Les acides grassex ainsi fondus s'élèvent à la surface sous la forme d'huile et on les décante. Puis on les lave de nouveau, on les dispose en grains peu épais qui, lorsqu'ils ont eu le temps de se

en acide stéarique, produisant en même temps une certaine quantité de glycérine. La glycérine est un sucre, ou une substance analogue au sucre, qui se sépare du suif durant cette opération chimique. On presse alors la stéarine pour en extraire l'huile : cette série de pains plus ou moins pressés vous montre comment les impuretés disparaissent avec la partie huileuse à mesure que la pression s'accroît, jusqu'à ce qu'on ait obtenu la substance bien homogène, qu'on fait fondre afin d'en fabriquer des chandelles semblables à celles-ci. Dans l'échantillon que je tiens à la main, il entre de la stéarine extraite du suif par le procédé que j'ai indiqué. Puis voici une chandelle de blanc de baleine, c'est-à-dire provenant de l'huile pétrifiée que

refroidir, sont placés entre des nattes et soumis à une très-forte pression hydraulique. On extrait ainsi l'acide oléique, qui est une substance fluide, et on obtient un résidu solide d'acide stéarique. On purifie ce résidu par une nouvelle pression à une température plus élevée et par un second lavage à l'acide sulfurique. Ces opérations donnent un produit plus dur, plus blanc, plus propre et plus combustible que la graisse dont on le tire.

fournit le cachalot¹. Parmi les envois que mes amis ont bien voulu m'adresser, j'aperçois aussi de la cire d'abeille jaune et de la cire raffinée dont on se sert pour fabriquer les bougies. A côté, je trouve une autre substance singulière nommée paraffine, et plusieurs chandelles composées de cette paraffine tirée d'une tourbière d'Irlande. J'ai, en outre, à vous montrer un produit rapporté du Japon, depuis que nous avons enfoncé les portes de ce pays éloigné, une sorte de cire qui fournira aux manufacturiers chargés de nous éclairer une nouvelle matière première.

Et comment fabrique-t-on les chandelles ? Je vous ai parlé des chandelles dites à *la plonge*, et maintenant je vous expliquerai comment on fabrique les chandelles moulées. Imaginez-vous une chandelle fabriquée avec des matériaux susceptibles d'être moulés. Mou-

1. Le blanc de baleine est une matière grasse, solide, blanche, douce au toucher et cassante. On le retire du tissu cellulaire interposé entre les membranes du cerveau de diverses espèces de cachalots.

lés? me demanderez-vous. Mais puisque une chandelle est une chose qui se fond si aisément, on doit pouvoir la mouler sans peine! Pas du tout. On s'étonne du nombre des obstacles inattendus qu'il reste à vaincre malgré les progrès opérés dans l'art du manufacturier, et en dépit du soin qu'on a mis à rechercher les meilleurs moyens pour arriver aux résultats désirés. Une chandelle ne peut pas toujours être moulée, une bougie de cire jamais; elle se fabrique à l'aide d'un procédé que je pourrai vous expliquer en quelques minutes. La cire, quoiqu'elle brûle si bien et entre si facilement en fusion au sommet d'une bougie, n'est pas apte à subir l'opération du moulage. Mais prenons une substance d'une nature plus accommodante. Voici un châssis percé de trous dans lesquels sont fixés un certain nombre de moules. Il s'agit d'abord d'y passer une mèche. En voici une, une mèche tressée qui n'aura pas besoin d'être mouchée¹, et qui,

1. La mèche est parfois imprégnée d'un peu de borax ou de sel de phosphore qui rend la cendre fusible.

soutenue par un léger fil de fer, descend jusqu'au fond du moule, où on l'aceroche en bouchant l'ouverture, de façon à ce qu'aucun fluide ne puisse se répandre. A la partie supérieure se trouve une petite barre, placée en travers, qui tend le cordon et le main-

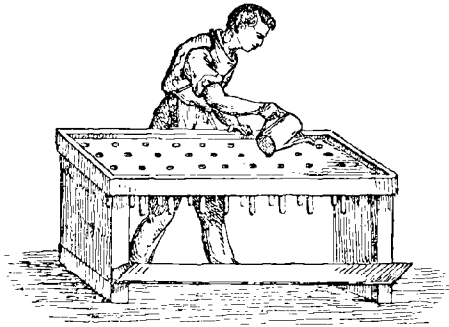


Fig. 2.

tient droit dans le moule, qu'on remplit de graisse en état de fusion. Au bout d'un certain temps, quand les moules se sont refroidis, on laisse écouler par un coin l'excédant de suif, puis on coupe le bout de la mèche. Ensuite, il suffira de renverser les moules

pour que les chandelles tombent dehors, car elles sont fabriqués en forme de cône, étant plus étroites en haut qu'en bas, de sorte que, grâce à cette forme et à la diminution de volume causée par le froid, il n'y a pas besoin

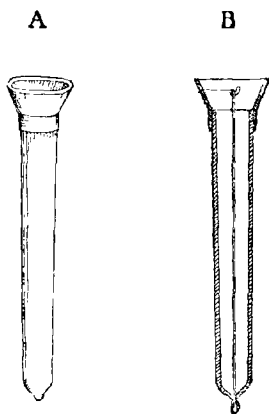


Fig. 3.

de secouer bien fort pour qu'elles sortent du moule. On fabrique de la même manière les chandelles de stéarine et de paraffine. Le procédé qu'on emploie pour faire des bougies de cire vous paraîtra sans doute bi-

zarre. On accroche à un cercle en bois, suspendu par des cordes ou maintenu dans une position horizontale par un support en bois, un certain nombre de mèches qu'on revêt à



Fig. 4.

chaque bout de *ferrets*, petits tubes de fer-blanc qui empêchent la cire de couvrir les extrémités du coton. On porte le cerceau ainsi garni près de l'endroit où chauffe la cire. Vous

voyez que l'appareil se meut aussi facilement qu'une roue de voiture sur son essieu ; or, à mesure que la roue tourne, un ouvrier, armé d'une grande cuiller remplie de cire fondue, verse cette matière le long de chaque mèche. Si, après le premier tour, la cire versée a eu le temps de se refroidir, il y ajoute une seconde couche, et continue jusqu'à ce que ses bougies aient atteint la grosseur voulue. Cela s'appelle des *bougies à la cuiller*. Quand elles ont reçu la quantité de couches nécessaires, c'est-à-dire lorsqu'elles sont à leur dimension, on les enlève et on les place ailleurs. Après qu'on les a décrochées, on les roule sur une pierre parfaitement polie ; on forme ensuite la tête en cône avec un instrument nommé *couteau à tête*, puis on rogne le bas. Tout cela se fait avec tant de précision, que les bons ouvriers vous donneront des bougies dont quatre, six ou tout autre nombre qu'il leur plaira, pèseront exactement la livre.

Mais nous ne pouvons consacrer plus de temps à la simple fabrication des chandelles,

si nous voulons approfondir notre sujet. Je ne vous ai pas encore parlé des bougies de luxe, car on a trouvé moyen d'appliquer le luxe à ce genre d'éclairage. Admirez les brillantes couleurs qu'on a données à ces bougies, bougies jaunes, bleues, roses, bougies mauves, bougies Magenta ; on emploie pour les embellir toutes les couleurs chimiques d'invention ancienne ou récente. Vous remarquerez aussi qu'on adopte des formes diverses. Voici une colonne de cire cannelée charmante à voir, et j'ai là des bougies décorées comme des porcelaines, si bien que quand elles brûlent, on dirait un petit soleil qui brille au-dessus d'un bouquet de fleurs. Mais ce qui est beau n'est pas toujours également bon. Ces bougies cannelées, toutes jolies qu'elles sont, n'éclairent pas aussi bien que les autres, et c'est justement leur forme gracieuse qui les empêche de mieux brûler. Vous regretterez avec moi qu'on n'ait pu ainsi les embellir qu'en les rendant moins utiles.

Arrivons maintenant à la question de l'é-

clairage. Nous allumerons une ou deux chandelles, et nous les mettrons en train de remplir les fonctions auxquelles on les destine. Vous remarquez qu'une chandelle et une lampe sont deux appareils bien différents. S'il s'agit d'une lampe, vous prenez un peu d'huile, vous remplissez votre réservoir, vous ajustez le coton préparé à cet effet, puis vous allumez le haut de votre mèche. Lorsque la flamme qui descend le long du coton rencontre l'huile, elle s'éteint; mais elle continue à brûler dans la partie supérieure. Vous me demanderez sans doute comment il se fait que l'huile, qui ne saurait brûler toute seule, puisse arriver au haut du coton, où elle peut se consumer? C'est là un sujet que nous examinerons tout à l'heure; mais ne vous semble-t-il pas qu'il est encore plus merveilleux de voir brûler une chandelle? Ici, nous avons une substance solide, sans vase pour la contenir; comment cette substance solide peut-elle gagner l'endroit où se trouve la flamme? Comment ce corps y arrive-t-il, n'étant pas fluide,

ou bien, lorsqu'on le rend fluide, comment garde-t-il son adhérence? C'est là ce qu'il y a de vraiment merveilleux dans une chandelle.

Il existe dans cette salle des courants d'air qui nous serviront dans quelques-unes de nos démonstrations, mais nous gêneront dans d'autres. Afin d'obvier à cet inconvénient; je vais m'arranger de façon à m'assurer une flamme paisible et régulière, car on ne peut étudier un sujet lorsqu'il se présente des obstacles qui ne lui appartiennent pas en propre. Voici une invention ingénieuse de quelque marchand des quatre saisons; on s'en sert dans nos marchés du samedi soir¹ pour abriter les chandelles destinées à éclairer les légumes, les fruits ou le poisson. Je l'ai souvent admirée. On place sa chandelle dans un verre de lampe soutenu par une sorte de coulisse qui permet d'élever ou de baisser à volonté la

1. En Angleterre, les boutiques restant fermées le dimanche, les marchés sont très-achalandés le samedi soir.

galerie. Nous n'avons qu'à employer le même moyen pour obtenir une flamme qui ne vacille pas trop et que nous pourrons examiner à notre aise.

Vous voyez tout d'abord qu'il se forme au



Fig. 5.

pied du *lumignon* une belle coupe qu'on nomme le *godet*. A mesure que l'air arrive auprès de la chandelle, il s'élève, grâce à la force du courant que produit la chaleur, et frappe les parois de la cire ou du suif, de manière à rendre les bords du godet plus froids que le cercle inté-

..

rieur. Ce dernier fond sous l'influence de la flamme, qui descend le long de la mèche, aussi bas qu'elle peut avant de s'éteindre; mais la partie extérieure ne fond pas. Si je provoque un courant d'air à droite ou à gauche, mon godet s'ébréchera, et la matière en fusion coulera le long de la chandelle; car la force de gravité à laquelle l'univers entier est soumis maintient ce fluide dans une position horizontale, et si le godet lui-même cesse d'être horizontal, le fluide s'échappera naturellement par une sorte de gouttière. Le godet est donc formé par ce courant d'air régulier qui, agissant sur tous les points, protège les parois extérieures contre la chaleur. Aucun combustible ne peut servir à fabriquer une chandelle, à moins de posséder la propriété qui lui permet de former ce godet, sauf un certain bois qu'on trouve dans les tourbières d'Irlande, dont la substance ressemble à celle d'une éponge, et qui contient en lui-même de quoi alimenter la flamme. Vous comprenez maintenant pourquoi on arrive à de si mauvais résultats quand on brûle ces jolies

chandelles que je vous ai montrées, qui, étant cannelées au lieu d'offrir un cylindre régulier, ne peuvent, par conséquent, donner au godet ce bord délicatement arrondi que nous devons admirer ; car j'espère que vous avez compris que c'est dans la perfection d'un produit, c'est-à-dire dans son utilité, que consiste sa beauté. L'objet le plus parfait n'est pas celui qui plaît le mieux à l'œil, mais celui qui remplit le mieux l'emploi pour lequel il a été créé. Cette jolie chandelle brûlera mal, parce qu'elle causera un courant d'air irrégulier qui produira un godet irrégulier. Vous reconnaîtrez les effets, et je vous prie de les remarquer, de l'action du courant d'air ascendant, lorsque vous verrez un petit ruisseau déborder le long d'une chandelle et la rendre plus épaisse d'un côté. A mesure que la chandelle brûlera, l'excroissance restera en place et formera une petite colonne parallèle à la mèche. Comme elle se dresse au-dessus du reste du combustible, l'air l'entoure plus aisément ; elle se refroidit mieux et devient plus capable de résister aux rayons d'un

foyer de chaleur peu éloigné. Or, les plus grandes erreurs, celles qu'on commet dans la fabrication des chandelles ou ailleurs, nous apprennent souvent des choses que nous n'aurions jamais sues, si nulle faute n'eût été commise.

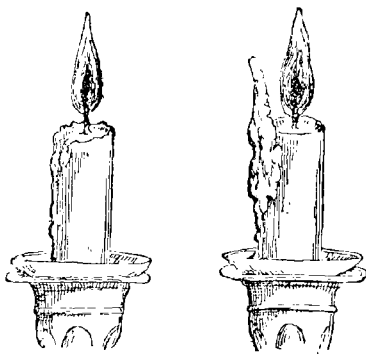


Fig. 6.

Nous étudions afin de devenir des philosophes, et j'espère que vous n'oublierez pas, dès qu'un résultat vous frappera, surtout si ce résultat vous paraît nouveau, de vous demander « Quelle est donc la cause? Pourquoi les cho-

ses se passent-elles ainsi? » A la longue, vous finirez par trouver la réponse.

Il est un autre point relatif à ces chandelles qu'il s'agit d'expliquer. Comment le fluide sort-il du godet et monte-t-il jusqu'à l'endroit où s'opère la combustion? Vous savez que la flamme qui couronne la mèche d'une bougie de cire, d'une chandelle de stéarine, de blanc de baleine ou de suif, ne descend pas jusqu'aux substances qui l'alimentent; elle se tient à sa place et ne fait pas tout fondre. Elle reste séparée du fluide et n'empiète que sur les bords du godet. Il me serait impossible d'imaginer un plus bel enchaînement de faits que cette disposition, grâce à laquelle les diverses parties d'une bougie qui brûle demeurent subordonnées les unes aux autres et se prêtent un mutuel appui. Une matière des plus combustibles qui se consume peu à peu sans jamais se laisser envahir par la flamme! Cela vous semblera un spectacle assez extraordinaire, surtout lorsque vous songerez à la puissance de la flamme, au peu de temps qu'il lui faudrait, en d'autres

conditions, pour détruire la cire qui la nourrit. Nous savons avec quelle facilité elle obligerait le combustible à changer tout de suite de forme si elle s'en approchait de trop près.

Mais comment la flamme s'empare-t-elle du combustible ? Nous touchons là à une question de physique des plus intéressantes — à l'attraction capillaire ¹. « L'attraction capillaire ! » répétez-vous, « l'attraction des cheveux ! » Peu importe le nom, laissons-le de côté ; il date d'une époque déjà reculée où l'on ne connaissait pas très-bien la nature de cette force. C'est donc grâce à l'attraction capillaire que la matière qui entretient la flamme est attirée à l'endroit où la combustion a lieu et qu'elle s'y dépose, non

1. L'attraction ou la répulsion capillaire est la force qui détermine un fluide à monter ou à descendre dans un tube capillaire. Si on plonge dans l'eau un tube thermométrique ouvert à chaque bout, le liquide montera aussitôt dans le verre à une hauteur considérablement plus élevée que le niveau extérieur de l'eau. Au contraire, lorsqu'on plonge ce tube dans du mercure un effet opposé se produit, et on voit le mercure qu'il contient s'abaisser au-dessous du niveau extérieur.

pas au hasard, mais au centre même de l'action. Je vais vous citer un ou deux exemples de capillarité, c'est-à-dire de ce genre d'action ou d'attraction au moyen de laquelle deux substances, qui ne sont pas susceptibles de se dissoudre l'une dans l'autre, tiennent ensemble. Lorsque vous vous lavez les mains, vous les mouillez complètement, vous prenez un peu de savon pour rendre l'adhésion plus parfaite et vous trouvez que la peau reste humide. C'est là un des résultats de cette attraction dont je viens de vous parler. Qui plus est, si nos mains sont bien propres — chose rare, car elles ne se salissent que trop facilement — l'eau grimpera un peu le long du doigt que nous y tremperons. J'ai ici une substance assez poreuse, une colonne de sel, — je verserai dans l'assiette, au bas de cette colonne, non pas de l'eau, ainsi que vous pourriez le croire, mais une substance saturée de sel et incapable d'en absorber davantage ; de sorte que l'action que vous allez voir se manifester ne sera pas la conséquence d'une dissolution quelconque. Nous nous imagine-

rons, s'il vous plaît, que l'assiette représente une chandelle, le sel une mèche et ce liquide du suif fondu. J'ai coloré mon fluide afin de vous permettre de mieux voir comment il agit. Vous remarquez, maintenant que je verse la solution, qu'elle monte peu à peu dans le sel.

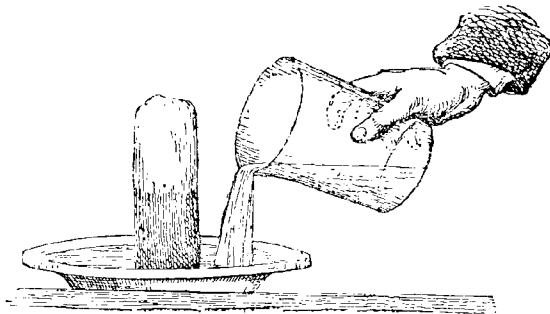


Fig. 1.

Si cette eau bleue était combustible et si nous placions une mèche au sommet du sel, elle brûlerait en pénétrant dans le coton. Ce genre d'action et les circonstances qui s'y rattachent sont très-curieux. Lorsque vous vous lavez les mains, vous prenez une serviette afin d'es-

suyer l'eau, et c'est par une marche toute semblable de l'humidité ou par suite du même genre d'attraction, que le suif mouille la mèche d'une chandelle. Il arrive parfois qu'une petite fille ou un petit garçon (à vrai dire, j'ai vu des grandes personnes assez soigneuses d'habitude commettre une pareille distraction) jette l'es-suie-main sur le bord de la cuvette, et, en peu de temps, la serviette a tiré toute l'eau hors de la cuvette pour la répandre par terre, parce que le linge s'est trouvé placé de manière à servir de siphon¹. Pour vous mettre à même de mieux distinguer comment les substances agissent l'une sur l'autre, je me suis muni d'un vase formé d'un tissu métallique et rem-

1. Feu le duc de Sussex a été le premier, si je ne me trompe, à démontrer qu'on peut laver les crevettes d'après le même principe. On laisse tremper la queue, après en avoir enlevé la partie qui fait éventail, dans un verre d'eau, tandis que la tête reste penchée par-dessus le bord; l'attraction capillaire entraîne dans la queue l'eau qui continue à s'écouler par la tête comme par un robinet, jusqu'à ce que le liquide se soit abaissé dans le verre au point de ne plus se trouver en communication avec les crustacés.

pli d'eau. Vous pouvez comparer l'action de ce vase à celle d'un morceau de coton ou de calicot. En effet, on fabrique quelquefois les mèches avec une sorte de fil métallique. Vous remarquerez que mon vase est poreux ; car si je verse de l'eau sur la partie supérieure, elle s'écoulera par en bas. Vous seriez embarrassés, si je vous demandais dans quel état se trouve ce vase, ce qu'il contient et pourquoi ce qu'il contient reste là. Il est plein d'eau ; vous voyez cependant que l'eau entre et sort comme s'il était vide. Afin de vous le prouver, je n'ai qu'à le vider. Voici la raison de ce mystère : le tissu métallique, une fois qu'il est mouillé, reste mouillé ; les mailles sont tellement serrées que le liquide est attiré d'un côté à l'autre avec assez de force pour demeurer dans le vase, tout poreux qu'il est. C'est ainsi que les molécules de suif fondu s'élèvent dans le coton et gagnent le haut de la mèche ; d'autres molécules les suivent, entraînées par une attraction mutuelle, et, à mesure qu'elles arrivent auprès de la flamme, elles se consomment peu à peu.

Voici une autre application du même principe. Vous voyez ce bout de jonc ? J'ai rencontré dans les rues plus d'un collégien qui, désireux de passer pour un homme, coupait un morceau de jonc et se mettait à le fumer en guise de cigare. La chose est très-facile, grâce à la perméabilité et à la capillarité de ce bois. Si je place ce bout de jonc sur une assiette contenant de la camphine (une substance assez analogue à la paraffine) nous verrons le liquide monter dans la canne absolument de la même manière que le fluide bleu a grimpé jusqu'au sommet de la colonne de sel. Comme les côtés du jonc sont revêtus d'une surface qui n'est point poreuse, le liquide ne saurait passer par là ; mais il s'élèvera à l'intérieur. Le voilà déjà en haut de notre morceau de jonc, que je vais allumer et transformer en chandelle. Le fluide s'est élevé en vertu de l'attraction capillaire du morceau de jonc, de la même façon qu'il s'élève dans la mèche de coton d'une chandelle.

Pourquoi la flamme ne court-elle pas tout le

long de la mèche d'une bougie? Parce qu'arrivée à un certain point, elle se trouve éteinte par le suif fondu. — Voilà la seule raison. Vous n'ignorez pas que vous éteindrez une chandelle en la renversant de manière à laisser la graisse couler le long de la mèche. La flamme, dans ce cas, n'a pas eu le temps d'échauffer le combustible au point de le rendre capable de brûler, ainsi que cela arrive lorsque la graisse ne parvient jusqu'à la mèche qu'en petites quantités qui ont subi l'action de la chaleur.

Il est un autre point relatif à nos chandelles qu'il importe de signaler. Il s'agit de la volatilité du combustible. Anfin de vous la faire comprendre, je répéterai une très-jolie expérience — très-jolie, bien qu'elle soit banale. Si vous soufflez adroitement une chandelle, vous verrez s'élever un tout petit nuage de vapeur. Vous avez souvent, j'en suis sûr, senti l'odeur que répand la vapeur d'une chandelle qu'on vient de souffler, et c'est une odeur très-désagréable ; mais, ainsi que je vous le

disais, pour peu que vous éteigniez adroitement votre lumière, vous distinguerez, sans trop de peine, la vapeur qui représente la sub-

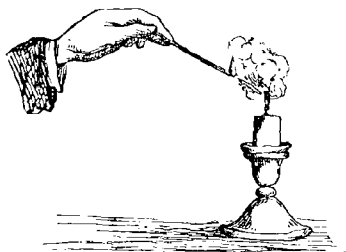


Fig. 8.

stance solide métamorphosée. Je vais souffler une de ces chandelles de façon à ne pas déranger l'air environnant. Il ne s'agit que de souffler

dessus d'une manière continue. Là! maintenant, si je tiens une allumette à deux ou trois pouces de la mèche, vous remarquerez une traînée de flamme qui traverse l'air jusqu'à ce qu'elle arrive à la chandelle qu'elle rallume. Je suis obligé de me hâter, parce que si je laissais à la vapeur le temps de se refroidir, elle se condenserait en un corps liquide ou solide, ou bien le courant de la matière combustible se dérangerait.

Arrivons maintenant à la forme de la flamme. Il est très-essentiel d'être bien renseigné au sujet de la transformation que la matière de la chandelle a enfin subie au sommet de la mèche où elle brille avec cet éclat admirable que la flamme seule peut donner. L'or et l'argent brillent aussi; les rubis et les diamants resplendent; mais rien ne saurait éclipser la flamme. Où est le diamant qui mérite d'être comparé à la flamme? La nuit, le diamant ne doit-il pas son lustre à la lumière qui l'éclaire? La flamme brille au milieu de l'obscurité; mais le feu du diamant cesse d'exister à moins

de recevoir l'aumône d'une lueur étrangère. La chandelle seule brille par elle-même et pour elle ou pour ceux qui en ont préparé les matériaux. Maintenant, étudions un peu la forme de la flamme telle qu'elle nous apparaît sous

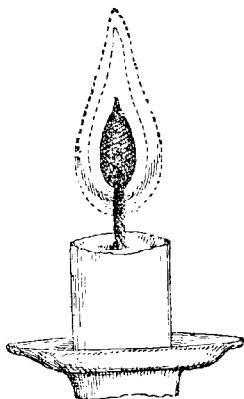


Fig. 9.

ce verre de lampe. Elle vacille peu, donne une clarté égale, et sa forme est celle qui se trouve représentée dans ce dessin. Elle varie en raison des courants atmosphériques et aussi en raison de la grosseur de la chandelle. C'est un

brillant cône oblong, plus lumineux vers le haut que vers le bas, avec la mèche au milieu et, à la base de la mèche, certaines parties plus noires qui se montrent à l'endroit où la combustion s'opère moins bien qu'au sommet. J'ai ici une esquisse faite, il y a quelques années, par le savant Hooker. Ce dessin représente la flamme d'une lampe, mais il s'applique tout aussi bien à la flamme d'une chandelle. Le godet d'une chandelle forme la lampe ou le réservoir, le suif fondu remplace l'huile, et la mèche est commune aux deux modes d'éclairage. Au-dessus de la mèche, s'élève une petite flamme; puis autour de cette flamme, une certaine quantité de matière dont vous ignorez sans doute l'existence. Le dessinateur a très-exactement représenté les parties de l'atmosphère environnante essentielles à la formation de la flamme et qui l'accompagnent toujours. En effet, il se forme un courant qui soulève la flamme; car la flamme que vous apercevez est réellement soulevée par ce courant, et cela à une grande hauteur, ainsi que l'indique le pro-

longement figuré dans l'esquisse. Vous pourrez vous en assurer en prenant une chandelle allumée que vous placerez entre les rayons du soleil et une feuille de papier de façon à obtenir l'ombre de la flamme. N'est-il pas étonnant qu'un objet assez lumineux pour vous donner l'ombre de tout autre corps puisse être réduit à jeter sa propre ombre sur une feuille de papier ou de carton de manière à vous permettre de voir jaillir autour de la flamme quelque chose qui ne fait pas partie de cette flamme, mais qui s'élève à côté d'elle et l'oblige à monter? Je vais imiter le soleil en appliquant la batterie voltaïque à une lampe électrique. Voilà notre soleil dans tout son éclat. En plaçant la chandelle entre notre imitation du soleil et ce paravent, nous obtiendrons l'ombre de la flamme. Vous remarquez l'ombre de la chandelle et de la mèche; puis il y a la partie obscure que vous avez déjà vue dans le dessin, et une autre partie plus distincte. Chose étrange, ce que l'ombre nous représente dans sa partie la plus obscure est, en réalité, le point le plus

brillant ; et ici vous apercevez le courant d'air chaud qui soulève la flamme, lui fournit un aliment et refroidit les bords du godet contenant la graisse fondue.

Une autre démonstration expliquera com-

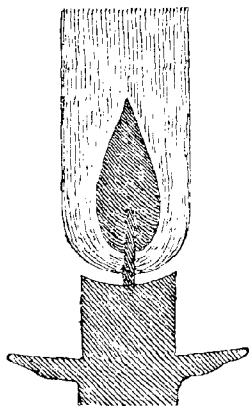


Fig. 10.

ment la flamme monte ou s'abaisse selon les courants d'air. Voici une flamme — ce n'est pas celle d'une bougie. — Mais vous devez déjà être à même de généraliser et de comparer. Mon intention est de transformer le courant qui

soulève la flamme en un courant qui la forcera à s'abaisser. J'y parviendrai sans peine au moyen du petit appareil que vous voyez. La flamme, ainsi que je vous l'ai dit, n'est pas celle d'une chandelle, c'est un produit de l'alcool qui ne nous donnera pas trop de fumée. L'emploi d'une autre substance¹ prêtera à la flamme une couleur grâce à laquelle vous pourrez la suivre dans sa marche; car, sans cette précaution, elle serait à peine visible. J'allume donc cet esprit de vin et nous avons une flamme. Vous remarquerez que dans l'air libre elle monte naturellement à cause du courant provoqué par la combustion. Mais en soufflant sur la flamme, je l'oblige à descendre dans cette petite cheminée, la direction du courant se trouvant changée. Avant que nous soyons arrivés à la fin de ce cours, je vous aurai montré une lampe où la flamme monte tandis que la fumée descend, et où la fumée monte, tan-

1. On obtient, par exemple, une belle flamme verte en faisant dissoudre du chlorure de cuivre dans l'alcool.

dis que la flamme s'abaisse. Vous voyez donc qu'on a découvert le moyen de varier la direction des courants.

Il est d'autres points que je dois vous expliquer. La plupart des flammes que voilà changent sans cesse de forme en raison des cou-

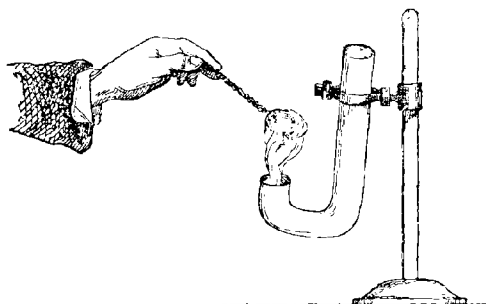


Fig. 11.

rants d'air qui leur arrivent de divers côtés ; mais, pour peu que nous tenions à nous mieux renseigner sur leur compte, nous pourrions en obtenir qui auront l'air d'être fixes ; rien même ne nous empêche de les photographier, de sorte qu'elles deviendront fixes en réalité. Mais ce

n'est pas la seule chose dont j'aie à vous parler. Si je prends une flamme suffisamment développée, elle ne conservera pas cette homogénéité, ces conditions uniformes de contour que donne celle d'une lampe ou d'une bougie ; elle s'émancipe, elle éclate avec une force de vitalité vraiment merveilleuse. Je vais me servir d'un nouveau genre de combustible, mais qui imitera très-bien le suif d'une chandelle. J'ai ici une grosse boule de coton qui servira de mèche. Maintenant que je l'ai trempée dans l'esprit de vin et que la voilà allumée, en quoi diffère-t-elle d'une chandelle ordinaire ? Elle en diffère beaucoup sous un rapport, car elle a une puissance, une vivacité, une beauté, une animation qu'une chandelle ne saurait manifester. Vous voyez ces belles langues de feu qui s'en échappent. Nous remarquons la même disposition générale dans la masse de la flamme qui va de bas en haut ; mais nous avons de plus ces jaillissements de langues de feu que la chandelle ne produit pas. D'où vient cette différence ? Je dois vous en donner la

..

raison ; car, lorsque vous la connaîtrez, vous serez plus à même de comprendre ce que j'aurai à vous dire dans la suite. Je présume que quelques-uns d'entre vous ont déjà fait l'expérience que nous allons recommencer. Ai-je tort de supposer qu'il se trouve ici au moins une personne connaissant certain jeu anglais où on risque de se brûler un peu les doigts afin d'attraper quelques raisins ? Je ne sais rien qui nous fournisse une aussi belle démonstration de la théorie de la flamme que ce jeu-là. Voici d'abord le plat, et permettez-moi de vous recommander de le faire bien chauffer lorsque vous voudrez pêcher des raisins dans de l'eau-de-vie enflammée. Il faudrait aussi réchauffer d'avance vos raisins et votre eau-de-vie. C'est là une précaution que je n'ai point prise ; mais peu importe, puisque nous n'avons pas l'intention de prolonger le jeu. Quand vous avez versé votre alcool dans le plat, vous avez le godet et le combustible, et voilà les raisins qui vont remplir le rôle de mèches. Je les jette dans le plat, j'al-

lume mon liquide et vous voyez s'élever ces belles langues de flamme dont je vous ai parlé. L'air qui arrive en glissant par-dessus les bords du plat, forme ces langues. Pourquoi cela? Parce que la force du courant et l'action inégale de la flamme empêchent celle-ci d'arriver en un jet uniforme. L'air monte d'une façon si irrégulière qu'il donne à chacune de ces petites langues une existence isolée, brisant ainsi ce qui, dans d'autres conditions, ne donnerait qu'une seule image. Notre plat représente une multitude de chandelles indépendantes. Vous ne devez pas vous imaginer, parce que vous voyez toutes ces langues à la fois, que la flamme a cette forme particulière. Une flamme de cette forme n'existe jamais à un moment donné. Le fond d'une flamme, telle que celle que vous avez vue jaillir de la boule de coton, n'a jamais la forme qu'elle vous paraît avoir. Elle se compose d'une multitude de flammes différentes qui se succèdent avec tant de rapidité que l'œil ne distingue que l'ensemble. J'ai analysé tout exprès, dans le temps, une

flamme offrant ce caractère général, et le dessin que voici indique les diverses parties dont elle se compose. Elles ne se présentent pas

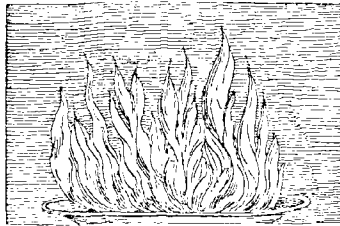
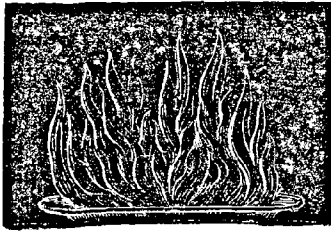


Fig. 12.

toutes à la fois, je vous l'ai dit; ce n'est que parce qu'elles se remplacent avec une vitesse incroyable qu'elles nous semblent se produire simultanément.

Il est vraiment honteux que nous n'ayons pas fait plus de progrès, et qu'il nous faille nous séparer sans même avoir le temps de manger nos raisins brûlés ; mais, sous aucun prétexte, je ne puis vous retenir au delà de l'heure fixée. Je profiterai de la leçon ; à l'avenir, je serai plus sobre de démonstrations et nous approfondirons davantage les questions.

DEUXIÈME ENTRETIEN

DEUXIÈME ENTRETIEN

Une chandelle : Éclat de la flamme. — Air essentiel à la combustion. — Formation de l'eau.

Dans la leçon précédente, nous avons étudié le caractère général de la partie fluide d'une chandelle et la manière dont ce fluide arrive à l'endroit où s'opère la combustion. Vous avez vu qu'une chandelle qui brûle régulièrement, à l'abri du vent, donne une flamme d'un aspect assez uniforme, et qui n'en est pas moins curieux pour cela. Aujourd'hui, nous nous occuperons des moyens à l'aide desquels on parvient

à découvrir ce qui se passe dans telle ou telle portion de la flamme, pourquoi cela se passe et quelles transformations ont lieu pendant que cela se passe. Nous nous demanderons ce que devient la chandelle, en fin de compte ; car vous n'ignorez pas que, si elle brûle convenablement, elle disparaîtra sans laisser la moindre trace de saleté dans un bougeoir, et c'est là un fait fort curieux. Afin de pouvoir examiner cette chandelle avec tout le soin désirable, j'ai disposé certains appareils dont vous ne tarderez pas à connaître l'usage. Voici une chandelle ; je vais placer l'extrémité de ce tube de verre au milieu de la flamme, dans cette partie que Hooker représente dans son dessin comme étant assez noire et que vous pourrez voir chaque fois que vous regarderez attentivement une chandelle sans entraver sa combustion. Nous commencerons par examiner ce point noir. J'introduis une des extrémités de mon tube recourbé dans cette portion de la flamme, et vous voyez aussitôt quelque chose se dégager de la flamme et sortir par l'autre bout du tube.

Si je place un flacon de ce côté, vous verrez que ce quelque chose qui s'échappe du centre de la flamme se laisse attirer peu à peu et descend à travers le tube pour s'introduire dans ma bouteille, où il ne se conduit pas du tout de la même façon que dans l'air libre. Non-seule-

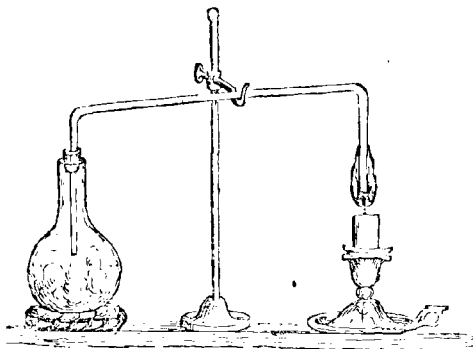


Fig. 13.

ment il s'échappe par l'extrémité du tuyau, mais il tombe au fond de la bouteille, comme un corps lourd qu'il est. En effet, ce quelque chose représente la cire convertie, non en gaz, mais en un liquide réduit en vapeur. Il vous faudra apprendre la différence qui existe entre

un gaz et une vapeur : le premier est permanent, tandis que l'autre est susceptible de se condenser. Lorsque vous soufflez une chandelle, vous sentez une très-mauvaise odeur, qui résulte de la condensation de cette vapeur. Cela ne ressemble en rien à ce que vous avez en dehors de la flamme ; et, afin de vous le mieux démontrer, je vais produire et allumer une portion plus considérable de cette vapeur ; car, en notre qualité de philosophes, nous devons produire en grand ce que la chandelle nous donne en petit ; cela nous permettra d'en mieux étudier les diverses parties. Mon préparateur me fournira un foyer de chaleur, et je vous montrerai ce que c'est que la vapeur. Voici, dans une bouteille, de la cire que je vais chauffer au même degré que la flamme centrale de cette chandelle, au même degré que la matière que contient son *godet*. (*Le professeur met de la cire dans une bouteille et la chauffe au-dessus d'une lampe.*) Là, je crois qu'elle est assez chaude. Vous voyez que la cire est devenue fluide et qu'il en sort un peu

de fumée. Chauffons-la un peu plus, car je tiens à avoir assez de vapeur pour pouvoir la verser dans ce bassin et l'allumer. Voilà donc une vapeur absolument semblable à celle que nous avons au milieu du foyer de la bougie. Afin que vous n'en doutiez pas, essayons si nous ne trouverons pas dans cette bouteille une véritable vapeur combustible tirée de ce foyer même. (*Le professeur prend la bouteille dans laquelle il avait fait entrer le tube de verre et y introduit un rat-de-cave allumé.*) Voyez comme elle brûle. Or, c'est là la vapeur empruntée au centre du foyer de la chandelle. Il importe de considérer d'abord ce point en étudiant les transformations de la cire qui se consume. Je vais disposer avec soin un autre tube dans la flamme, et je serais bien étonné si, en nous y prenant adroitement, nous ne décidions pas la vapeur à se promener jusqu'à l'autre bout du tube, où nous l'allumerons; nous obtiendrons ainsi absolument la même flamme que celle qui brille un peu plus bas. Regardez cela. N'est-ce pas une très-jolie expérience ?

Qu'on ne nous parle plus de tuyaux de gaz. Ne venons-nous pas de poser un tuyau de chandelle? Vous voyez par là qu'il y a deux genres d'action en jeu : la *production*, puis la *combustion*

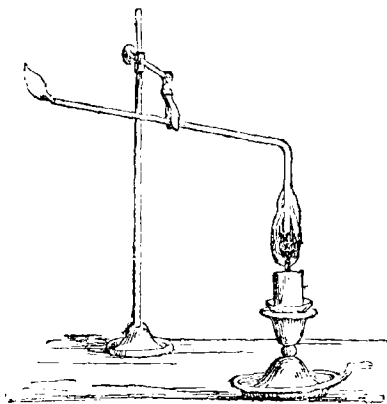


Fig. 14.

tion de la vapeur, qui s'effectuent chacune de son côté.

La partie qui a déjà brûlé ne me donnera pas de vapeur. Si je soulève mon tube en le plaçant plus haut dans la flamme, dès que le résidu de vapeur aura été chassé, ce qui suivra

ne sera plus combustible, ayant déjà brûlé. Comment cela? Rien de plus simple. La vapeur combustible se trouve au centre de la flamme, à l'endroit où paraît la mèche; en dehors de la flamme vient l'air, sans lequel, ainsi que nous le saurons bientôt, la combustion serait impossible; entre les deux s'exerce une puissante action chimique, car l'air et le combustible opèrent si bien l'un sur l'autre, qu'au moment même où nous obtenons la lumière, la vapeur est anéantie. Si vous recherchez l'endroit d'où la chaleur rayonne autour d'une chandelle, vous découvrirez que le foyer occupe une position singulière. Supposons que je tienne une feuille de papier au-dessus et tout près de la flamme, où trouverons-nous la chaleur de cette flamme? Ne voyez-vous pas qu'elle n'est pas au centre? Elle forme un anneau justement à l'endroit que je vous ai indiqué comme étant le siège de l'action chimique, et, en dépit du peu de régularité de mon expérience, il se produira un anneau sur le papier, pourvu que l'air ne soit pas trop agité. C'est

là une bonne expérience, qu'il vous sera facile de répéter chez vous. Prenez un bout de papier, tâchez qu'il n'y ait pas de courant d'air dans la chambre, placez votre feuille en travers du centre de la flamme (il ne faut pas que je parle pendant que je fais moi-même un essai), et vous verrez qu'elle sera brûlée en deux

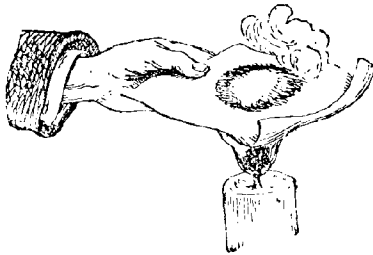


Fig. 15.

endroits. Elle ne brûlera que peu ou point au centre. Quand vous aurez recommencé deux ou trois fois, de manière à vous en tirer aussi bien que moi, cela vous intéressera de vous assurer de l'endroit où se trouve la chaleur, et vous reconnaîtrez qu'elle agit en effet là où l'air et le combustible se rencontrent.

Il importe de constater ce fait avant d'aller plus loin. L'air est indispensable à la combustion, et, de plus, vous saurez qu'il faut que cet air se renouvelle. Voici une cloche remplie d'air ; je la place sur une chandelle

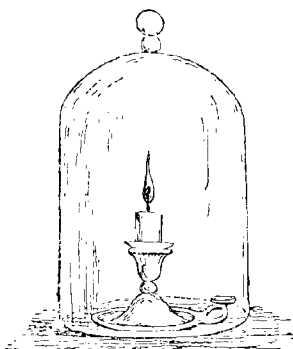


Fig. 16.

qui brûle convenablement tout d'abord, et prouve que j'ai dit la vérité. Mais un changement s'annonce bientôt. Vous voyez que la flamme s'allonge, puis pâlit et paraît sur le point de s'éteindre. Pourquoi s'éteindrait-elle? Non pas parce que l'air manque, puisque la

..

cloche en contient autant qu'avant, mais parce que cet air a cessé d'être pur. La cloche est encore remplie d'air, dont une partie seulement a subi une transformation ; néanmoins, elle ne fournit plus assez d'air pur pour permettre à la chandelle de brûler. Ce sont là autant de points auxquels nous sommes tenus, nous autres jeunes chimistes, de prêter beaucoup d'attention. Si nous étudions d'un peu plus près ce genre d'action, nous arriverons pas à pas à des conclusions extrêmement intéressantes. Par exemple, voici une lampe ; elle nous sera très-utile dans nos expériences. Je vais en faire une chandelle. (*Le professeur empêche la circulation de l'air au centre de la flamme.*) Voilà le coton, voilà l'huile qui monte et voilà la flamme en forme de cône. Elle brûle assez mal parce que je l'ai privée d'air en partie. Je n'ai permis à l'air d'y arriver qu'extérieurement, et elle paraît en désirer davantage. Comme la mèche est déjà grande, il devient impossible de lui fournir plus d'air du côté extérieur ; mais si, adoptant l'ingénieuse

invention d'Argand, j'ouvre un passage au milieu de la flamme, de manière à ce que l'air pénétre par là, vous verrez comme elle brûlera bien. Si, au contraire, j'intercepte l'air, vous verrez comme elle fumera. Pourquoi donc? Nous avons là quelques points qu'il importe d'étudier; la combustion de la chandelle, la chandelle qui s'éteint faute d'air, et enfin la combustion imparfaite. Ce dernier point surtout nous intéresse beaucoup, et je désire que vous le compreniez bien. Je vais produire une grande flamme, qui me fournira une meilleure démonstration. Voici une très-grosse mèche. (*Le professeur allume une boule de coton imprégnée de térébenthine.*) Boule ou chandelle, c'est la même chose, en somme. Si nous employons une grande mèche, il nous faudra aussi un grand courant d'air, sans quoi la combustion serait moins parfaite. Voyez cette substance noire qui s'élève dans l'atmosphère. Un vrai feu d'artifice en deuil et qui ne s'arrête pas. J'ai trouvé le moyen de nous débarrasser de ces molécules qui brûlent mal et qui au-

raient pu nous incommoder. Voyez la suie qui jaillit de la flamme ; voyez combien la combustion est imparfaite, parce qu'elle ne trouve pas assez d'air. De quoi donc notre mèche a-t-elle à se plaindre ? Il lui manque certaines choses sans lesquelles une chandelle ne brûlera jamais bien, et il se produit par conséquent de mauvais résultats. Mais nous savons ce qui arrive à une chandelle dans des conditions favorables. Lorsque je vous ai montré la trace laissée sur l'un des côtés d'un morceau de papier par l'anneau de la flamme, j'aurais aussi pu vous prouver, en retournant la feuille, que la combustion de la chandelle produit le même genre de suie, c'est-à-dire du charbon ou du carbone.

Mais, avant d'en venir là, il est essentiel que je vous explique, bien que j'aie pris une chandelle pour exemple et que je vous aie cité sa flamme comme le résultat de la combustion en général, je dois, dis-je, vous expliquer que la combustion s'opère de diverses façons, que la flamme ne se présente pas toujours dans les

mêmes conditions. Il importe d'établir ce point. Je crois, puisqu'il est convenu que nous sommes tous très-jeunes, que le meilleur moyen de démontrer ce que j'avance, c'est d'avoir recours à ces contrastes frappants. Voici un peu de poudre à canon. Vous savez que la poudre produit une flamme; car cela peut fort bien s'appeler une flamme. Elle contient du charbon et d'autres substances qui, réunies, donnent une lueur passagère. Voici en outre du fer pulvérisé ou de la limaille de fer. Or, mon intention est de les brûler ensemble. J'ai là un petit mortier qui me servira à les mêler. Avant de commencer ces expériences, vous me permettrez d'espérer qu'aucun de vous ne causera un malheur en s'amusant à répéter l'épreuve, car ces substances sont très-dangereuses, quand on ne prend pas, en les maniant, les plus minutieuses précautions. Donc, voici un peu de poudre que je dépose dans ce petit vase de bois et à laquelle je mêle la limaille de fer, mon but étant d'obliger la poudre à mettre le feu à cette limaille, qui brûlera en l'air, de façon à vous

montrer la différence qui existe entre des substances brûlant avec flamme ou sans flamme. Voici le mélange. Quand j'y mettrai le feu, suivez bien des yeux la combustion, et vous verrez qu'elle s'opérera de deux manières. Vous verrez la poudre brûler avec flamme, tandis que la limaille sera lancée en l'air. Elles brûleront chacune de son côté. (*Le professeur approche une lumière du mélange.*) Voilà la poudre qui brûle avec flamme et fait sauter la limaille. Vous saisissez donc ces deux grandes distinctions. De ces différences dépendent toute l'utilité et toute la beauté de la flamme dont nous nous servons pour nous éclairer. Lorsque nous employons de l'huile, du gaz ou une chandelle, leur efficacité dépend entièrement de ces différentes espèces de combustion.

Certaines flammes se présentent dans des conditions si curieuses, qu'il faut un peu de finesse et d'habileté pour distinguer les différents modes de la combustion.

Par exemple, nous avons là, sous la main, une poudre très-combustible, composée d'une

masse de molécules séparées. Cela s'appelle du *lycopode*¹, et chacune de ces molécules que vous apercevez peut produire une vapeur et une flamme; mais, à les voir brûler, vous vous imaginerez qu'il n'y a qu'une seule flamme. Je vais en allumer une certaine quantité et vous verrez l'effet. Nous avons obtenu une flamme unique en apparence; mais vous avez entendu un bruit qui prouve que la combustion n'a été ni continue ni régulière. C'est avec cette substance que l'on fabrique les éclairs dans les fêtes que nous admirons pendant les vacances de Noël, quand nos professeurs ont été contents de nous. C'est une imitation très-réussie. (*Le professeur recommence deux fois l'expérience en se servant d'un tube de verre pour lancer du lycopode dans la flamme d'une lampe à esprit-de-vin.*) Ce genre de combustion n'est pas le même que celui que nous avons remarqué

1. Le lycopode est une poudre jaunâtre qu'on trouve dans le fruit du *lycopodium clavatum*. On s'en sert dans les feux d'artifice.

dans le cas de la limaille et auquel nous allons revenir.

Supposons que je prenne une chandelle et que j'examine cette partie de la flamme qui nous semble la plus brillante. Eh bien, j'y trouve ces molécules noires que vous avez plus d'une fois vues s'échappant de la flamme et que je vais en tirer au moyen d'un nouveau procédé. Je prends donc cette chandelle et je la débarrasse du *coulage* causé par les courants d'air. Maintenant si je dispose un tube de verre de façon à le plonger dans cette partie lumineuse, ainsi que je l'ai déjà fait dans notre première expérience, mais un peu plus haut, vous verrez le résultat. Au lieu de cette vapeur blanche que nous avons obtenue la première fois, nous avons une vapeur noire. La voilà qui arrive, noire comme de l'encre. Elle ne ressemble pas du tout à l'autre et, si nous en approchons une lumière, elle va l'éteindre, loin de s'enflammer elle-même. Eh bien, ces molécules, ainsi que je vous l'ai déjà dit, représentent justement la fumée de la chandelle, et cela me rappelle

ce genre d'amusement que Jonathan Swift recommandait aux domestiques ¹ et qui consiste à écrire sur un plafond avec une chandelle. Mais quelle est donc cette substance noire ? Elle ne

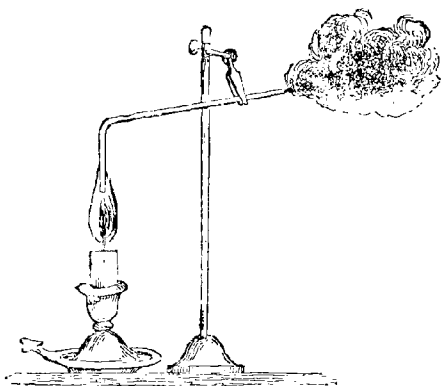


Fig. 17.

diffère pas du carbone qui existe dans la chandelle. Comment échappe-t-elle ? Il est clair

1. L'auteur de *Gulliver* a laissé un opuscule où il adresse aux domestiques des conseils ironiques et cherche à les corriger en leur recommandant justement les méfaits qu'il faudrait éviter ; par malheur, bon nombre de lecteurs ont pris ses conseils au sérieux.

qu'elle existe dans la chandelle, car sans cela nous n'aurions jamais pu la saisir au passage et la mettre en bouteille. Suivez bien mes explications. Vous ne vous figurez guère, je pense, que toutes ces molécules noires, ces atomes de suie qui voltigent dans l'atmosphère de Londres sont la vie et la beauté de la flamme, où

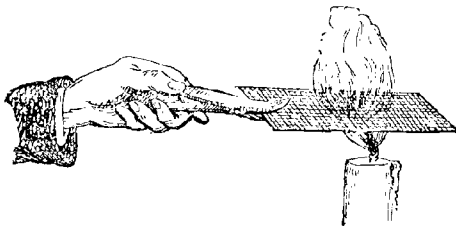


Fig. 18.

ils brûlent comme nous avons vu brûler la limaille de fer. Voici un morceau de tissu métallique qui ne laissera point passer la flamme, et je crois que vous verrez, quand je l'abaisserai jusqu'à cette partie si brillante de notre foyer, qu'il domptera tout de suite la flamme et ne livrera passage qu'à un nuage de fumée.

Je désire que vous compreniez bien que lors-

qu'une substance brûle comme la limaille a brûlé dans la flamme de la poudre à canon, sans se changer en vapeur (soit qu'elle se transforme en liquide, soit qu'elle reste à l'état solide), elle devient très-lumineuse. J'ai choisi deux ou trois exemples, en dehors de la chandelle, afin de vous expliquer ce point-là ; parce que ce que j'ai à dire s'applique à toutes les substances, qu'elles brûlent ou qu'elles ne brûlent pas. Il est donc établi qu'elles sont extrêmement brillantes si elles demeurent à l'état solide et que la flamme emprunte son éclat aux molécules solides qui s'y trouvent.

Voici un fil de platine, un corps que la chaleur ne décompose pas. Je le chauffe dans cette flamme, et vous voyez comme il devient lumineux. Je vais amortir la flamme de manière à n'avoir que fort peu de lumière, et vous verrez néanmoins que, bien que mon fil de platine n'ait emprunté qu'une faible partie de la chaleur, il produit une clarté beaucoup plus vive. J'ai employé là une flamme qui contient du carbone ; nous allons en essayer une autre qui

n'en renferme pas. Voici, dans ce vase, une matière, une sorte de combustible — une vapeur ou un gaz, donnez-lui le nom que vous voudrez — qui ne contient aucune molécule solide. Je choisis ce combustible parce qu'il me fournit un exemple d'une flamme brûlant sans l'aide du moindre atome solide. J'y jette cette substance solide et vous voyez quelle chaleur intense acquiert la flamme, comme elle fait briller ce que je viens d'y ajouter. C'est là le tuyau qui sert de conduit à ce gaz qu'on appelle hydrogène et dont nous nous occuperons plus au long un de ces jours. Et ici nous avons une substance nommée oxygène au moyen de laquelle on peut faire brûler l'hydrogène. Or, quoique leur mélange donne une chaleur beaucoup plus forte¹ que celle que fournit une chandelle, nous n'en tirons que peu de lumière.

1. Bunsen a calculé que la température d'un chalumeau à oxyhydrogène est de 8061 degrés centigrades. L'hydrogène qui brûle dans l'air a une température de 3259 degrés; celle du gaz de charbon de terre n'atteint que 2350 degrés.

Cependant, à l'aide d'une substance solide que nous y ajoutons, nous obtenons une lumière intense. Si je prends un morceau de chaux, une substance qui ne brûle pas, que la chaleur ne changera pas en vapeur (et qui, parce qu'elle ne se vaporise pas, reste solide et conserve sa chaleur), vous verrez bientôt ce qui arrivera. L'hydrogène mis en contact avec cet oxygène émet une chaleur des plus vives; mais pour le moment il y a fort peu de lumière — non pas parce que la chaleur manque, cela tient à l'absence de molécules susceptibles de demeurer à l'état solide. En voulez-vous la preuve? Plaçons ce morceau de chaux dans la flamme d'hydrogène qui brûle dans l'oxygène. Voilà une clarté! Une admirable lumière qui rivalise avec la lumière électrique et qui égale presque celle du soleil! J'ai ici un morceau de carbone ou de charbon de bois qui brûlera et nous éclairera absolument comme s'il remplissait son rôle dans le foyer d'une chandelle. La chaleur que répand la flamme d'une bougie décompose la vapeur de la cire et met en liberté

des molécules de carbone; elles s'élèvent, aussi embrasées que celles dont se compose le morceau que voici, et passent dans l'air. Seulement les molécules brûlées ne s'éloignent jamais de la chandelle sous forme de carbone. Elles disparaissent dans l'atmosphère, converties en une substance parfaitement invisible dont nous parlerons plus tard.

N'y a-t-il pas quelque chose de merveilleux dans cette transformation? Ne s'étonne-t-on pas de voir un sale morceau de charbon devenir incandescent? La question peut se réduire à ceci: toute flammelumineuse contient des molécules solides; tout ce qui brûle et produit ces molécules solides, soit durant leur combustion, comme dans la chandelle, soit immédiatement après, ainsi que nous l'avons vu dans notre expérience sur la poudre et la limaille de fer, nous donne cette admirable lumière.

Je puis vous fournir encore quelques exemples. Voici un morceau de phosphore qui brûle avec une flamme brillante. Très-bien; nous pouvons conclure d'avance que le phosphore

produira, soit tandis qu'il brûle, soit un peu plus tard, des molécules solides. J'allume mon phosphore et je le recouvre d'une cloche afin de ne rien laisser échapper. Qu'est-ce donc que toute cette fumée? Cette fumée se compose justement de ces molécules que produit la combustion du phosphore. Voici deux autres sub-

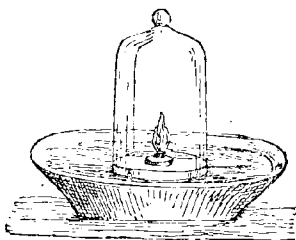


Fig. 19.

stances — du chlorate de potasse et du sulfure d'antimoine. Je les mêlerai un peu et elles brûleront de bien des façons. Touchons-les d'abord avec une goutte d'acide sulfurique, pour vous fournir un exemple de l'action chimique, et elles s'enflammeront tout de suite¹.

1. Voici comment l'acide sulfurique agit sur le mélange

(*Le professeur allume le mélange à l'aide du moyen indiqué.*) Maintenant, vous n'avez qu'à regarder pour juger si la combustion produit ou ne produit pas des molécules solides. Je vous ai indiqué la série de raisonnements qui vous permettra de dire ce qui arrive dans le cas actuel. Vous savez que cette flamme brillante représente les molécules solides qui passent dans l'air.

Mon préparateur a dans son fourneau un creuset très-chaud, — je vais y jeter de la limaille de zinc et elle brûlera avec une flamme pareille à celle de la poudre à canon. Je vous montre cette expérience, parce qu'il vous sera facile de la recommencer aussi chez vous. Je vous prie de remarquer quel résultat donnera la combustion de ce zinc. Le voilà qui brûle et presque aussi bien qu'une chandelle. Mais

de sulfure d'antimoine et de chlorate de potasse : une partie de la dernière substance est décomposée par l'acide en acide hypochloreux, en bisulfate de potasse et en perchlorate de potasse. L'acide hypochloreux enflamme le sulfure d'antimoine, qui est une matière combustible, et la masse entière brûle immédiatement.

qu'est-ce donc que toute cette fumée, qu'est-ce donc que tous ces petits flocons laineux qui iront à vous, puisque vous ne pouvez venir à eux? Il nous reste, dans le creuset, une quantité de cette matière laineuse. Je prends un morceau de ce même zinc pour faire une expérience un peu plus simple. Le résultat ne variera pas. Voici le zinc; plus loin, le fourneau. (*Le professeur indique un bec de gaz hydrogène.*) Mettons-nous à l'œuvre et tâchons de brûler le métal. Il s'embrase, vous le voyez; voilà la combustion et voilà la substance blanche qu'elle produit. De même, si je compare la flamme de l'hydrogène à une chandelle, si je vous montre une substance telle que le zinc brûlant dans la flamme, vous comprendrez que cette substance ne brûle que durant l'action de la combustion, pendant qu'elle reste chauffée. Maintenant je prends une flamme d'hydrogène et j'y ajoute cette substance blanche au moyen du zinc. — Voyez comme cette substance brille, tout bonnement parce qu'elle est solide.

Je vais à présent avoir recours à une flamme comme celle que nous avons employée tantôt et je mettrai en liberté les molécules de carbone. Voici de la camphine, qui donne de la fumée en brûlant. Au moyen de ce tuyau nous enverrons ces molécules de fumée rendre visite à la flamme d'hydrogène; vous les verrez alors brûler et devenir lumineuses, parce que nous les avons chauffées une seconde fois. Les voilà qui s'enflamment. Ce sont les molécules de carbone qui se rallument. Ce sont ces particules que vous distinguerez aisément en plaçant derrière elles une feuille de papier. En pénétrant dans la flamme, elles sont allumées par la chaleur, et dès qu'elles s'allument, elles produisent cette clarté. Lorsque les molécules ne sont pas séparées, on n'obtient aucune clarté. La flamme du charbon de terre doit son éclat au dégagement de ces molécules de carbone qui s'y trouvent aussi bien que dans la flamme d'une chandelle. Je puis changer bien vite cet état de choses. Par exemple, voici un beau jet de gaz. Si j'ajoute à la flamme assez

d'air pour tout brûler avant que ces molécules aient pu se dégager, je n'aurai plus la même clarté. Pour cela, je n'ai qu'à poser sur ce jet de gaz un capuchon en toile métallique ; j'allume le gaz par-dessus et il brûle avec une flamme peu lumineuse, parce qu'il a reçu beaucoup d'air avant de brûler. Si je soulève le capuchon, vous verrez que rien ne brûlera en dessous¹. Le gaz contient bien assez de carbone, mais il brûle avant que l'air puisse y arriver et s'y mêler, aussi la flamme reste-t-elle bleue et pâle. Si je souffle sur ce brillant jet de gaz

1. L'appareil fumivore qu'on emploie d'une façon si avantageuse dans les laboratoires pour brûler l'air doit son utilité à ce principe. Il se compose d'une cheminée de métal cylindrique, dont le sommet est couvert par un tissu métallique assez grossier, soutenu au-dessus d'un foyer disposé d'après le système d'Argand, de manière à permettre au gaz de se mêler dans la cheminée avec une assez grande quantité d'air pour lui permettre de brûler à la fois le carbone et l'hydrogène ; le carbone ne se dégage donc pas dans la flamme et, par conséquent, il ne se forme aucun dépôt de suie. La flamme, ne pouvant passer à travers le tissu métallique, brûle au sommet d'une façon régulière et demeure presque invisible.

avec assez de force pour consumer tout ce carbone avant qu'il se soit échauffé au point de devenir incandescent, il va aussi nous donner une flamme bleue. La seule raison qui m'empêche d'avoir une lumière éclatante quand je souffle sur la flamme, c'est que le carbone trouve alors assez d'air pour se consumer avant de se dégager dans la flamme à l'état libre. La différence provient tout simplement de ce que les molécules solides ne se séparent pas avant que le gaz soit brûlé.

Vous avez remarqué qu'il y a certains produits résultant de la combustion d'une chandelle, qu'une portion de ces produits peut être considérée comme du charbon ou de la suie ; et que le charbon, quand on le brûle à son tour, donne un autre produit. Il nous importe beaucoup de savoir quel est ce dernier produit. Je vous ai montré que quelque chose s'en allait dans l'air, et je désire vous faire comprendre que ce quelque chose s'en va en assez grande quantité. Afin d'y parvenir, nous établirons la combustion sur une plus grande échelle. L'air

chauffé monte au-dessus de cette chandelle, et deux ou trois expériences vous permettront de distinguer le courant ascendant ; mais afin de vous donner une idée de la quantité de la matière qui s'élève ainsi, je vais me livrer à une expérience où je tâcherai d'emprisonner quelques-uns des produits de cette combustion. A cet effet, je me suis muni d'un petit ballon qui me servira en quelque sorte pour mesurer le résultat de la combustion dont nous nous occupons en ce moment. Je vais me fabriquer la flamme qui atteindra le mieux mon but actuel. Cette assiette représentera le *godet* de la chandelle ; cet esprit-de-vin sera notre combustible ; puis je placerais cette cheminée au-dessus, parce que cela vaudra mieux que d'abandonner les choses au hasard. Mon préparateur allumera le combustible, et nous saisirons là-haut les résultats de la combustion. Ce que nous obtenons au bout de ce tuyau est identique, du moins en général, à ce que nous fournit la combustion d'une chandelle ; mais ici, nous n'avons pas une flamme lumineuse,

..

parce que nous employons une substance qui renferme peu de carbone. Je vais maintenant ce ballon sur la cheminée, non pas avec l'intention de le laisser s'envoler, mais pour vous montrer l'effet qui résulte de l'action des pro-

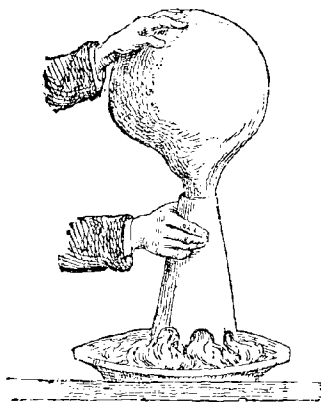


Fig. 20.

duits émanant d'une chandelle, ces derniers étant pareils à ceux qui s'échappent de cette cheminée. (*Le ballon est disposé au-dessus de la cheminée et commence aussitôt à se gonfler.*) Voyez comme il a envie de s'envoler ; mais

il nous faut le retenir, car il pourrait entrer en contact avec les jets de gaz qui brillent là-haut, et cela aurait des inconvénients. (*A la demande du professeur, on éteint les becs de gaz placés à une certaine hauteur et on laisse le ballon s'élever.*) Cela ne vous prouve-t-il pas qu'une grande quantité de matière s'échappait? Maintenant, nous ferons passer à travers ce tube (*plaçant un tube de verre au-dessus d'une chandelle*) tous les produits de cette chandelle, et vous verrez bientôt le tube devenir opaque. Que je prenne une autre chandelle et que je la pose sur un vase, puis, que je mette une lumière du côté opposé, tout simplement pour vous montrer ce qui se passe, vous voyez que les parois de la cloche deviennent nuageuses et que la lumière brûle plus faiblement. Ce sont les produits de la combustion qui empêchent la lumière de briller, et ce sont eux aussi qui rendent les parois de la cloche si opaques. Si en rentrant chez vous vous prenez une cuiller qui sera restée exposée à l'air et que vous la teniez au-dessus d'une chan-

delle, — non pas de façon à la noircir — vous la verrez se ternir de la même manière que cette cloche. Si vous pouvez vous procurer un plat d'argent, l'expérience n'en vaudra que mieux. Et maintenant, afin de vous donner à réfléchir à ce qui fera le sujet de notre prochain entretien, je me bornerai à vous dire que c'est l'eau qui cause cet obscurcissement. Lorsque nous nous réunirons de nouveau, je vous montrerai que nous pouvons sans peine ramener cette eau à la forme liquide.

TROISIÈME ENTRETIEN

TROISIÈME ENTRETIEN

Produits de la combustion : eau provenant de la combustion. — Nature de l'eau. — L'eau n'est pas un corps simple. — Hydrogène.

Vous vous rappelez sans doute qu'il nous a fallu nous séparer au moment où nous commençons à parler des produits de la combustion d'une chandelle. Nous avons découvert qu'avec un peu d'adresse nous pouvons obliger une chandelle qui brûle à nous livrer diverses matières. Nous avons vu qu'il y a une substance qu'on ne saurait obtenir quand la chandelle

brûle comme il faut. C'est le carbone ou la fumée. Puis nous avons appris qu'il existe une autre substance qui s'élève au-dessus de la flamme, qui ne se distingue pas aussi bien que la fumée, mais disparaît sous une forme différente et fait partie de ce courant général qui, montant autour de la chandelle, devient invisible et s'échappe. Ce ne sont pas là les seuls produits dont nous ayons reconnu la présence. Vous vous souvenez que, dans ce courant ascendant, qui a son origine dans la chandelle, nous avons trouvé une partie capable de se condenser sur une cuiller, sur une assiette ou sur tout autre objet froid, puis une seconde partie qui ne se condense pas.

Nous prendrons d'abord la partie susceptible de se condenser; nous l'examinerons, et— chose étrange— nous trouverons que cette partie du produit n'est que de l'eau, rien que de l'eau. A la fin de notre dernière causerie, je ne vous ai parlé de ce fait qu'incidemment, me bornant à dire que l'eau figure parmi les produits condensables d'une chandelle; mais aujourd'hui, je

désire attirer votre attention sur ce point; nous examinerons l'eau avec soin, surtout dans ses rapports avec le sujet que nous traitons aussi par rapport à son existence générale sur la surface du globe.

Après avoir d'abord pris mes mesures en vue d'une expérience au moyen de laquelle je condenserais l'eau contenue dans les produits de la chandelle, je vous montrerai cette eau elle-même. Un des meilleurs moyens que je puisse employer pour en rendre la présence sensible à tant de personnes à la fois sera de vous familiariser avec une réaction très-visible de l'eau, puis d'appliquer l'épreuve à la goutte formée en dessous de ce vase. J'ai ici une substance chimique, découverte par sir Humphry Davy et qui exerce sur l'eau une action très-énergique. Je m'en servirai pour m'assurer de la présence de l'eau. Si j'en prends un petit morceau — cela s'appelle du potassium, nom emprunté à la potasse¹ — et

1. Le potassium, base métallique de la potasse, a été découvert en 1807 par sir Humphry Davy, qui parvint à

que je le jette dans cette cuvette, il révèle la présence de l'eau en s'allumant aussitôt. Voyez-le flotter et brûler avec une flamme violette. Je vais maintenant retirer la chandelle qui brûle sous ce vase contenant de la glace et du sel, et vous remarquerez une goutte d'eau — produit condensé de la combustion — suspendue sous la surface du bol. Je vous montrerai que le potassium agit de la même façon sur cette goutte que sur l'eau de la cuvette qui a servi à ma première expérience. Tenez ! il s'enflamme et brûle absolument de la même manière. Je ramasse une autre goutte sur cette plaque de verre ; dès que j'approche le potassium, vous reconnaissez tout de suite à la flamme qu'il y a

l'isoler en soumettant la potasse à l'action d'une forte batterie voltaïque. La potasse hydratée, nommée communément *potasse*, est une matière blanche, caustique, onctueuse au toucher, dont le contact altère la peau ; mise en rapport avec les substances organiques, elle produit une odeur particulière, une odeur de lessive. La grande affinité du potassium pour le gaz oxygène lui permet de décomposer l'eau en dégageant l'hydrogène, qui s'enflamme grâce la chaleur produite.

de l'eau. Or, cette eau a été produite par la chandelle. De même, si je place cette lampe à esprit de vin sous ce vase, vous le verrez bientôt devenir humide par suite de la rosée qui s'y dépose, cette rosée étant le résultat de la

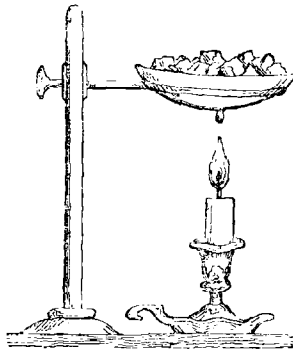


Fig. 21.

combustion. Je crois que les gouttes qui ne tarderont pas à tomber sur la feuille de papier étendue sous notre cloche vous prouveront, en outre, que la combustion de la lampe produit une assez grande quantité d'eau. Laissons-la faire; nous verrons tout à l'heure si elle a donné

beaucoup d'eau. Maintenant, si je m'adresse à un bec de gaz et que je place au-dessus de lui quelque mélange réfrigérant, j'obtiendrai de l'eau — l'eau se produisant aussi au moyen de la combustion du gaz. Voici une bouteille qui contient une quantité d'eau — de l'eau distillée, par-

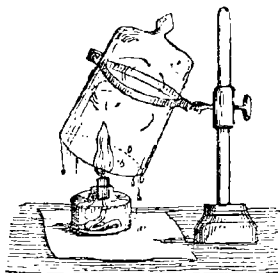


Fig. 22.

faitement pure, produite par la combustion du gaz, — qui ne diffère en rien de l'eau distillée qu'on tire d'une rivière, de l'Océan, d'une source, l'eau est partout la même. Nous pouvons, par une habile disposition, y ajouter quelque chose pour un certain temps, ou bien nous pouvons la décomposer et en tirer diver-

ses matières; mais l'eau reste toujours la même, qu'elle se présente à l'état solide, liquide ou gazeux. Voici de l'eau (*le professeur montre une autre bouteille*) produite par la combustion d'une lampe ordinaire. Un litre d'huile, si la combustion est convenable, fournira un peu plus d'un litre d'eau. J'ai là un dernier échantillon d'eau produite, à la suite d'une assez longue expérience, par la flamme d'une bougie de cire. Nous pourrions continuer nos essais avec la plupart des substances combustibles et découvrir que, dès qu'elles brûlent avec flamme, elles produisent de l'eau. Rien ne vous empêchera de faire vous-mêmes ces expériences; une grande cuiller à servir la soupe ou tout autre objet du même genre fera votre affaire; pourvu qu'il soit propre et bon conducteur de la chaleur, l'eau s'y condensera au-dessus d'une chandelle.

Et maintenant — pour entrer plus avant dans l'histoire de cette merveilleuse production de l'eau au moyen des combustibles et de la combustion, — je dois d'abord vous dire que

l'eau peut exister dans des conditions diverses. Peut-être la connaissez-vous déjà sous toutes ses formes ; il vous faudra néanmoins m'accorder un peu d'attention afin de vous assurer qu'à travers ses métamorphoses elle est toujours la même, absolument et complètement la même, qu'elle soit produite par une chandelle ou qu'on la tire de l'Océan.

D'abord l'eau, à une certaine température, passe à l'état de glace. Nous autres savants, — car je me plais à croire que nous serons d'accord sur ce point-là — nous donnons le même nom à l'eau, qu'elle se présente à l'état solide, liquide ou gazeux. Chimiquement parlant, c'est toujours de l'eau. L'eau est un composé de deux substances. Nous avons tiré l'une de ces substances de la chandelle. — Quant à la seconde, nous la trouvons ailleurs. L'eau peut donc s'offrir à nous sous forme de glace, ainsi que vous avez souvent eu occasion de vous en apercevoir cet hiver. La glace redevient de l'eau — et nous avons eu récemment un soudain exemple de ce changement quand le dégel

de nos réservoirs domestiques a causé de petits déluges dans nos demeures — la glace redevient de l'eau lorsque la température s'élève ; l'eau se change aussi en vapeur dès qu'on la chauffe suffisamment. L'eau que voici est arrivée à son dernier degré de condensation¹ ; cependant, quoique son poids, sa condition, sa forme aient varié, quoiqu'elle se trouve changée sous bien des rapports, c'est toujours de l'eau, que nous la métamorphosions en glace par le refroidissement, ou que nous la convertissons en vapeur à l'aide d'une grande chaleur. Dans l'un et l'autre cas, elle augmente singulièrement de volume. Par exemple, je prends ce cylindre d'étain et j'y verse un peu d'eau — si peu que vous jugerez sans peine à quelle hauteur elle aura monté dans le vase. Elle s'élève à environ deux pouces au-dessus du fond. Je vais convertir cette eau en vapeur pour vous montrer les différents volumes que l'eau occupe sous ses différentes formes.

1. L'eau acquiert ce degré à 39. 1° Fahrenheit (6° centig.).

Maintenant, puisque notre vapeur n'est pas encore prête, procurons-nous de la glace. Il suffit pour cela de refroidir l'eau dans un mélange de sel et de glace pilée¹. Ma glace servira à vous démontrer que l'eau, ainsi traitée, acquiert plus de volume qu'elle n'en a à l'état liquide. Ces bouteilles (*il en montre une*) sont en fonte et très-solides. Je pense que le fer doit avoir un tiers de pouce d'épaisseur. Elles ont été remplies d'eau de façon à exclure l'air, puis bouchées hermétiquement à l'aide d'un couvercle à vis. Nous verrons que lorsque l'eau se glacera dans ces bouteilles, elles ne seront pas assez fortes pour contenir la glace ; la dilatation les brisera en fragments pareils à ceux-ci. Les morceaux de fer que voici sont les restes de bouteilles absolument semblables à celles que j'emploie maintenant. Je vais déposer ces deux bouteilles dans le mélange de glace et de sel, afin de vous prouver que, lorsque l'eau

1. Un mélange de sel et de glace pilée abaisse la température de 32° Fahrenheit à zéro. Durant l'intervalle la glace devient fluide.

se transforme en glace, son volume augmente d'une façon extraordinaire.

En attendant, admirez le changement qui s'est opéré dans l'eau que nous avons soumise à la chaleur ; elle a perdu sa liquidité. Deux ou trois circonstances nous permettent de deviner cela. J'ai recouvert l'ouverture de ce flacon, dans lequel l'eau bout, avec un verre de montre. Qu'arrive-t-il ? Le verre de montre fait du tapage, parce que la vapeur de l'eau bouillante soulève la soupape dès qu'elle a assez de force pour s'échapper. Vous pouvez voir que la vapeur remplit déjà le flacon, sans quoi elle ne parviendrait pas à sortir. Vous voyez aussi que le flacon contient une substance beaucoup plus volumineuse que l'eau, car la vapeur ne cesse pas de remplir le flacon tout entier, malgré les petits nuages qui s'envolent au dehors ; et cependant, on ne s'aperçoit pas que la masse de l'eau ait subi une diminution notable, ce qui prouve combien l'accroissement de volume est considérable quand elle se trouve convertie en vapeur.

..

J'ai mis nos bouteilles de fer dans ce mélange réfrigérant afin qu'il ne vous reste pas le moindre doute sur ce qui se passe. Aucune communication ne saurait avoir lieu, vous le voyez, entre l'eau contenue dans les bouteilles et la glace qui les entoure. Mais il y aura transmission de chaleur de l'une à l'autre, et si notre expérience réussit, — nous la faisons un peu à la hâte, — je compte que tout à l'heure, dès que le froid se sera emparé des bouteilles et de leur contenu, nous entendrons une petite détonation causée par la rupture du métal de l'une ou de l'autre bouteille. Quand nous examinerons ensuite ces bouteilles, nous trouverons leur contenu converti en une masse de glace recouverte en partie seulement par l'enveloppe de fer qui a cessé d'être assez ample, parce que la glace exige plus d'espace que l'eau. Vous n'ignorez pas que la glace flotte sur l'eau. Lorsque nous tombons dans un trou en patinant ou en glissant, nous cherchons à remonter sur une couche de glace assez forte pour flotter sous nous. Or, pour-

quoi la glace flotte-t-elle? Songez à cela et raisonnez. Parce que la glace occupe plus de place que l'eau qui a servi à la produire, ce qui revient à dire qu'elle est plus légère.

Revenons à l'action exercée sur l'eau par

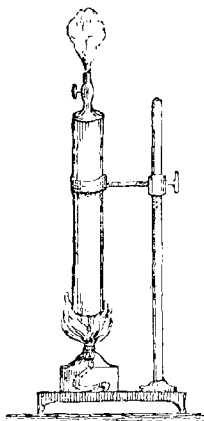


Fig. 23.

la chaleur. Voyez quel jet de vapeur s'échappe de notre cylindre d'étain. Bien entendu que s'il n'était pas tout à fait plein, il n'émettrait pas la vapeur en si grande quantité. De même que nous convertissons l'eau en vapeur au

moyen de la chaleur, nous pouvons la ramener à sa forme primitive à l'aide du froid. Si nous prenons un verre, ou tout autre objet froid, et que nous le tenions au-dessus de cette vapeur, vous voyez qu'il devient tout humide, — il condense la vapeur jusqu'à ce qu'il se réchauffe, si bien que l'eau régénérée coule le long des bords. Je vais tenter une nouvelle expérience afin de démontrer avec quelle facilité l'eau se condense et passe de l'état gazeux à l'état liquide. C'est ainsi que vous avez vu la vapeur, un des produits de la chandelle, se condenser au bas d'un vase et y former une goutte d'eau. Pour vous prouver que ces changements s'effectuent aussi en grand, je prendrai ce cylindre d'étain, qui se trouve rempli de vapeur, et je le boucherai. Nous allons voir ce qui arrivera quand j'obligerai cette eau ou cette vapeur à redevenir liquide en versant de l'eau froide au dehors. (*Le professeur verse de l'eau froide sur le vase d'étain dont les parois s'affaissent aussitôt.*) Vous voyez l'effet de cette opération. Si j'avais bouché

l'étui et continué à chauffer mon eau, il aurait fini par éclater. Néanmoins, lorsque la vapeur redevient liquide, les côtés du vase s'affaissent parce que la condensation de cette vapeur a

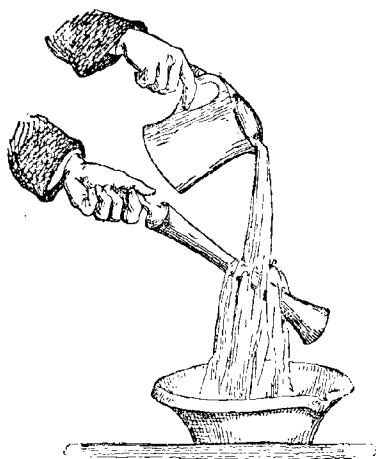


Fig. 24.

laissé un vide à l'intérieur. Ces expériences ont pour but de vous indiquer que dans toutes ces transformations, l'eau n'est jamais changée en autre chose, que l'eau reste toujours là, quelque nom qu'on lui donne. En se con-

densant, elle a permis à l'étain de s'aplatir partiellement; dans le cas contraire, si j'avais continué à développer la vapeur sous l'influence de la chaleur, le vase aurait éclaté.

Et savez-vous quel est le volume de cette eau, quand elle passe à l'état de vapeur? Vous voyez ce cube. (*Le professeur indique un pied cube*). A côté se trouve un autre cube beaucoup plus petit, un pouce cube. Tous les deux ont exactement la même forme, celle d'un dé à jouer plus ou moins grand. Eh bien, un pouce d'eau cube peut se développer au point de donner un pied cube de vapeur; et, par contre, cette quantité considérable de vapeur peut se condenser de manière à ne remplir, sous forme de liquide, que l'espace représenté par un pouce cube. (*A ce moment l'une des bouteilles de fer éclate*). Ah! voilà une de nos bouteilles qui parle, et vous voyez qu'elle porte le long d'un de ses côtés une fêlure large d'environ un huitième de pouce. (*La seconde bouteille éclate à son tour, dispersant dans toutes les directions le mélange dont elle se trouvait en-*

tourée.) Bravo! L'autre bouteille n'a pas résisté davantage. La glace intérieure vient de briser le métal, bien qu'il ait un demi-pouce d'épaisseur. Ces choses-là arrivent sans cesse partout où on trouve de l'eau, et il n'est pas toujours besoin de recourir à des moyens artificiels pour provoquer ces changements. Je me suis servi de ces moyens parce qu'il s'agissait de former un hiver passager autour de cette petite bouteille et non un long et rude hiver. Mais si vous allez jamais au Canada ou dans les régions du Nord, vous découvrirez bientôt que la température, au dehors de la maison, agira de la même façon que ce mélange réfrigérant.

Revenons à nos raisonnements. Après ce que nous venons de voir, nous ne nous laisserons plus tromper par les changements que subit l'eau. L'eau est la même en quelque endroit qu'on la rencontre, qu'elle soit produite par la flamme d'une chandelle ou puisée dans l'Océan. Où donc est cette eau que nous tirons de la chandelle? Elle provient évidem-

ment, du moins en partie, de la chandelle; mais existait-elle dans la chandelle? Non. Elle n'existe ni dans la chandelle ni dans l'air qui entoure la chandelle et qui est nécessaire à la combustion. Elle n'existe ni dans l'une ni dans l'autre; elle provient de l'action réunie de ces deux choses. C'est cette double action que nous allons suivre à la piste, de manière à comprendre parfaitement l'histoire chimique de la chandelle que nous voyons brûler devant nous. Comment faire pour découvrir le secret de ce travail? Je connais, pour ma part, bien des moyens; mais je désire que vous arriviez à vous en rendre compte vous-mêmes à l'aide de ce que je vous ai déjà dit, en tirant une série de conclusions de ce que nous savons déjà.

Je crois avoir là quelque chose qui nous mettra sur la voie. J'ai employé tout à l'heure du potassium (voy. p. 34), une substance qui agit sur l'eau de la manière que sir Humphry Davy nous a indiquée, et que je vais vous rappeler en recommençant l'expérience dans cette

assiette. C'est une substance qu'il me faut manier avec précaution, car si une éclaboussure d'eau tombait sur cette masse, une partie s'enflammerait, et le tout se mettrait bien vite à brûler pourvu qu'on lui laissât assez d'air. C'est un beau et brillant métal, qui change rapidement dans l'atmosphère et ne change pas moins rapidement dans l'eau, ainsi que vous vous en êtes déjà aperçus. Je vais donc en placer un morceau sur cette eau, où il formera une admirable lampe flottante. D'un autre côté, si nous jetons dans l'eau un peu de limaille de fer, elle s'altérera aussi. Elle ne change pas autant que le potassium, mais elle change néanmoins d'aspect; elle se rouille et nous prouve ainsi qu'elle agit sur l'eau, quoique avec moins d'intensité que le joli métal que voilà. Je désire que vous rapprochiez ces divers faits dans votre esprit. J'ai sous la main un autre métal, du zinc. Lorsque nous avons examiné ce métal relativement à la substance solide produite par sa combustion, nous avons eu occasion de voir qu'il peut brûler; et je

présume que, si je prends cette petite bande de zinc et que je la tiens au-dessus de la chandelle, vous verrez quelque chose qui tiendra le milieu, pour ainsi dire, entre la combustion du potassium sur l'eau et l'action du fer. — Vous reconnaissez qu'il y a une sorte de combustion. Le métal a brûlé; il a laissé une cendre blanche ou un résidu, et ce fait nous démontre aussi que ce métal exerce une certaine action sur l'eau.

Peu à peu, nous avons découvert comment on peut modifier l'action de ces diverses substances et les obliger à nous raconter ce que nous désirons savoir. Pour commencer, reprenons le fer. Dans la plupart des réactions chimiques, lorsque nous obtenons un résultat de ce genre, nous reconnaissons que la chaleur augmente l'effet produit; et si nous tenons à examiner minutieusement et soigneusement l'action des corps les uns sur les autres, nous avons souvent à nous rendre compte du rôle que joue le calorique. Vous savez, je crois, que la limaille de fer brûle à merveille dans l'air;

mais je vais vous le démontrer par une nouvelle expérience qui gravera dans votre esprit ce que je vous dirai au sujet de l'action du fer sur l'eau. Je prends une flamme et je la rends creuse vous n'ignorez pas que je la rends creuse — parce que je veux lui donner de l'air, — puis, j'y jette un peu de limaille de fer, et vous voyez comme elle brûle bien dans la flamme où je la laisse tomber. Cette combustion est le résultat de l'action chimique qui a lieu quand nous mettons le feu à ces molécules. Nous nous occuperons donc de ces différents effets, et nous apprendrons comment le fer se comporte lorsqu'il rencontre de l'eau. C'est là une histoire qu'il nous racontera lui-même; et il s'y prendra si gentiment, si doucement, si régulièrement, que je m'imagine qu'il vous intéressera beaucoup.

J'ai ici un fourneau traversé par un tuyau de fer assez semblable à un canon de fusil. J'ai bourré ce canon avec de la limaille de fer bien brillante, et je l'ai placé en travers du feu afin de le chauffer au rouge. Nous pourrons

envoyer à volonté dans le tuyau de l'air ou de la vapeur. La vapeur viendra de cette petite chaudière, et nous avons là un robinet d'arrêt qui la tiendra en place jusqu'au moment où il nous plaira de la mettre en contact avec le fer. Il y a de l'eau dans ces flacons de verre, et je

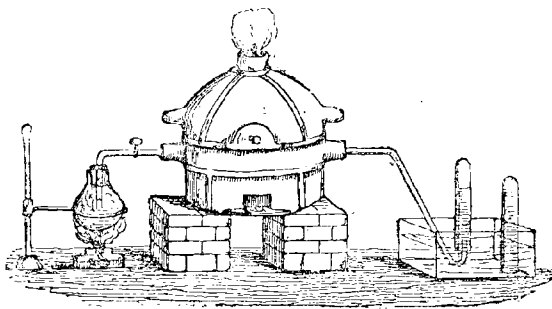


Fig. 25.

l'ai colorée en bleu afin que vous distinguiez mieux ce qui arrivera. Or, vous savez très-bien que si je faisais passer de la vapeur dans l'eau à travers ce tube, elle se condenserait ; car vous avez vu que la vapeur ne reste pas à l'état gazeux quand on la refroidit. Vous vous rappelez comme elle s'est affaissée sur elle-même,

de façon à ne plus occuper qu'un petit espace et à permettre aux parois de ce cylindre de s'aplatir en partie. (*Le professeur montre le vase d'étain dont il s'est servi dans une expérience précédente.*) Donc, si j'envoyais de la vapeur à travers ce tuyau, elle se condenserait, pourvu que le tuyau fût froid. Aussi ai-je chauffé notre tube afin de le faire servir à mon essai. Je vais envoyer de la vapeur, par petites quantités, à travers le tuyau, et vous jugerez par vous-mêmes, en la voyant sortir par l'autre bout, si elle se condense ou non. Pour condenser la vapeur, pour la ramener à l'état liquide, il suffit d'abaisser la température; mais j'ai beau abaisser la température du gaz que je viens de rassembler dans ce vase en le faisant passer dans de l'eau au sortir du tuyau, il ne change pas d'état. Je vais soumettre mon gaz à une autre épreuve. Je renverse le vase, autrement mon gaz m'échapperait; j'approche une lumière de l'ouverture et le contenu s'enflamme avec un léger bruit. Il n'en faut pas plus pour vous prouver que ce n'est pas de la vapeur;

— la vapeur, loin de brûler, éteint le feu, et le contenu de ce vase s'est enflammé. Nous trouvons cette substance dans la flamme de la chandelle, et je viens de vous montrer qu'on peut la produire par d'autres moyens. Lorsqu'on l'obtient à l'aide de l'action que le fer exerce sur la vapeur aqueuse, le fer employé reste dans un état assez semblable à celui de la limaille que nous avons brûlée. Le fer devient plus lourd qu'il ne l'était avant l'opération. Tant que le fer demeure dans le tube, qu'on le chauffe et qu'on le laisse refroidir sans le mettre en contact avec l'air ni avec l'eau, sa pesanteur ne varie pas; mais le passage de ce courant de vapeur l'a rendu plus lourd, — il a donc fait un emprunt à la vapeur, et d'un autre côté, nous avons ici quelque chose qu'il a laissé échapper. Ce second vase est déjà plein et me permettra de faire une expérience des plus intéressantes. Le gaz sorti de ce tube est combustible, nous le savons, et il me serait facile de vous le prouver en y mettant le feu tout de suite; mais

je désire vous prouver davantage, si je le puis. Ce gaz combustible est aussi très-léger. La vapeur se condense; le corps que voilà s'élèvera dans l'air, mais il ne peut pas se condenser. Je vais prendre un second vase de

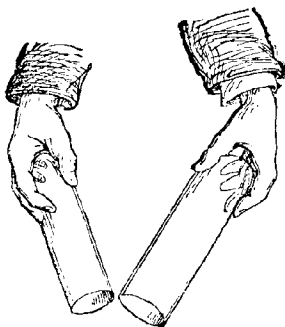


Fig. 26.

verre, où il n'y a que de l'air. (Je l'examine avec une lumière pour m'assurer que les apparences ne me trompent pas.) Maintenant je tiens ce vase plein du gaz dont je vous parlais et que je vais traiter comme s'il s'agissait d'un liquide. Je renverse mes

deux vases, puis je retourne doucement celui qui renferme le gaz tiré de la vapeur. L'autre ne contenait que de l'air, — que contient-il à présent? Un gaz inflammable que je viens d'y verser, et qui mérite d'autant plus de fixer votre attention que c'est un des produits de la chandelle.

Or, cette substance que nous venons de préparer au moyen de l'action du fer sur la vapeur, nous pouvons l'obtenir d'autres corps que vous avez vus agir si bien sur l'eau. Si j'emploie un morceau de potassium et que je prenne les dispositions convenables, il produira ce gaz. Si, au lieu de potassium, je me sers de zinc, je découvre, à la suite d'un examen attentif, que le principal motif qui empêche ce dernier métal d'agir sur l'eau d'une façon aussi continue que le premier, c'est que l'action de l'eau a pour résultat d'envelopper le zinc d'une sorte de couche protectrice. Aussi avons-nous observé que si nous ne plaçons que du zinc et de l'eau dans notre vase, leur réunion ne produit pas beaucoup d'effet. Mais

supposons que je fasse dissoudre cet enduit, — cette substance gênante dont je puis me débarrasser avec un peu d'acide, — je m'aperçois alors que le zinc agit sur l'eau absolument de la même façon que le fer, mais à la température ordinaire. L'acide n'est nullement altéré, sauf dans sa combinaison avec l'oxyde de zinc qui vient de se produire. J'ai versé l'acide dans le verre et j'ai obtenu le même résultat que si j'avais provoqué l'ébullition par l'application de la chaleur. Voilà quelque chose qui s'échappe en abondance du zinc et qui n'est pas de la vapeur. Ce vase en est déjà plein et vous ne tarderez pas à voir que j'ai là, dans ce vase renversé, une substance combustible absolument semblable à celle que m'a donnée mon expérience sur le tuyau rougi. C'est là ce que nous tirons de l'eau, et c'est là ce qui se trouve dans la chandelle.

Cherchons maintenant à bien distinguer les rapports qui existent entre ces deux faits. Ce gaz est de l'hydrogène, — un corps classé parmi ceux que les chimistes nomment *élé-*

ments, parce qu'on ne peut pas en tirer autre chose. Une chandelle n'est pas un corps élémentaire, puisqu'elle nous a fourni du carbone et de l'hydrogène, ou du moins l'eau qui produit ce gaz. Le mot *hydrogène* est dérivé de deux mots grecs, — ὕδωρ, eau, et γεννάω, j'engendre ; il a été baptisé ainsi parce que, combiné avec un autre élément, il engendre l'eau.

Comme mon préparateur a déjà pu recueillir deux ou trois flacons de ce gaz, je les mettrai en réquisition ; car je veux vous montrer le meilleur moyen de faire ces expériences. Je ne crains pas de vous donner l'exemple, je vous engage même à le suivre, — avec toutes les précautions nécessaires, bien entendu, et après avoir demandé l'assentiment de vos aînés. A mesure que nous acquérons des connaissances en chimie, nous sommes forcés d'avoir affaire à des substances qui, mal employées, sont loin d'être inoffensives. Les acides, la chaleur, les combustibles dont nous nous servons, peuvent devenir dangereux,

entre des mains peu soigneuses ou malhabiles.

Si vous voulez fabriquer de l'hydrogène, vous y parviendrez aisément, pourvu que vous ayez à portée des morceaux de zinc et de l'acide sulfurique ou muriatique. Voici ce qu'on

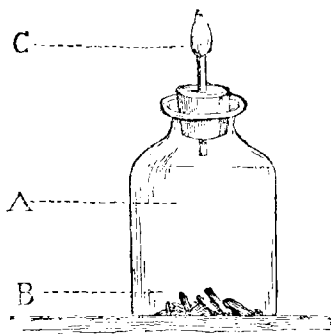


Fig. 27.

nommait autrefois « la chandelle philosophique. » C'est une bouteille fermée à l'aide d'un bouchon dans lequel on a passé un tuyau. J'y dépose quelques fragments de zinc. Ce petit instrument nous sera très-utile dans nos démonstrations; car je désire vous enseigner à pré-

parer de l'hydrogène et à faire chez vous des essais avec ce gaz, si on vous le permet et si cela vous plaît. Je dois d'abord vous dire pourquoi je mets tant de soin à m'assurer si ma bouteille est presque pleine, bien que j'aie également soin de ne pas la remplir tout à fait. J'use de cette précaution parce que le gaz qui se forme est très-combustible et qu'il s'enflamme jusqu'à un certain point lorsque l'air vient s'y mêler. Il pourrait donc arriver malheur si on approchait une lumière de l'extrémité du tube avant que tout l'air eût été chassé de l'espace qui se trouve entre l'eau et le bouchon. Je vais maintenant verser mon acide sulfurique. J'ai employé fort peu de zinc et une plus grande quantité d'acide sulfurique et d'eau parce que je veux faire durer l'expérience. J'ai donc modifié les proportions de mes réactifs afin d'obtenir un résultat régulier, afin que le gaz ne se forme ni trop vite ni trop lentement. Je prends un verre que je renverse, et je le tiens au-dessus de mon tube ; vu la légèreté de l'hydrogène, je compte qu'une

fois entré, il y restera quelque temps. Essayons. Je crois que je ne me tromperai pas en affirmant que nous en avons attrapé un peu. (*Le professeur approche une lumière du verre.*) Le voilà qui s'enflamme! Maintenant je vais approcher une lumière de l'extrémité du tube. L'hydrogène, cette fois, brûle sans discontinuer. Ceci vous représente la chandelle philosophique. La flamme éclaire mal, direz-vous; mais il n'est guère de flamme ordinaire qui émette autant de chaleur. Tandis qu'elle brûle avec régularité, nous allons la soumettre à certaines épreuves, afin d'examiner les résultats et de tirer parti de ce que nous pourrons apprendre. La chandelle produit de l'eau et ce gaz doit son origine à l'eau; voyons donc ce que cette bouteille nous donnera par un genre de combustion semblable à celui d'une chandelle qui brûle dans l'air. Pour me renseigner à cet égard, je place ma lampe sous cet appareil, dans le but d'y condenser ce qui se produira par la combustion. Bientôt vous verrez le cylindre devenir humide à l'intérieur, puis l'eau cou-

..

lera le long des parois, et cette eau provenant de la flamme de l'hydrogène aura absolument le même effet que toute autre sur tous nos réactifs, étant formée par le même procédé général que dans les cas précédents. Ce gaz hydrogène est une très-jolie substance. Il est si léger

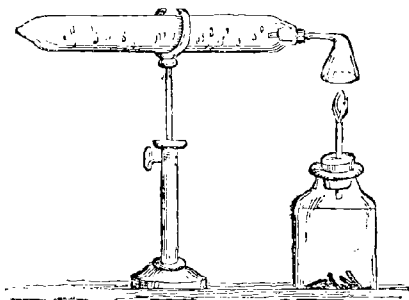


Fig. 28.

qu'il enlève d'autres corps. Il est beaucoup plus léger que l'atmosphère, et je m'imagine que je puis vous prouver cela au moyen d'une expérience que les plus habiles d'entre vous pourront recommencer. Voici notre générateur d'hydrogène et voici de l'eau de savon. J'ai là en outre un tube de caoutchouc qui communique

avec l'hydrogène et se termine par un tuyau de pipe. De cette façon, je pourrai introduire ma pipe dans l'eau de savon et souffler des bulles au moyen du dégagement du gaz hydrogène. Vous voyez comme les bulles retombent à terre lorsque je me contente de les former avec mon haleine; mais remarquez la différence quand je



Fig. 29.

les remplis d'hydrogène. (*Le professeur forme, en soufflant à travers le gaz, des bulles qui montent jusqu'au plafond de l'amphithéâtre.*) Cela vous montre combien ce gaz est léger; il enlève non-seulement une bulle de savon ordinaire, mais la plus grande partie d'une grosse goutte d'eau qui s'y était accrochée. Je crois être à

même de vous donner une meilleure preuve de sa légèreté. On enlève sans peine de plus grosses bulles que celles que vous venez de voir ; autrefois, ce gaz servait même à remplir les ballons. Mon préparateur voudra bien rattacher ce tube à notre générateur, et nous aurons à notre disposition un courant d'hydrogène qui nous permettra de charger ce ballon fabriqué avec du collodion. Je n'ai pas besoin de prendre beaucoup de précautions pour en chasser tout l'air, car je sais que le gaz aura la force de l'enlever. (*On gonfle deux ballons de collodion et on les laisse monter, l'un d'eux restant retenu au moyen d'une ficelle.*) Voici un ballon de plus grande dimension, formé d'une membrane peu épaisse; nous le remplirons également et nous lui donnerons la clef des champs. Vous voyez qu'ils flottent tous les deux dans l'air jusqu'à ce que le gaz se soit échappé.

Quelle est donc la pesanteur des substances dont nous nous occupons ? Un litre d'hydrogène ne pèse que 0 gr., 089, tandis que la

même quantité d'eau pèse mille grammes. Vous voyez qu'il existe une grande différence entre l'eau et l'hydrogène sous le rapport de la pesanteur.

L'hydrogène ne donne naissance à aucune substance capable de se solidifier, soit durant la combustion, soit après; lorsqu'il brûle, il ne produit que de l'eau, et si nous plaçons un verre froid au-dessus de la flamme, le verre devient si humide qu'il se forme immédiatement de l'eau en quantité appréciable; la combustion de l'hydrogène ne produit pas autre chose qu'une eau pareille à celle que la flamme de la chandelle nous a donnée. Il importe de se rappeler que l'hydrogène est la seule substance qui fournisse de l'eau comme unique produit de sa combustion.

Tâchons maintenant de découvrir quelque nouvelle preuve du caractère général de la composition de l'eau. Je vous retiendrai donc deux ou trois minutes de plus, de sorte que nous serons mieux à même d'étudier la question lors de notre prochaine rencontre. Nous

possédons le moyen de traiter le zinc que vous avez vu agir sur l'eau de manière à l'obliger à produire tout son effet sur le point où nous désirons le faire agir. J'ai derrière moi une pile voltaïque dont je me bornerai à vous montrer la nature et la puissance avant de terminer notre causerie. Vous aurez au moins vu fonction-

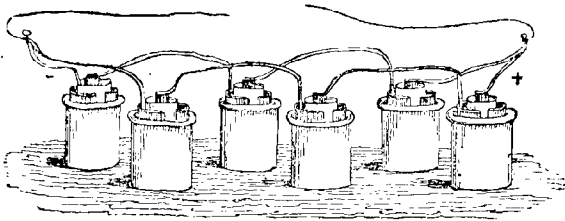


Fig. 30.

ner l'instrument que nous emploierons lors de notre prochaine réunion. Je tiens ici les extrémités des fils métalliques qui me permettent de transporter devant moi cette puissance que je ferai agir sur l'eau.

Nous avons déjà vu quelle force de combustion réside dans le potassium, dans le zinc, dans la limaille de fer; mais aucun de ces mé-

taux ne possède autant d'énergie que la pile de Volta. (*Le professeur met en contact les deux fils métalliques, et produit un brillant éclair.*) Cette lumière provient, en réalité, d'une source de combustion quarante fois aussi puissante que le zinc. C'est une force que je promène à volonté à l'aide de ces fils métalliques, et pourtant si je la mettais maladroitement en contact avec ma personne, elle me tuerait du coup, car elle est d'une intensité formidable. La force qui va se manifester durant l'espace de temps qu'il vous faudra pour compter jusqu'à cinq (*le professeur met les deux pôles en contact et fait jaillir la lumière électrique*), équivaut à celle de plusieurs orages¹. Afin de vous donner une preuve visible de son énergie, je rapproche de nouveau les extrémités des fils métalliques qui tirent cette force de la batterie, et, si je ne me trompe, elle sera capable de brûler cette lime de fer. C'est là une force chimi-

1. Le professeur Faraday a calculé que la quantité d'électricité nécessaire pour décomposer un décigramme d'eau égale celle d'un éclair d'une très-grande vivacité.

que. Quand nous nous reverrons, je l'appliquerai à l'eau, et je vous montrerai les effets qu'elle produira.

QUATRIÈME ENTRETIEN

QUATRIÈME ENTRETEN.

Hydrogène de la chandelle. — Il se transforme en eau en brûlant. — Les autres parties de l'eau. — Oxygène.

Je vois que vous n'êtes pas encore fatigués d'étudier notre chandelle ; car si le sujet ne vous intéressait pas, vous mettriez moins d'empressement à venir m'écouter. Nous avons découvert que, lorsque notre chandelle brûle, elle produit de l'eau absolument semblable à l'eau ordinaire ; puis, l'examen nous a montré que l'eau contient ce gaz curieux que l'on nomme hydrogène et dont ce vase contient un échan-

tillon. Ensuite nous avons découvert que l'hydrogène s'enflamme aisément et produit de l'eau. Je crois aussi vous avoir présenté un appareil qui, grâce à une savante combinaison, permet de réunir au bout de ces fils métalliques une certaine force chimique d'une grande énergie. J'ai dit que je me servais de cette force pour décomposer l'eau, pour voir ce que l'eau contient en outre de l'hydrogène; car vous vous rappelez que, lorsque nous avons fait passer la vapeur à travers le tube de fer, nous n'avons pas du tout obtenu un poids d'eau égal à celui de cette vapeur, quoiqu'il se soit dégagé une quantité de gaz. Il s'agit donc d'étudier quelle est l'autre substance qui existe dans l'eau. Afin que vous compreniez bien le caractère et l'usage de cet instrument, nous allons essayer une ou deux expériences. Rassemblons d'abord quelques substances connues, et voyons ce que leur fera cet instrument. Voici du cuivre et voici de l'acide nitrique. Ce dernier exerce une puissante action chimique, si bien que lorsque je l'ajoute au cuivre, il se développe une belle

vapeur rouge. Comme nous n'avons nul besoin de cette vapeur désagréable, mon préparateur tiendra le mélange près de la cheminée pendant quelques minutes, afin que nous puissions continuer sans inconvénient une jolie et utile expérience. Le cuivre que j'ai mis dans le flacon se dissoudra ; il changera l'acide et l'eau en un fluide bleu qui contiendra du cuivre mêlé à d'autres substances ; je veux vous montrer comment la batterie voltaïque agira là-dessus. En attendant, nous préparerons un genre d'expérience qui vous permettra de juger de la puissance de l'instrument. Voici un liquide qui ressemble à de l'eau pure, mais qui contient une substance que nous ne connaissons pas encore. Je verse cette solution de sel¹ sur une feuille de papier et je l'étends ; puis j'y applique-

1. Une solution d'acétate de plomb soumise à l'action d'un courant voltaïque donne du plomb au pôle négatif et du peroxyde de plomb au pôle positif. Une solution de nitrate d'argent, dans les mêmes conditions, donne de l'argent au pôle négatif et du peroxyde d'argent au pôle positif.

rai la puissance développée par ma batterie. Notez bien ce qui se passera alors. Il arrivera deux ou trois choses dont nous tirerons profit. Je pose ce papier mouillé sur une feuille de tain ; car cette précaution empêchera le papier de se salir et facilitera l'application de la force chimique que je désire mettre en jeu. Vous voyez qu'en étendant une solution sur le papier et sur le tain, je ne l'ai altérée en rien ; en un mot, je ne l'ai mise en contact avec aucun objet capable de la changer, et par conséquent nous pouvons essayer sur elle l'effet de la batterie. Mais examinons d'abord si la batterie elle-même est en ordre. Voici nos fils conducteurs. Assurons-nous si tout est dans le même état que l'autre soir. Nous saurons bientôt à quoi nous en tenir. Jusqu'à présent, j'ai beau rapprocher mes deux fils, ils restent impuissants, parce que les chemins par lesquels passe l'électricité sont fermés. Ah ! mon préparateur m'adresse un télégramme lumineux qui m'annonce que tout est en ordre. Avant de commencer mon expérience, je le prierai d'intercepter de nouveau les com-

munications, et nous poserons un fil de platine en travers pour réunir les deux pôles. Si je reconnais que je puis rendre incandescente une certaine longueur de ce fil de platine, je ne craindrai pas de voir manquer mon expérience. Vous allez juger de la puissance de l'instrument. (*La communication est établie entre les deux pôles, et le fil intermédiaire devient rouge.*) C'est cette force électrique qui se promène à travers le platine ; j'ai employé un fil assez mince, afin de vous mieux démontrer l'énergie de cet agent qui nous permettra d'analyser l'eau.

J'ai ici deux morceaux de platine¹ ; je les pose sur cette feuille de papier humide doublée de tain, et il ne s'opère aucun changement, tout reste absolument dans le même état ; il n'y a pas d'action. Mais regardez ce qui va se

1. Le platine, dont le nom vient de l'espagnol *platina*, petit argent, n'est connu en Europe que depuis 1740. Forgé, ce métal est presque aussi blanc que l'argent ; il est sans saveur ni odeur. M. Faraday a consacré au platine une leçon très-intéressante que nous reproduirons.

passer. Si je prends l'un ou l'autre de ces pôles et que je les pose séparément sur les plaques de platine, je n'obtiens pas le moindre résultat. Il n'en est pas de même lorsque je les réunis. Voyez ! (*Un point brun apparaît sous chaque pôle de la batterie.*) Admirez l'effet qui se manifeste. J'ai tiré quelque chose de brun de ma solution et laissé une trace sur le papier blanc. Je me figure même qu'en disposant ma feuille de cette façon et en appliquant un des pôles derrière le tain, je trouverai moyen d'écrire sur le papier. Je vais essayer de me passer de plume et d'encre — un télégramme, s'il vous plaît ! (*Le professeur trace le mot « jeunesse » sur le papier à l'aide d'un des fils électriques.*) Voilà ce qui s'appelle un joli résultat.

Vous reconnaissez donc que j'ai tiré de ma solution une matière que nous ne connaissions pas. Prenons maintenant cette bouteille que m'offre mon préparateur et cherchons ce que nous pourrions extraire de là. Elle contient, vous le savez, un liquide que nous avons formé tout à l'heure avec du cuivre et de l'acide ni-

trique, pendant que nous nous occupions de nos autres expériences. Je travaille à la hâte et je risque de m'y prendre un peu de travers ; je préfère néanmoins vous montrer comment je procède, au lieu de faire tous mes préparatifs d'avance.

Voyez maintenant ce qui arrive. Ces deux

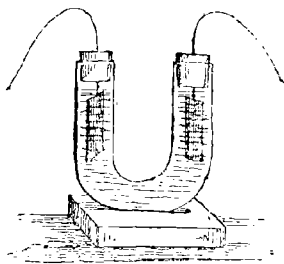


Fig. 31.

plaques de platine forment ou vont bientôt former les extrémités de cet appareil ; je vais les mettre en contact avec cette solution, ainsi que nous l'avons fait tout à l'heure pour celle qui se trouvait étendue sur le papier. Peu importe qu'elle soit sur une feuille de papier ou dans une bouteille, pourvu que nous puissions

..

en rapprocher les conducteurs de la batterie. Si j'y plonge les deux plaques de platine isolées, elles en ressortiront aussi blanches et aussi propres qu'elles y sont entrées ; mais dès que nous appliquons notre force électrique (*le professeur rétablit la communication entre la batterie et les morceaux de platine et les plonge de nouveau dans la solution*), l'une de nos plaques, vous le voyez, a l'air de se transformer bien vite en un autre métal. Ne le prendriez-vous pas pour du cuivre ? La seconde est demeurée aussi nette qu'auparavant. Si je les change de place, le cuivre passera de droite à gauche. La plaque cuivrée sort toute blanche de la bouteille, et celle qui était blanche est recouverte d'une couche de cuivre. Cet essai vous prouve que, à l'aide de notre instrument, nous parvenons à enlever le cuivre que nous avons mis dans la solution.

Mettons de côté cette solution et cherchons quel effet la batterie aura sur l'eau. Voici les deux petites plaques dont je veux faire les deux extrémités de la batterie, et nous avons là un

petit vase (C) formé de façon à me permettre de le démonter, afin de vous mieux expliquer comment il est construit. Dans ces deux coupes (A et B), je verse du mercure qui touche le bout des fils que j'ai mis en communication avec les plaques de platine. Je verse dans ce

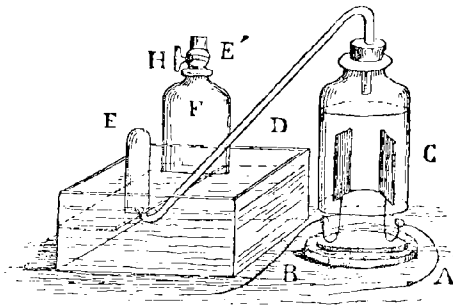


Fig. 32.

vase (C) de l'eau contenant un peu d'acide (que je n'ajoute que pour faciliter l'action). J'ai fixé au haut du vase un tube de verre recourbé (D) qui vous rappelle sans doute celui dont nous nous sommes servis dans notre expérience avec le canon de fusil (page 102.) Cette fois, le bout inférieur de mon tube passe sous un fla-

con (E). Mon appareil est rajusté, nous allons essayer d'agir d'une façon ou d'une autre sur l'eau qu'il contient. Dans une expérience précédente, j'ai envoyé l'eau à travers un tube chauffé au rouge ; aujourd'hui, je vais faire passer l'électricité à travers le contenu de ce vase. Peut-être l'eau se mettra-t-elle à bouillir. Dans ce cas, elle me donnera de la vapeur, et vous savez que la vapeur se condense lorsqu'elle se refroidit ; il vous sera donc très-facile de juger si l'eau a bouilli. Il se peut toutefois que, en guise d'ébullition, il se produise un autre effet. Nous allons bien voir. Je place l'un des fils conducteurs de ce côté (A) et le second de l'autre (B). Examinons si l'eau s'échauffe. Elle a du moins l'air de bouillir à merveille ; mais bout-elle en effet ? Regardons si ce qui en sort est vraiment de la vapeur. Je crois que le flacon (E) ne tardera pas à se remplir de vapeur, si toutefois c'est de la vapeur qui se dégage de cette eau. Est-il possible que ce soit de la vapeur ? Non, évidemment ; la vapeur ne resterait pas là, au-dessus de cette eau, sans se

condenser. Ce ne peut être qu'un gaz permanent. Serait-ce de l'hydrogène? Obligeons-le à nous dire son secret. Si c'est de l'hydrogène, il brûlera. (*Le professeur allume une portion de gaz qui brûle avec une explosion.*) Il y a

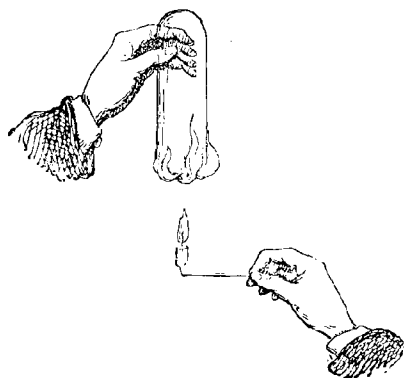


Fig. 33.

bien combustion, mais une combustion qui ne ressemble pas à celle de l'hydrogène. Ce dernier gaz aurait donné une lumière de la même couleur que celle que vous venez de voir, il n'aurait pas produit ce bruit d'explosion. D'ail-

leurs, celui-ci est capable de brûler sans contact avec l'air. Voilà pourquoi j'ai choisi cet autre genre d'appareil, afin de vous mieux indiquer les circonstances particulières qui dis-

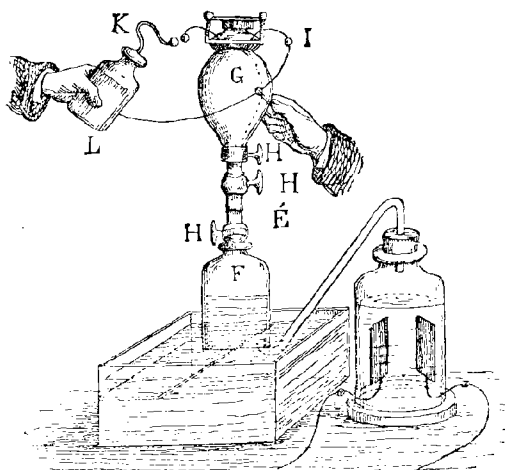


Fig. 34.

tinguent cette expérience. Au lieu d'un vase ouvert, j'ai pris un flacon fermé. Je veux vous prouver que ce gaz, quel qu'il soit, peut brûler sans air et qu'il diffère en cela de la chandelle. Voici comment nous procédons: J'ai ici un vase

de verre (G) auquel sont ajustés deux fils de platine (I K) qui me permettront d'appliquer mon électricité. Nous plaçons notre vase sur une pompe pneumatique et nous le privons d'air. Lorsque le vide est fait, nous transportons notre vase et nous l'adaptions à ce flacon (voy. fig. 34), afin d'y introduire un peu de ce gaz formé par l'action de la batterie voltaïque sur l'eau, ou pour mieux dire, un peu de ce gaz dans lequel l'eau a été convertie. Nous n'avons pas seulement modifié les conditions de notre eau ; nous l'avons réellement changée en une substance gazeuse, et nous avons là tout le liquide que l'expérience a décomposé. Après avoir vissé ce vase (GH) sur cette partie (E') de mon premier appareil, de manière à les mettre bien en communication, j'ouvre les robinets d'arrêt (HH), et vous verrez, en examinant le niveau de l'eau (F), que le gaz monte. Je referme maintenant les robinets ; car j'ai laissé entrer autant de gaz que la chambre en peut contenir, et il serait dangereux d'augmenter la dose. Je vais tirer une étincelle électrique

de cette bouteille de Leyde (L) et l'envoyer là dedans ; il n'en faudra pas plus pour que le vase cesse d'être clair et brillant. Il n'y aura pas de bruit, parce que le verre est assez solide pour contenir l'explosion : (*Une étincelle passe dans le vase, où elle enflamme le mélange explosif.*) Vous avez admiré cette vive clarté ? Dès que je visse de nouveau mon vase sur le flacon et que je rouvre ces robinets, le gaz y monte une seconde fois. L'étincelle électrique a brûlé la première provision et la place est libre, de sorte que le gaz s'empresse tout naturellement de remplir le vide. Si nous recommençons l'opération (*le professeur répète l'expérience*), il se fera un nouveau vide, ainsi que le prouvera l'eau que vous verrez monter. J'ai toujours un vase vide après l'explosion, attendu que la vapeur ou le gaz qui provient de l'action de la batterie sur l'eau fait explosion, grâce à l'influence de l'étincelle, puis se transforme en eau. Bientôt vous verrez quelques gouttes couler le long des parois du vase supérieur et se réunir plus bas.

Nous venons desoumettre l'eau à une épreuve où l'atmosphère ne joue pas le moindre rôle. L'eau tirée de la chandelle a été formée en partie à l'aide de l'atmosphère; mais ici, nous l'avons produite sans le secours de l'air. L'eau doit donc contenir cette autre substance que la chandelle emprunte à l'air et qui, combinée avec l'hydrogène, produit l'eau.

Tout à l'heure, l'une des extrémités de cette batterie s'est emparée du cuivre contenu dans notre solution bleue. C'est ce fil électrique qui nous a permis d'obtenir ce résultat. Je crois donc que nous pouvons affirmer que, si la batterie exerce un effet si puissant sur une solution que nous avons faite et dé faite, elle nous fournira le moyen de séparer les différentes parties dont l'eau se compose. Supposons que je prenne les deux pôles — les extrémités métalliques de cette batterie — pour voir quelle action leur contact exercera sur l'eau contenue dans cet appareil, auquel nous appliquerons nos deux conducteurs à une certaine distance l'un de l'autre. Je place le premier ici (A) et

le second en face (B). J'ai ici des petites planchettes percées de trous que je puis placer sur chaque pôle et arranger de façon à ce que tout ce qui s'échappera des deux bouts de la batterie apparaisse sous forme de gaz isolés ; car vous avez reconnu que l'eau ne se réduit

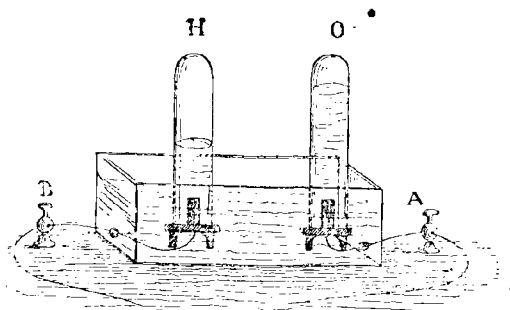


Fig. 35.

pas en vapeur, mais se transforme en gaz. Les fils se trouvent maintenant en communication parfaite avec l'appareil qui renferme l'eau, et vous voyez des bulles qui s'élèvent. Rassemblons ces bulles et examinons-les. Voici un cylindre de verre (O); je le remplis d'eau et je le pose sur l'une des extrémités (A)

de la pile; puis je reprends un second cylindre (H) que je place sur l'autre extrémité. Nous avons ainsi formé un appareil double, dont chaque côté fournit du gaz. Ces deux cylindres vont se remplir de gaz. Cela commence déjà. Celui de droite (H) s'emplit très-vite, celui de gauche (O) moins rapidement; et, bien que j'aie laissé échapper quelques bulles, il se produit néanmoins une action assez régulière. Si l'un des cylindres n'était pas un peu plus petit que l'autre, vous verriez que le premier (H) contient deux fois autant de gaz que le second (O). Les deux gaz que j'ai obtenus sont incolores; ils se tiennent au-dessus de l'eau sans se condenser; ils se ressemblent en tout, ou du moins ils ont l'air de se ressembler. Rien ne nous empêche de les étudier et de nous mieux renseigner à leur égard. Nous en avons là une grande quantité, et il nous sera facile de faire des expériences. Je vais commencer par ce cylindre (H), et je vous demanderai d'être prêts à reconnaître l'hydrogène.

Songez aux différentes qualités de ce gaz —

un gaz léger que nous avons vu demeurer dans un vase renversé et brûler avec une flamme assez pâle à l'entrée de sa prison. Je crois que nous avons réuni ici quelque chose qui remplit ces conditions. Si c'est de l'hydrogène, mon gaz ne s'échappera que pendant que je tiens le cylindre renversé. (*Le professeur approche une lumière et l'hydrogène brûle.*) Maintenant il s'agit de savoir ce qu'il y a dans l'autre cylindre. Vous n'ignorez pas que les deux gaz réunis forment un mélange explosif. Mais quelle est cette seconde substance qui se trouve dans l'eau et qui doit être celle qui fait brûler l'hydrogène? Nous sommes certains que l'eau versée dans cet appareil se compose de deux choses. L'une d'elles est l'hydrogène; cherchons quelle est la nature de l'autre, qui existait également dans l'eau avant l'expérience, et que nous tenons là isolée. Je vais introduire ce bout de bois allumé dans ce gaz qui ne brûlera pas lui-même, mais qui fera brûler le bois (*Le professeur allume le morceau de bois et l'introduit dans le cylindre*). Voyez comme mon gaz active

la combustion du bois qui brûle beaucoup mieux que s'il restait dans l'air libre. Maintenant, vous voyez à part cette autre substance que contient l'eau et qui a dû être empruntée à l'air lorsque la combustion a formé une goutte au-dessous de la chandelle. Comment la nommerons-nous ? A, B ou C ? Appelons-la O — nommons-la oxygène, car c'est là un nom bien sonore qu'on ne risque pas de confondre avec d'autres. C'est donc là l'oxygène qui occupe une si grande place dans la composition de l'eau.

Désormais nous comprendrons mieux nos expériences, et nos découvertes deviendront plus intelligibles ; car nous verrons pourquoi une chandelle brûle dans l'air dès que nous aurons examiné une ou deux fois ces substances. Après avoir analysé l'eau — c'est-à-dire après avoir isolé ses diverses parties, grâce à l'électricité — nous avons obtenu deux parties d'hydrogène et une partie de cet autre gaz qui fait brûler l'hydrogène. La différence de leur volume se trouve indiquée, avec leur poids, dans le tableau suivant qui nous montre que

l'oxygène est un corps très-pesant, comparé à l'hydrogène.

¹ Hydrogène.	⁸ Oxygène.	Oxygène	88.9
		Hydrogène	11.1
	⁹	Eau	100.0

Je ferai peut-être bien de vous indiquer un bon moyen pour obtenir de l'oxygène en abondance, après vous avoir appris comment nous pouvons le tirer de l'eau. L'oxygène, ainsi que vous le devinez sans peine, existe dans l'atmosphère ; autrement, on ne s'expliquerait pas pourquoi la chandelle brûle de façon à produire de l'eau. Sans la présence de l'oxygène, la chose devient absolument et chimiquement impossible. Dans ce cas, pourquoi ne tâchons-nous pas de le tirer de l'air ? Je connais plusieurs procédés difficiles et compliqués qui nous permettraient de puiser l'oxygène dans l'air ; mais nous emploierons un moyen plus simple. J'ai une substance nommée l'oxyde

de manganèse¹. C'est un minéral très-noir d'aspect, mais fort utile, et lorsqu'on le chauffe au rouge, il donne de l'oxygène. Nous avons là, en outre, une bouteille de fer où l'on a fait entrer un peu de cette substance et à laquelle on a adapté un tube. Le feu est prêt; nous al-

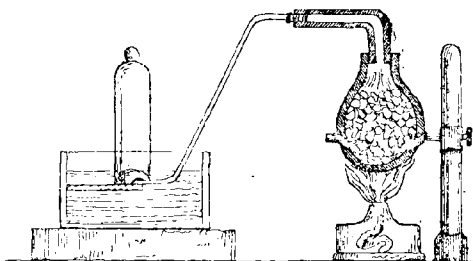


Fig. 36.

lons y placer cette cornue, car le fer est assez épais pour résister à la chaleur. Voici un sel appelé chlorate de potasse dont on fabrique de

1. Le manganèse, qu'on tire de la *magnésie noire*, est un métal solide, dur, cassant, sans grand éclat métallique et d'une teinte grisâtre; il ressemble assez à de la fonte blanche. A l'air il se couvre d'une rouille brune, d'un oxyde qui se transforme ensuite en une poudre noire.

nos jours de grandes quantités; on s'en sert pour le blanchiment, pour divers usages chimiques et dans les feux d'artifice. Je n'ai qu'à en prendre et à le mêler avec l'oxyde de manganèse — l'oxyde de cuivre ou de fer serait tout aussi efficace — puis, si je mets ma cornue dans le feu, il ne faudra pas une chaleur rouge pour tirer de l'oxygène du mélange. Je ne m'arrange pas de manière à en fabriquer beaucoup, parce que notre expérience ne l'exige pas; seulement, ainsi que vous le devinez sans doute, la première portion du gaz se trouvera mêlée avec l'air déjà contenu dans la cornue, et il me faudra la sacrifier. Vous verrez que la chaleur d'une lampe à esprit-de-vin sera assez forte pour me fournir de l'oxygène dans le cas actuel, et nous mettrons les deux procédés en réquisition pour le préparer. Voyez comme le gaz se dégage facilement de cette faible portion de mélange. Nous allons examiner quelles sont ses propriétés. Nous allons nous procurer un gaz tout pareil à celui que nous a fourni l'expérience avec la batterie, — un gaz trans-

parent, qui ne se dissout pas dans l'eau et qui paraît posséder les qualités visibles de l'atmosphère. Comme il y a de l'air dans les premières parties d'oxygène que nous avons recueillies dans ce flacon, nous les laisserons de côté afin de nous livrer à nos expériences d'une façon plus sûre et plus régulière. Nous avons noté que la faculté de faire brûler le bois, la cire ou tout autre combustible est très-marquée dans l'oxygène que nous avons obtenu au moyen de la batterie voltaïque ; nous pouvons donc nous attendre à découvrir ici la même propriété. Essayons. Ce rat-de-cave brûle très-bien dans l'air : mais vous voyez (*le professeur descend la lumière dans le flacon*) que dans ce gaz il émet une clarté beaucoup plus vive. Vous vous apercevrez, en outre, que c'est là un gaz pesant, tandis que l'hydrogène, au contraire, monte dans l'air comme un ballon, voire même plus vite qu'un ballon, puisqu'il n'est pas embarrassé par le poids d'une enveloppe. Vous reconnaîtrez aisément qu'il ne s'ensuit point, parce que le volume de l'hy-

drogène représente deux fois celui de l'oxygène, que la même proportion existe entre leurs poids respectifs. Loin de là, le premier est très-léger et le second est lourd. Nous possédons le moyen de peser le gaz et l'air. Je me bornerai à vous indiquer la pesanteur de l'hy-

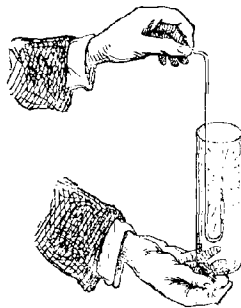


Fig. 37.

drogène et de l'oxygène. Un litre d'hydrogène pèse 0 gr. 089, — un litre d'oxygène pèse 1 gr. 430. La disproportion est grande, vous le voyez. Un mètre cube d'hydrogène pèse 89 grammes, et un mètre cube d'oxygène 1430 grammes. Nous arriverons à peser dans

la balance des masses de matière, à les peser par quintaux et par tonnes, ainsi que je ne tarderai pas à vous le prouver.

Pour revenir à la propriété que possède l'oxygène d'activer la combustion, je vais prendre un bout de chandelle pour vous la démontrer d'une façon assez grossière. Voilà notre chandelle qui brûle dans l'air ; comment brûlera-t-elle dans l'oxygène ? J'ai ici un flacon de ce gaz que je place sur ma chandelle afin que vous soyez à même de comparer l'action de ce gaz à celle de l'air. Regardez-la. Elle donne une lumière qui égale presque la clarté que vous avez vue se dégager des pôles de la batterie voltaïque. Jugez de l'énergie de l'action exercée par l'oxygène. Et pourtant, il ne se produit rien de plus que ce qui s'est produit durant la combustion de la chandelle dans l'air libre. Il se forme de l'eau ; nous avons exactement le même phénomène quand nous employons ce gaz que quand nous allumons une chandelle en plein air.

Mais maintenant que nous connaissons cette

nouvelle substance, étudions-la avec attention, afin de nous assurer que les notions générales que nous avons acquises sur le compte de cette partie des produits d'une chandelle ne sont pas erronées. Il y a quelque chose de merveilleux dans l'activité que cette substance imprime à la combustion. Par exemple, voici une lampe qui, si simple qu'elle soit, peut passer pour le modèle d'un grand nombre de lampes destinées à divers usages, qu'on emploie dans les phares, pour l'éclairage et ailleurs. Je tiens à ce qu'elle nous éclaire mieux. Rien de plus facile, me direz-vous. Puisqu'une chandelle brûle si bien dans l'oxygène, pourquoi une lampe ne se conduirait-elle pas de même? Bien raisonné. Mon préparateur voudra bien me passer un tube aboutissant à notre réservoir d'oxygène et je fournirai du gaz à cette flamme que j'ai obligée à brûler mal tout exprès. L'oxygène arrive. Quelle combustion il provoque! Mais je coupe les vivres à la flamme; que deviendra ma lampe? (*On arrête le courant d'oxygène, — la lampe baisse*

aussilôt.) Oui, vraiment, il y a quelque chose de merveilleux dans la manière dont l'oxygène accélère la combustion. Mais il n'agit pas seulement sur l'hydrogène, sur le carbone ou sur la chandelle ; il donne de l'essor à toutes les combustions ordinaires. Essayons son effet sur le fer que vous avez vu brûler

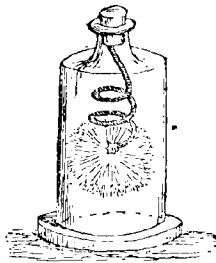


Fig. 38.

un peu dans l'air. Voici un flacon d'oxygène et un simple fil de fer. — Mais si, au lieu de ce fil, je prenais une barre aussi épaisse que mon bras, le métal brûlerait également. J'attache d'abord un petit morceau de bois au fer, puis je mets le feu au bois et je les plonge tous les deux dans mon fla-

..

con. Le bois est allumé, — il brûle comme le bois doit brûler dans l'oxygène; mais il incendiera bientôt le métal. En effet, voilà ce dernier qui brûle avec une flamme brillante, et il ne s'éteindra pas de sitôt. Tant que nous fournirons de l'oxygène, nous pourrons maintenir la combustion du fer jusqu'à ce que le métal soit entièrement consumé.

Mettez-le de côté et prenons une autre substance. Cette fois je choisis un morceau de soufre¹. Vous savez que le soufre brûle dans l'air; eh bien, nous allons le plonger dans l'oxygène, et vous verrez de nouveau que ce qui est capable de brûler dans l'air brûlera avec beaucoup plus d'intensité dans l'oxygène, vous donnant à penser que l'atmosphère elle-même

1. Le soufre, qui existe à l'état natif dans les terrains volcaniques et qu'on trouve aussi combiné avec les métaux et dans certaines eaux minérales, est un corps très-friable, solide à la température ordinaire, d'un jaune clair, sans saveur ni odeur, bien qu'en le frottant on produise une odeur particulière. En brûlant, il donne cette jolie flamme bleue et cette odeur piquante qu'on remarque dans la combustion d'une allumette.

doit à ce gaz toute sa puissance de combustion. Le soufre brûle tranquillement dans l'oxygène; mais vous reconnaissez à première vue que la combustion est bien autrement active que lorsque ce corps se consume dans l'air.

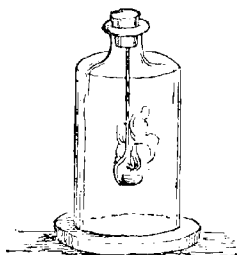


Fig. 39.

Je passe maintenant à une autre substance, au phosphore¹. Ce n'est pas là une de ces ex-

1. Le phosphore, qu'on retire du phosphate de chaux contenu dans les os des animaux, est un corps solide, incolore, insipide, ayant une légère odeur d'ail. Il jaunit dans l'eau et sa couleur se modifie aisément dans d'autres conditions. Le plus léger frottement suffit pour provoquer la combustion, et il produit des brûlures dangereuses à cause de l'acide corrosif (acide phosphorique) qu'il laisse dans la plaie. Il emprunte son nom à deux mots grecs : $\varphi\omega\varsigma$, lu-

périences que je vous ai conseillé de répéter chez vous. Nous avons affaire ici à une substance des plus combustibles, et puisqu'elle brûle si bien dans l'air, que ne peut-on en attendre dans l'oxygène? Je ne vous montrerai pas le phénomène dans toute son intensité; car je ne veux pas risquer de faire éclater l'appareil. Malgré mes précautions, je ne réponds même pas que le phosphore ne brisera point le flacon, quoique je ne désire nullement casser ma vaisselle. Vous voyez comme cette substance brille dans l'air, mais quelle éclatante clarté elle donne dès que je l'introduis dans l'oxygène! (*Le professeur introduit le phosphore enflammé dans le flacon rempli d'oxygène.*) Vous voyez s'envoler les molécules solides qui rendent cette combustion si admirablement lumineuse.

Nous avons des preuves suffisantes de la puissance de l'oxygène et de la vive combustion qu'elle provoque chez d'autres substances. Nous

mière, et φέρω, je porte. On sait qu'on peut tracer avec cette substance des lettres ou des figures très-visibles dans l'obscurité.

allons l'étudier dans ses rapports avec l'hydrogène. Vous vous rappelez que, lorsque nous avons mêlé et fait brûler ensemble l'oxygène et l'hydrogène fournis par l'eau, il s'est produit une petite explosion. Vous vous souvenez aussi que, lorsque nous avons allumé un jet d'oxygène et d'hydrogène mélangés, ils nous ont fourni très-peu de clarté, mais beaucoup de chaleur.

Je vais mettre le feu à ces deux gaz en les mêlant dans les proportions qu'ils ont dans l'eau. Voici un vase qui contient un volume d'oxygène et deux volumes d'hydrogène. Ce mélange est exactement de la même nature que le gaz que nous avons obtenu tout à l'heure à l'aide de la batterie voltaïque. Il y en a beaucoup trop pour que je songe à le brûler en une seule fois. Je me décide donc à m'en servir pour souffler des bulles de savon et à incendier ces bulles, afin de découvrir, par ces expériences, comment cet oxygène favorise la combustion de l'hydrogène. Tâchons d'abord de souffler une bulle. Bravo ! le gaz

arrive (*le professeur fait passer le mélange gazeux dans l'eau de savon à travers un tuyau de pipe*). Voici une bulle. Je vais la recevoir sur ma main. Vous croirez peut-être que j'agis d'une façon excentrique dans cette expérience; mais je désire vous montrer qu'il ne faut pas toujours s'en rapporter au bruit et au son. Il y aura moins de tapage et le phénomène n'en sera que plus apparent. (*Le professeur allume une bulle qui fait explosion sur la paume de sa main.*) Je craindrais d'enflammer une bulle accrochée au bout de ce tuyau, parce que l'explosion pourrait passer dans ce flacon et le faire éclater. Cet oxygène s'empresse donc d'agir au contact de l'hydrogène, ainsi que vous venez de vous en apercevoir, ainsi que le bruit vous l'a prouvé; ce gaz a dépensé toute sa force pour détruire les propriétés de l'hydrogène.

Je crois que mes remarques ont dû vous familiariser avec l'histoire de l'eau dans ses rapports avec l'oxygène et avec l'air. Pourquoi le potassium décompose-t-il l'eau? Parce qu'il y rencontre de l'oxygène. Quelle est la sub-

stance qui se dégage quand je place ce métal dans le liquide ? L'hydrogène est mis en liberté et il brûle ; mais le potassium lui-même se combine avec l'oxygène ; mon morceau de potassium en décomposant l'eau — cette eau que nous devons à la combustion de la chandelle, si vous voulez — s'empare de l'oxygène que la chandelle avait dérobé à l'air et rend la liberté à l'hydrogène. Bien plus, si je prends un peu de glace et que je pose dessus un fragment de potassium, l'admirable affinité qui existe entre l'oxygène et l'hydrogène est telle que la glace mettra le feu au métal. Je vous montrerai encore cette expérience, afin de vous prouver à quel point les résultats peuvent être modifiés par les circonstances. Voilà le potassium qui brûle sur la glace, produisant une sorte d'action volcanique.

La prochaine fois que nous nous rencontrerons, ce sera mon devoir, après vous avoir ainsi indiqué ces anomalies, de vous expliquer qu'aucun de ces phénomènes bizarres, extraordinaires, qu'aucune de ces actions étranges et

nuisibles ne se manifeste lorsque nous brûlons, non pas seulement une chandelle, mais le gaz qui éclaire nos rues ou quand nous consomons un combustible quelconque dans nos foyers domestiques, tant que nous respectons les lois que la nature a établies pour notre gouverne.

CINQUIÈME ENTRETIEN

CINQUIÈME ENTRETEN.

Présence de l'oxygène dans l'air. — Nature de l'atmosphère. — Ses propriétés. — Autres produits de la chandelle. — Acide carbonique. — Ses propriétés.

Nous avons réussi à extraire l'hydrogène et l'oxygène de l'eau que la chandelle nous avait fournie. Cet hydrogène, vous le savez, provenait de la chandelle, et nous sommes portés à croire que l'oxygène se trouvait dans l'air. Vous auriez donc le droit de me demander : « Comment se fait-il que l'hydrogène et l'oxygène ne favorisent pas également la combustion de la chan-

delle? » Vous vous rappelez ce qui est arrivé lorsque j'ai placé notre chandelle sous un vase rempli d'oxygène? Elle a brûlé bien autrement que dans l'air. Pourquoi cette différence? C'est là une question très-sérieuse, et je vais m'efforcer d'y répondre clairement. Elle se rattache étroitement à la nature de l'atmosphère et il nous importe de ne pas la négliger.

Nous possédons plusieurs moyens d'éprouver l'oxygène en dehors des corps combustibles. Vous avez vu une chandelle brûler dans l'oxygène ou dans l'air; vous avez vu le phosphore brûler dans l'air ou dans l'oxygène, et je vous ai montré de la limaille de fer brûlant dans l'oxygène. Mais nous pouvons soumettre ce gaz à des épreuves d'un nouveau genre qui achèveront de vous convaincre et augmenteront votre expérience. Voici un vase plein d'oxygène. Je commencerai par vous démontrer la présence de ce gaz. Je n'ai qu'à envoyer une étincelle dans le vase pour que l'oxygène se révèle à nous. Vous savez, grâce à ce que nous avons appris lors de notre dernière réu-

nion, ce qui arrivera. Oui, vous voyez que le gaz est là; — la combustion nous l'indique. Passons à une autre épreuve, aussi curieuse qu'utile. J'ai ici deux flacons séparés par une plaque qui empêche les gaz qu'elles renferment de se réunir. Je retire la plaque et les gaz se mêlent. « Qu'arrive-t-il? demanderez-vous; leur mélange ne produit pas une combustion semblable à celle de la chandelle. » Non; mais voyez l'oxygène annoncer sa présence quand il entre en contact avec cette autre substance¹? Quel beau gaz rouge j'obtiens par ce procédé qui nous démontre la présence de l'oxygène! Nous essayerons une expérience analogue en mêlant tout simplement de l'air avec cette substance qui nous a servi de pierre de touche.

1. Le gaz employé pour démontrer la présence de l'oxygène est le bioxyde d'azote. C'est un gaz incolore qui, mis en contact avec l'oxygène, s'unit à ce dernier et forme de l'acide hypoazotique, un gaz rouge à la couleur duquel le professeur fait allusion.

On donne quelquefois à l'acide hypoazotique le nom d'acide hyponitrique, de vapeurs nitreuses ou de vapeurs rutilantes.

Voici deux flacons : l'un contient de l'air dans lequel notre chandelle pourra brûler; — l'autre du bioxyde d'azote, ce gaz dont vous venez de voir l'effet. Je laisse les deux substances se réunir au-dessus de l'eau; le gaz s'écoule dans le vase qui renferme l'air, et j'obtiens le même genre d'action qu'auparavant, — ce qui nous prouve qu'il y a de l'oxygène dans cet air, comme il y en avait dans l'eau que nous avons tirée de la chandelle. Mais pourquoi donc la chandelle ne brûle-t-elle pas aussi bien dans l'air que dans l'oxygène? C'est justement ce que je tâcherai de vous expliquer. Regardez ces deux flacons; ils contiennent chacun un égal volume de gaz, et sont si semblables d'aspect que je ne sais pas encore distinguer celui qui renferme l'air de celui où se trouve l'oxygène. Par bonheur, nous avons sous la main notre gaz dénonciateur, et je vais agir sur les deux flacons de manière à reconnaître la différence que je désire rendre apparente. Je laisse pénétrer ce gaz dans l'un des flacons, et vous voyez ce qui arrive : le con-

tenu rougit : — donc il y a de l'oxygène. Je sou mets le second flacon à la même épreuve; mais il se colore d'une façon moins prononcée. De plus, je vous signale ce fait curieux : si je prends ces deux gaz et que je secoue bien le mélange, après y avoir ajouté un peu d'eau, le gaz rouge sera absorbé; puis, si j'introduis une nouvelle dose de liquide et que je recommence à secouer, l'absorption de la matière continuera tant qu'il restera assez d'oxygène pour produire cet effet. J'ai beau laisser entrer de l'air, le mélange ne devient jamais incolore; mais, dès que j'introduis de l'eau, le gaz rouge disparaît. Je pourrai renouveler la dose de gaz colorant et la neutraliser de la sorte jusqu'à ce que je sois arrivé à un résidu incapable de rougir au contact de ce corps particulier qui colore l'air et l'oxygène. A quoi cela tient-il? Vous devinez tout de suite la raison. C'est que l'oxygène n'est pas la seule chose qui soit restée dans le flacon. Je vais y introduire un peu d'air; s'il devient rouge, vous saurez qu'une partie du gaz susceptible de le colorer

est encore là et que, par conséquent, ce n'est pas à l'absence de ce gaz qu'il faut attribuer la pâleur du résidu.

Maintenant, vous commencerez à comprendre ce que j'ai à ajouter. Vous avez vu, lorsque j'ai brûlé ce phosphore dans un flacon, que, tandis que la fumée produite par ce phosphore et par l'oxygène de l'air se condensait, il restait une certaine quantité de gaz qui ne brûlait pas. Eh bien ! nous avons également ici quelque chose que ce gaz rouge ne touche pas. — Ce quelque chose est un autre gaz sur lequel le phosphore ne saurait agir, que notre gaz n'affecte pas ; — quelque chose qui n'est pas de l'oxygène et qui néanmoins fait partie de l'atmosphère.

De sorte que nous avons trouvé là un procédé pour analyser l'air, pour séparer les deux parties dont il se compose — l'oxygène qui fait brûler nos chandelles, notre phosphore et le reste, et cette autre substance, l'azote, qui ne les fera pas brûler. Cette dernière partie de l'air s'y trouve en beaucoup plus grande quan-

tité que la première, et c'est un corps très-intéressant lorsqu'on vient à l'examiner. Oui, c'est un corps très-curieux ; mais vous me direz peut-être qu'il ne vous intéresse guère. Je sais que, sous certain rapport, il laisse à désirer ; il ne joue pas un rôle brillant dans le phénomène de la combustion. Si je cherche à l'allumer, il ne s'enflammera pas comme l'hydrogène, il ne donnera pas, comme l'oxygène, plus d'éclat à ma lumière. J'ai beau le tenter, il n'agit ni d'une façon ni de l'autre ; il ne veut pas s'enflammer, il ne veut pas même laisser brûler ma lumière ; il arrête partout la combustion. Rien ne brûlera dans l'azote, dans des conditions ordinaires. L'azote est inodore ; il n'a pas de saveur ; il ne se dissout pas dans l'eau ; ce n'est ni un acide ni un alcali ; il produit sur tous nos organes aussi peu d'effet que possible. Vous auriez presque le droit de vous écrier : « Bah ! ce n'est rien du tout ; il ne mérite pas de fixer notre attention, à nous autres chimistes ; pourquoi s'avise-t-il de se nicher dans l'air ? » Ah ! nous touchons là aux admirables

..

résultats que nous indique l'observation philosophique. Songez un peu à ce que nous deviendrions si, au lieu d'azote ou au lieu d'un mélange d'azote ou d'oxygène, notre atmosphère se composait d'oxygène pur. Vous savez fort bien qu'un morceau de fer qu'on allume dans un flacon d'oxygène brûle jusqu'au bout. Imaginez ce qui arriverait à la grille devant laquelle vous avez coutume de vous chauffer s'il n'entrait que l'oxygène dans l'air. Elle brûlerait plus vite que le charbon de terre, car le fer est plus combustible encore que la houille dont la flamme vacillante égaye notre foyer. Le feu qu'on allumerait au milieu d'une locomotive formerait le centre d'un vaste incendie si nous n'étions entourés que d'oxygène. L'azote lui enlève une partie de sa puissance, le modère, le rend plus utile pour nous, et, par-dessus le marché, nous débarrasse du carbone que vous avez vu sortir de la chandelle ; il le disperse dans la masse de l'atmosphère et l'emporte là où il peut rendre de grands services à l'homme en profitant à la

végétation. Il accomplit ainsi une œuvre merveilleuse, quoique vous soyez disposés à dire, en l'examinant : « Mais c'est là une chose dont on ne doit tenir aucun compte ! » Cet azote, à l'état ordinaire, est un élément inactif. Il faut une force électrique des plus puissantes pour l'obliger à se combiner directement, dans des proportions infiniment petites, avec l'autre élément de l'atmosphère ou avec d'autres substances environnantes. C'est une substance douée d'une parfaite indifférence, et, par cela même, elle reste inoffensive.

Avant de vous entretenir plus longuement de l'azote, je dois vous donner d'autres détails sur l'atmosphère dont il fait partie. J'ai tracé sur ce tableau la composition de cent parties d'air atmosphérique :

	En volume.	En poids.
Oxygène	20	21.3
Azote.	80	79.7
	100	100.0

Telle est l'analyse exacte de l'air, en ce qui

concerne l'oxygène et l'azote qui s'y trouvent. Notre examen nous montre que cinq parties d'atmosphère ne contiennent qu'une partie d'oxygène et quatre parties d'azote. Cette disproportion est nécessaire pour réduire l'oxygène au point qui lui permet de donner à la chandelle une quantité convenable de combustible et de former une atmosphère que nos poumons puissent aspirer sans danger pour notre santé ; car, s'il nous importe que l'oxygène devienne respirable, il n'est pas moins essentiel pour nous d'avoir une atmosphère capable de faire brûler comme il faut notre bois, notre charbon et nos chandelles.

Mais revenons à l'atmosphère. Il faut d'abord que j'indique le poids de ces gaz. Un litre d'azote pèse 1 gr., 256. L'oxygène est plus lourd ; un litre de ce gaz pèse 1 gr., 430, tandis qu'un litre d'air pèse 1 gr., 294

Quelques-uns de mes auditeurs, dont la curiosité m'a fait grand plaisir, m'ont demandé comment on pèse un gaz. Je vais vous montrer le procédé ; il est fort simple et d'un emploi

très-facile. Voici une balance et voici une bouteille de cuivre aussi légère que le comporte la solidité convenable ; elle est faite au tour, imperméable à l'air et armée d'un robinet qui s'ouvre et se ferme à volonté. Comme il est

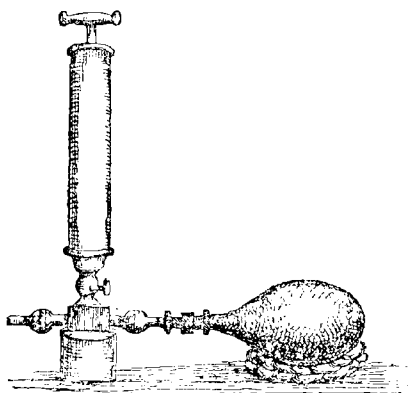


Fig. 40.

ouvert en ce moment, il est permis à la bouteille de se remplir d'air. J'ai à portée des balances ajustées avec une exactitude extrême, et je crois que si je place ma bouteille, telle quelle, dans l'un des plateaux, elle se trouvera en équilibre avec le poids que vous voyez dans

le plateau opposé. Voici, en outre, une pompe au moyen de laquelle je pourrai refouler l'air dans la bouteille. Nous y ferons entrer un certain nombre de volumes d'air que la pompe elle-même se chargera de mesurer au passage. (*Le professeur, à l'aide de la pompe, introduit vingt mesures d'air dans la bouteille.*) Maintenant, fermons le robinet et replaçons l'instrument dans la balance. Voyez comme le plateau s'abaisse; ma bouteille est devenue beaucoup plus lourde. A quoi devons-nous attribuer cette augmentation de poids? A l'air que nous y avons introduit. Il n'y pas là un plus grand volume d'air, mais il y a le même volume d'un air plus pesant, parce que nous en avons comprimé une quantité plus considérable dans l'espace représenté par la bouteille. Je voudrais vous donner une notion précise de la mesure de cet air. Voici un flacon rempli d'eau. Nous allons déboucher notre bouteille de cuivre et laisser l'air reprendre son développement ordinaire. Il suffit de bien visser ensemble les deux vases et de tourner mes robinets pour

que le volume des vingt charges que la pompe a précipitées dans la bouteille s'empresse de s'échapper. Avant tout, assurons-nous que nous ne commettons aucune erreur, replaçons



Fig. 41.

la bouteille dans la balance. Vous voyez qu'elle se retrouve en équilibre avec le poids posé dans l'autre plateau, — donc notre expérience n'est point fautive. Vous voyez comment nous sommes parvenus à découvrir le poids des vo-

lumes d'air supplémentaires que nous avons accumulés dans cette bouteille et comment nous arrivons à connaître qu'un litre d'air pèse 1 gr., 294. Mais cette petite expérience n'est nullement de nature à vous fournir une notion bien positive, bien nette de la pesanteur de l'air. Ce volume d'air (dix litres) pèse 12 gr., 94; mais devinez ce que pèse le contenu de cette boîte que vous apercevez là-bas et que j'ai fait construire tout exprès. Elle renferme une livre, une bonne livre d'air. J'ai aussi calculé le poids de l'atmosphère qui nous entoure dans cette salle, et, — vous ne vous en seriez pas doutés, je pense, — il pèse plus d'une tonne.

Maintenant que vous voilà renseignés à l'égard de la pesanteur de l'air, laissez-moi vous expliquer certaines conséquences de cette pesanteur. Vous aurez le droit d'exiger de moi des expériences qui vous aideront à mieux comprendre mes paroles. Supposons donc que je prenne une pompe pneumatique assez semblable à celle dont je me suis servi tantôt pour

forcer l'air à entrer dans la bouteille. Je la dispose de façon à pouvoir appuyer la main sur l'instrument. Vous voyez que, pour le moment, ma main peut aller et venir dans l'air si librement qu'elle paraît ne rencontrer aucune ré-

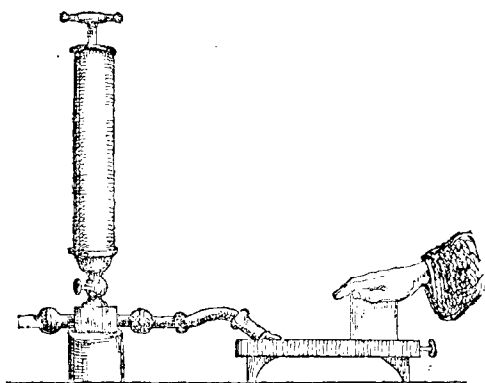


Fig. 42.

sistance. J'ai même de la peine à la mouvoir assez vite pour sentir que cette résistance matérielle existe en réalité. Mais dès que je pose ma main sur cette partie de l'instrument (*sur le récipient de la pompe où l'on fait alors le vide*), vous remarquez ce qui arrive. Ma main

reste comme attachée à cet endroit, et si bien attachée qu'elle peut entraîner l'appareil. Voyez! Comment se fait-il que j'éprouve de la difficulté à enlever ma main? C'est le poids de l'air qui la gêne, — le poids de l'air qui se trouve au-dessus d'elle. Je vais vous fournir un autre exemple plus facile à saisir. Lorsque j'enlève, au moyen de la pompe pneumatique, l'air retenu sous le parchemin dont ce flacon est solidement coiffé, vous êtes témoin du même effet sous une autre forme. Le parchemin est tendu à plat; mais je n'ai qu'à donner une légère impulsion à ma pompe pour changer cette disposition. Là! regardez comme il a baissé, comme il s'enfonce; il descend de plus en plus, et je m'attends à le voir se déchirer enfin sous le poids de l'atmosphère. (*Le parchemin éclate avec une bruyante détonation.*) Or, ce résultat n'a d'autre cause que la pesanteur de l'air qui presse sur le parchemin, et vous comprendrez sans peine de quelle façon les choses se passent. Les molécules empilées dans l'atmosphère se tiennent les unes au-des-

sus des autres de la même manière que ces cinq cubes, et vous concevez aisément que si j'enlève le dernier, celui sur lequel les quatre autres sont posés, la colonne s'abaissera. Il en est de même de l'atmosphère. L'air supérieur

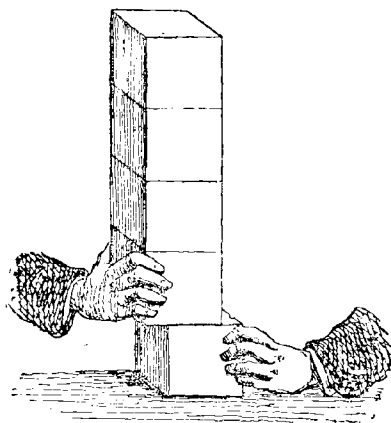


Fig. 43.

est soutenu par l'air inférieur, et dès qu'on fait le vide en dessous, vous voyez s'opérer le changement qui s'est produit lorsque j'ai posé la main sur la machine pneumatique, ou lorsque le parchemin a cédé. Nous allons recom-

mencer cette dernière expérience revue et corrigée. J'ai fixé sur l'ouverture de ce flacon une bande de caoutchouc. Je me dispose à retirer l'air de ce vase. Si vous ne perdez pas de vue le caoutchouc, — qui forme pour ainsi dire un mur qui sépare l'atmosphère extérieure de l'atmosphère renfermée dans le flacon — vous verrez la pression se manifester à mesure que la pompe agira. Remarquez à quel point le caoutchouc s'enfonce. Il ne m'empêche plus de mettre la main dans le flacon. Eh bien ! ce résultat n'est que la conséquence de l'action exercée par l'air extérieur et qui se manifeste ici d'une façon très-curieuse.

Voici quelque chose que vous pourrez vous amuser à tirer quand nous aurons achevé notre entretien. C'est un petit appareil de cuivre composé de deux hémisphères creux qui s'adaptent exactement l'un à l'autre. Il me sera facile, en les mettant en communication avec un tube, de faire le vide à l'intérieur ; les deux moitiés se séparent sans effort quand elles contiennent de l'air ; mais une fois que l'air aura

disparu, personne d'entre vous ne parviendra à les détacher. Chaque pouce carré de la surface de cet appareil soutient un poids de quinze livres environ. Tout à l'heure vous serez libres



Fig. 44.

de tenter s'il vous sera possible de vaincre une telle pression atmosphérique.

Voici un autre objet qui vous intéressera, je n'en doute pas. C'est un jouet inventé par un écolier et que je me suis seulement permis de

perfectionner. Nous autres jeunes gens, nous avons le droit incontestable de nous fabriquer des joujoux et de les faire tourner au profit de la science. Je ne me trompe pas, je m'imagine, en me figurant que je vous présente une ancienne connaissance. Je crois que cela s'appelle un *tire-pavé*. Vous n'ignorez pas l'emploi de ces rondelles de cuir attachées au bout d'une ficelle et qui, étant mouillées, se collent là où elles tombent ? Je me suis offert deux de ces jouets ; mais au lieu de cuir, j'ai choisi du caoutchouc. Je jette celui-ci sur la table, et vous voyez comme il tient. D'où vient cette résistance ? Je puis l'obliger à glisser le long de la surface, et pourtant, dès que je cherche à l'enlever verticalement, il semble plus disposé à entraîner la table qu'à s'en détacher. Pour le retirer, il me faut l'amener au bord du meuble. Il est retenu là par la seule pression de l'atmosphère qui pèse sur lui. Voici une seconde rondelle ; je la presse contre la première, et elles adhèrent solidement. Vous pouvez même vous servir de ce joujou pour

accrocher divers objets à un mur ou à une vitre, où la rondelle restera collée pendant toute une soirée.

Passons à une autre expérience qui démontre la pression de l'atmosphère et que vous n'aurez pas de peine à recommencer chez vous.

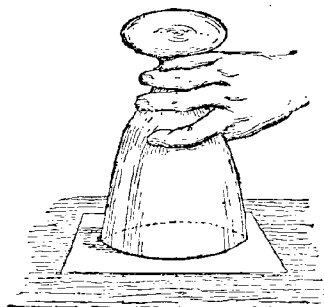


Fig. 45.

Voici un verre d'eau : si je vous priais de retourner ce verre sans verser l'eau qu'il contient et sans le boucher avec votre main, mais en employant la simple pression atmosphérique, ne seriez-vous pas fort embarrassés ? Prenez un verre à pied plein ou à moitié plein d'eau · posez une carte à plat sur l'orifice, ren-

versez le verre, et voyez ce qui arrive. L'air ne peut pénétrer à l'intérieur, parce que l'eau, grâce à l'attraction capillaire mise en jeu autour des bords, ne lui permet pas d'entrer.

Je crois que cette boîte m'aidera à vous donner une notion correcte de ce que nous nommerons la matérialité de l'atmosphère; et quand je vous aurai rappelé qu'elle renferme une livre d'air, tandis que la salle où nous sommes en contient plus d'une tonne, vous commencerez à vous dire que sa pesanteur est une chose très-sérieuse. Je vais avoir recours à un autre moyen pour vous démontrer la résistance de l'air. Vous la connaissez sans doute depuis longtemps, cette jolie expérience de la canonnière. Vous savez que certains jeunes armuriers fabriquent ces jouets avec un tuyau de plume ou un bâton de sureau creux. Lorsqu'au moyen de son tube on a découpé un cylindre de pomme de terre, par exemple, ainsi que je viens de le faire, et bouché l'autre extrémité par le même procédé, l'air se trouve renfermé entre les deux tranches de légume.

Il me sera absolument impossible, quelque force que j'emploie, d'obliger l'un de ces petits cylindres à se rapprocher de l'autre. Je puis presser l'air jusqu'à un certain point; mais si je continue à pousser mon piston, l'atmosphère comprimée ne tardera pas à chasser au dehors le premier cylindre, et cela avec une force qui ressemble à celle de la poudre à canon; car l'efficacité de la poudre dépend en partie de l'action dont je viens de vous fournir un exemple. .

J'ai vu l'autre jour une expérience qui m'a beaucoup plu, attendu que j'ai tout de suite songé à l'utiliser dans nos démonstrations. (J'aurais dû me taire pendant quatre ou cinq minutes avant de commencer cette expérience, parce que la réussite dépend de la force de mes poumons.) Par une application convenable de l'air, je compte pouvoir soulever l'œuf qui se trouve dans ce coquetier et le faire retomber dans cet autre coquetier vide. Je ne réponds pas que j'y parviendrai, vu que j'ai trop parlé pour un homme qui sait qu'il va avoir

besoin de son souffle. Dans tous les cas, je ne serai pas trop à plaindre; car j'aurai été vaincu en luttant pour une bonne cause (*le professeur réussit à envoyer l'œuf d'un coquetier dans l'autre*).

Vous voyez que l'air que je souffle descend entre l'œuf et le coquetier de façon à former sous l'œuf un vent assez fort pour soulever un objet pesant, — car un œuf plein est très-lourd par rapport à l'air. — Si vous désirez faire la même expérience, je vous engage à vous servir d'œufs durs, et alors les accidents seront moins à craindre.

Je vous ai suffisamment entretenus de la pesanteur de l'air, mais il a une autre propriété dont je dois vous parler. Lorsque j'ai tiré sur un de vous avec ma canonnière, vous avez remarqué comment, grâce à l'élasticité de l'air, mon premier morceau de pomme de terre a pénétré dans le tuyau à un demi-pouce ou à trois quarts de pouce de profondeur avant que le second morceau ait été lancé au dehors. C'est la même loi qui m'a permis de compri-

mer les molécules atmosphériques dans la bouteille de cuivre au moyen de la machine pneumatique. Or, ce résultat est dû à une merveilleuse propriété dont l'air est doué, c'est-à-dire à son élasticité. Je tiens à vous fournir une bonne preuve de cette qualité de l'air. Je

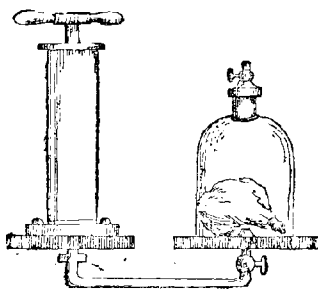


Fig. 43.

choisis donc une enveloppe, telle que cette membrane, qui est très-capable de contenir l'air, mais qui peut aussi se contracter et se gonfler de façon à nous donner la mesure de l'élasticité de son contenu. Je renferme dans ma vessie une certaine quantité d'air, je la place sous la cloche de la machine pneumati-

que ; puis, dès que je la débarrasse de la pression de l'air extérieur, elle se gonfle, elle grossit de plus en plus au point de remplir la cloche. De même je n'ai qu'à faire cesser le vide autour d'elle pour qu'elle s'aplatisse. Nous avons donc des preuves visibles de cette merveilleuse propriété de l'air, de son élasticité, de sa compressibilité, qui lui permet de se développer, de se resserrer à un degré qui est très-essentiel au rôle si utile qu'il joue dans l'économie de la création.

Nous allons maintenant nous occuper d'un point non moins important de notre sujet, nous rappelant que nous avons examiné la combustion de la chandelle et découvert qu'elle nous livre divers produits. Vous n'oubliez pas que nous avons obtenu de la suie, de l'eau et une autre substance que nous n'avons pas encore étudiée. L'eau ne nous a pas échappé ; mais les autres produits ont disparu dans l'atmosphère : il s'agit de nous renseigner sur le compte des fugitifs.

Voici une expérience qui nous mettra un

peu sur la voie. Nous placerons notre chandelle sur un socle et nous poserons une cheminée par dessus. Je crois qu'elle ne cessera pas de brûler, parce que nous avons laissé un passage à l'air en haut et en bas. En premier lieu, vous voyez apparaître un peu d'humidité. Ce produit-là, nous le connaissons. C'est l'eau formée par la combustion, par l'action de l'air sur l'hydrogène dégagé. Mais, en outre, il y a quelque chose qui s'échappe par le tuyau de notre cheminée : ce n'est pas de l'humidité, — ce n'est pas de l'eau, — ce n'est pas une substance qui soit capable de se condenser. Cette substance possède néanmoins des propriétés très-singulières. Vous allez voir que ce qui sort par le haut de la cheminée suffit presque pour éteindre la lumière que je rapproche du tuyau ; et, même, pour peu que je l'expose bien au courant, elle s'éteint en effet. Vous me direz que ce résultat ne vous étonne pas, attendu que l'azote ne favorise pas la combustion. Je suppose que vous devinez que ce gaz doit éteindre la chandelle puisque celle-

ci refuse de brûler quand on la plonge dans l'azote.

Maintenant, voyons s'il ne se trouve rien qui soit mêlé à l'azote dont nous venons de reconnaître la présence.



Fig. 47.

Je vous demande la permission d'anticiper un peu, c'est-à-dire de mettre à contribution ma science acquise, afin de vous familiariser avec les moyens que l'on emploie pour étudier des gaz tels que ceux dont nous nous occu-

pons. Je prends un flacon vide, et je n'ai qu'à le tenir au-dessus de cette cheminée pour recueillir une partie des produits de la combustion de la chandelle. Nous ne tarderons pas à découvrir que ce récipient renferme un air qui non-seulement ne peut entretenir la combustion, mais qui possède d'autres propriétés.

Laissez-moi prendre un peu de chaux vive et verser dessus de l'eau ordinaire ; l'eau ordinaire suffit. Je remue le mélange pendant une minute ou deux, je le passe à travers du papier à filtrer, et j'obtiens assez vite une quantité d'eau claire. J'ai une bonne provision de ce même liquide dans une autre bouteille ; mais je préfère me servir de celui que j'ai préparé sous vos yeux. Si je verse une partie de cette eau de chaux restée si limpide dans le flacon qui contient le gaz fourni par la chandelle, il s'opère aussitôt un changement remarquable. Vous voyez que l'eau est devenue toute blanche. Notez qu'il ne se passe rien de pareil si on emploie simplement de l'air. Voici

une bouteille remplie d'air; j'y ajoute un peu d'eau de chaux, et ni l'oxygène ni le flacon qui se trouvent dans cette quantité d'air ne produisent le moindre effet sur l'eau; elle demeure parfaitement claire. J'ai beau remuer le tout, la couleur de l'eau ne varie pas; mais si je place ma bouteille de façon à amener l'eau de chaux en contact avec les produits généraux de la chandelle, le liquide prendra en fort peu de temps une teinte laiteuse. Voilà la chaux contenue dans notre solution qui se combine avec quelque chose provenant de la chandelle. C'est là cet autre produit que nous cherchons et dont nous nous entretiendrons aujourd'hui. La substance inconnue se manifeste par son action. Nous savons que l'eau de chaux n'agit ni sur l'oxygène, ni sur l'azote, ni sur l'eau elle-même; donc, l'effet dont nous venons d'être témoins a pour cause un nouveau produit de la chandelle. Nous découvrons que cette poudre blanche, provenant du mélange de l'eau de chaux avec la vapeur de la chandelle, ressemble beaucoup à de la craie ou à du

blanc d'Espagne, et un examen attentif nous prouve que c'est en effet de la craie. Nous sommes donc arrivés, en étudiant les diverses particularités de cette expérience et en faisant remonter à ses diverses causes la production de cette craie, à une connaissance certaine de la nature de la combustion de la chandelle. Nous découvrons que cette substance qui s'échappe de la flamme est absolument la même que celle qui sortirait d'une cornue où je mettrais un peu de craie humide et que je chaufferais au rouge; il s'en dégagerait une substance tout à fait semblable à celle qui provient de la chandelle.

Mais nous avons le moyen de nous procurer plus facilement cette substance et en plus grande quantité, de manière à nous renseigner sur son caractère général. Nous la trouvons en abondance dans une foule d'endroits où vous ne vous attendriez sans doute pas à la rencontrer. Toutes les pierres à chaux contiennent beaucoup de ce gaz qui sort de la chandelle et que nous appelons *acide carbonique*. La craie, les coquillages,

le corail renferment une quantité considérable de cet air singulier. Nous le trouvons fixé dans ces minéraux, et c'est pour cela que le docteur Black l'a nommé « air fixe », — parce que, combiné dans le marbre, dans la craie, il perd sa qualité de gaz et prend la forme solide. Nous pouvons sans peine extraire ce gaz du marbre. Voici un vase qui contient un peu d'acide muriatique, et voici une lumière que j'introduis dans ce vase pour constater qu'il n'y a là que de l'air ordinaire. Vous voyez qu'il y a de l'air pur jusqu'au fond; le vase en est plein. Voici une substance, du marbre, — un très-beau marbre¹, — et dès que je place ces morceaux dans le vase, le tout a l'air de bouillir. Cependant ce n'est pas de la vapeur qui s'élève, et si j'examine de nouveau le vase avec ma lumière, j'obtiendrai absolument le même résultat que

1. Le marbre est un composé d'acide carbonique et de chaux. L'acide muriatique étant le plus fort prend la place de l'acide carbonique qui se dégage sous forme de gaz, tandis que le résidu forme du muriate de chaux ou chlorure de calcium.

celui que m'a donné l'air qui s'échappait de la cheminée posée sur la chandelle en combustion. C'est exactement le même effet, causé par la même substance; et c'est de cette façon que nous pouvons nous procurer de l'acide carbonique en abondance, — mon vase en est déjà plein. Nous verrons aussi que le marbre n'est pas la seule matière qui renferme ce gaz. Voici un vase où j'ai mis un peu de blanc d'Espagne — de la simple craie lavée dans de l'eau et débarrassée de ses molécules les plus grossières, telle qu'on la fournit aux vitriers. Voici donc un grand vase contenant du blanc d'Espagne et de l'eau; et nous avons là de l'acide sulfurique d'une certaine force.

Vous devrez sans doute employer l'acide sulfurique, si vous tentez de recommencer ces expériences; — seulement, lorsqu'on s'en sert pour agir sur la craie, la substance qui se produit est insoluble, tandis que l'acide muriatique donne une matière soluble qui n'épaissit pas beaucoup l'eau. Vous me demanderez probablement pourquoi je choisis ce genre d'appa-

rcil. La raison est bien simple. Je désire faire en grand ce que vous pourrez répéter sur une plus petite échelle. Vous aurez ici la même espèce d'action, et je dégage dans ce grand vase un acide carbonique qui possède absolument les mêmes propriétés que le gaz que nous avons obtenu au moyen de la combustion de la chandelle dans l'air. Peu importe la diversité des méthodes auxquelles nous avons recours pour préparer notre acide carbonique, — vous verrez, avant que nous ayons épuisé notre sujet, que cet acide ne varie pas, quelle que soit la manière dont on se le procure.

Procédons à l'examen de ce gaz. Quelle est sa nature? Ce vase est plein d'acide carbonique, que nous allons traiter comme nous avons traité beaucoup d'autres gaz, c'est-à-dire par la combustion. Vous voyez qu'il n'est pas combustible et qu'il ne favorise pas non plus la combustion. Nous savons aussi qu'il ne se dissout pas aisément dans l'eau, puisque nous le gardons sans peine au-dessus du liquide. En outre, vous n'ignorez pas qu'il

produit une action et qu'il blanchit lorsqu'on le met en contact avec l'eau de chaux. Vous vous souviendrez que, quand il blanchit de la sorte, il forme du carbonate de chaux ou de la pierre à chaux.

Je dois commencer par vous prouver qu'il peut en réalité se dissoudre un peu dans l'eau, et que, par conséquent, il diffère sous ce rapport de l'oxygène ou de l'hydrogène. J'ai là un appareil à l'aide duquel nous parviendrons à effectuer cette dissolution. Dans le bas de cet appareil, il y a du marbre et de l'acide, tandis que la partie supérieure contient de l'eau froide. Les vases sont disposés de telle façon que le gaz peut passer d'un compartiment dans l'autre. Je vais faire fonctionner l'appareil, et vous verrez le gaz monter en bouillonnant à travers l'eau, ainsi qu'il a fait pendant toute la nuit. Je crois que nous découvrirons qu'une portion de cette substance s'est déjà dissoute. Je prends un verre où je verse un peu de cette eau, et je trouve qu'elle laisse un goût aigre dans ma bouche ; c'est qu'elle est imprégnée d'acide

carbonique. Ajoutons-y un peu d'eau de chaux pour obliger l'acide à nous révéler visiblement sa présence. Vous voyez que l'eau de l'appareil a rendu l'eau de chaux trouble et blanchâtre, — ce qui nous démontre que ce verre contenait en effet de l'acide carbonique.

Vous saurez que ce gaz est très-pesant, plus pesant que l'air atmosphérique. J'ai inscrit sur ce tableau leur pesanteur respective, à la suite de celle des gaz que nous avons déjà examinés, afin de vous fournir un point de comparaison.

	Litre.
Hydrogène	05, 089
Oxygène	1, 430
Azote	1, 256
Air atmosphérique	1, 000
Acide carbonique	1, 967

Un litre d'acide carbonique pèse près de deux grammes, et un coup d'œil jeté sur ce tableau vous démontrera que c'est là un gaz assez lourd. Du reste nous pouvons nous en assurer au moyen de plus d'une expérience. Je prends

un verre, qui ne contient que de l'air et je cherche à y verser un peu de l'acide carbonique dont cet autre vase est plein. Pensez-vous que j'aie réussi? Les apparences ne nous disent rien; mais je puis obtenir une réponse en

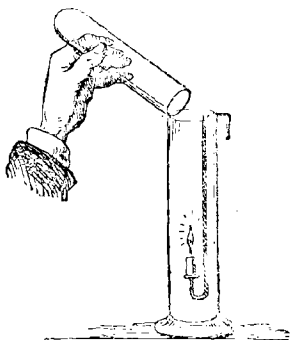


Fig. 48.

introduisant une lumière dans le verre. Oui, l'acide est là; vous le reconnaissez à l'effet produit, et si je soumettais le contenu à une seconde épreuve, l'eau de chaux me dénoncerait également la présence de l'acide carbonique. Je vais prendre ce petit baquet et le

plonger dans mon puits d'acide carbonique — malheureusement, il existe autour de nous trop de vrais puits d'acide carbonique. Maintenant, s'il y a de l'acide carbonique dans mon réservoir, je le tiens, il est là dans mon baquet, que nous examinerons avec un bout de

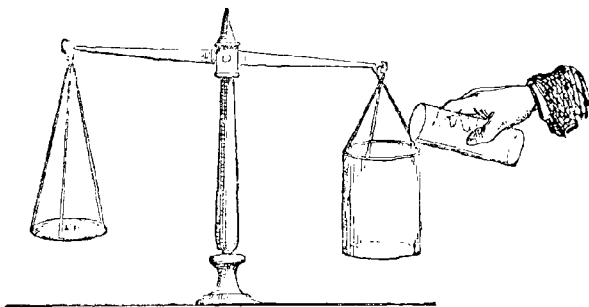


Fig. 49.

bougie. Vous voyez ce qui arrive ; ce vase est plein d'acide carbonique, car rien ne brûle.

Une autre expérience nous donnera le poids de ce gaz. Je me suis muni d'un flacon suspendu à l'une des branches d'une balance où il reste actuellement en équilibre ; mais dès que j'y verse de l'acide carbonique, le poids que j'ajoute

ainsi à l'air suffit pour faire monter le plateau opposé. En examinant ce flacon à l'aide de ma lumière, je m'assure que l'acide carbonique y est tombé; car le contenu n'est plus susceptible d'entretenir la combustion. Si je souffle une bulle de savon qui, naturellement, se remplit d'air, et que je la laisse tomber dans ce flacon d'acide carbonique, elle flottera. Je me servirai d'abord d'un de ces petits ballons de collodion. Je ne suis pas très-certain de l'endroit où se trouve l'acide carbonique; tâchons de découvrir son niveau, à quelle profondeur il se tient. Là, notre petit ballon flotte sur le gaz, et il s'élève à mesure que j'augmente la dose d'acide carbonique. Maintenant le flacon est presque plein, et je verrai si je puis souffler une bulle de savon capable de flotter là dedans de la même manière. (*Le professeur souffle une bulle qu'il laisse tomber dans l'acide carbonique.*) Elle nage à peu près au milieu du flacon parce qu'elle renferme de l'air et que l'air est moins lourd que l'acide carbonique.

Vous connaissez maintenant l'histoire de

cet acide en ce qui concerne sa production par la chandelle, ses propriétés physiques et sa pesanteur. Je compte, dans notre prochain entretien, vous montrer de quoi il se compose et de quelles sources il tire ses éléments.

SIXIÈME ENTRETIEN

SIXIÈME. ENTRETIEN.

Le carbone. — Gaz provenant du charbon de terre. —
Analogie qui existe entre la respiration et la combustion
d'une chandelle. — Conclusion.

Une dame qui honore ces entretiens de sa présence, a augmenté l'obligation que je lui en ai en m'adressant ces deux chandelles japonaises, fabriquées avec une substance dont je vous ai déjà parlé (voy. page 4). Vous remarquerez qu'elles sont encore plus ornées que les plus belles bougies françaises. A en juger par les apparences, ce sont des chandelles de luxe. Elles se distin-

..

guent d'ailleurs par une particularité qui mérite d'être signalée: elles ont une mèche creuse, cette utile modification qu'Argand a introduite dans la lampe. Ceux qui reçoivent de l'Orient des cadeaux de ce genre ne seront pas fâchés de savoir que, lorsque la surface d'une matière telle que celle-ci s'est ternie peu à peu, on peut lui rendre son éclat primitif en la frottant avec un linge propre ou avec un foulard, de façon à faire disparaître les rugosités. Ce procédé ravivera les couleurs. J'ai frotté ainsi l'une de ces chandelles; vous voyez la différence qui existe entre elle et l'autre, que je n'ai point polie, mais qu'il ne me serait pas difficile de rendre brillante. Vous remarquerez aussi que ces chandelles mouïées au Japon sont d'une forme conique plus prononcée que celle des produits de notre industrie européenne.

La dernière fois que nous nous sommes rencontrés, je vous ai beaucoup parlé de l'acide carbonique. Nous avons découvert que si la vapeur provenant d'une chandelle ou d'une lampe est recueillie dans un flacon, puis sou-

mise à l'épreuve de cette eau de chaux, dont je vous ai expliqué la composition et que vous pourrez préparer vous-mêmes, il se produit alors dans le récipient une opacité blanchâtre, qui n'a pas d'autre cause que la présence d'une matière calcaire, la même qu'on rencontre aussi dans les coquillages, dans le corail et dans une foule de minéraux. Mais je ne vous ai point fourni des détails clairs et explicites sur l'histoire chimique de cette substance, nommée acide carbonique, que la combustion nous a livrée. Il me faut donc revenir sur ce sujet. Après avoir reconnu les produits qui se dégagent de la chandelle, nous avons étudié leur nature. Nous avons remonté jusqu'aux sources élémentaires de l'eau : il nous reste à voir où se trouvent les éléments de l'acide carbonique fourni par la chandelle ; quelques expériences suffiront pour nous renseigner à cet égard. Vous vous rappelez qu'une chandelle qui brûle mal donne de la fumée, mais qu'il n'y a pas de fumée si la chandelle brûle bien. Vous n'ignorez pas non plus que l'état de la flamme est

dû à cette fumée devenue incandescente. Voici une expérience qui ne vous laissera aucun doute à cet égard. Tant que la fumée reste dans la flamme de la chandelle et s'y consume, elle émet une belle lueur et ne se montre jamais à nous sous forme de molécules noires. Je vais mettre le feu à un combustible qui brûle d'une manière extravagante, mais qui me servira d'autant mieux pour ce que je me propose de démontrer. J'allume un peu de térébenthine¹ sur une éponge. Vous voyez la fumée qui s'en élève flotter en grandes quantités dans l'air. Rappelez-vous maintenant que l'acide carbonique fourni par la chandelle vient d'une fumée pareille. Afin de vous en convaincre, j'introduis cette térébenthine qui brûle sur mon éponge dans un flacon où il y a abondance d'oxygène, et vous voyez que toute la fumée se consume. Vous comprenez ce qui arrive. Le carbone qui s'échappe de la flamme

1. La térébenthine est une sorte de résine qu'on obtient par incision d'un pistachier sauvage nommé térébinthe.

de térébenthine est entièrement brûlé dans cet oxygène ; de sorte que nous arrivons au moyen de cette expérience grossière et peu durable, à la même conclusion, au même résultat que ceux que nous avons obtenus par la combustion de la chandelle. Mon expérience manque sans doute de délicatesse ; mais j'y ai eu recours parce que je désirais procéder d'une façon assez simple pour vous permettre de suivre sans peine le fil de mon raisonnement, pour peu que vous ne fussiez pas distraits. Tout le carbone qui brûle dans l'oxygène ou dans l'air forme de l'acide carbonique, tandis que les molécules qui ne brûlent pas nous donnent la seconde substance dont se compose l'acide carbonique, c'est-à-dire le carbone, ce corps qui rend la flamme si brillante lorsque l'air abonde, mais dont la flamme rejette une partie, quand il n'y a pas assez d'oxygène pour consumer le tout.

J'ai aussi à vous expliquer un peu plus clairement l'histoire du carbone et de l'oxygène, quand ils se réunissent pour former de l'acide

carbonique. Vous êtes plus aptes à la comprendre que vous ne l'étiez il y a peu de temps, et j'ai préparé trois ou quatre expériences comme preuves à l'appui. Ce flacon est rempli d'oxygène, et voici du carbone qu'on a mis dans un creuset afin de le chauffer au rouge. Je tiens mon flacon bien sec, et je me hasarde à vous soumettre un résultat imparfait sous certains rapports, afin de rendre l'expérience plus brillante. Je vais mêler l'oxygène et le carbone. Vous reconnaîtrez que c'est là du carbone, du charbon de bois pulvérisé, à la façon dont il brûlera dans l'air. (*Le professeur laisse tomber hors du creuset un peu de charbon rougi.*) Je m'apprête à le faire brûler dans ce gaz oxygène. Vous voyez la différence ! De loin, il vous paraît brûler avec flamme ; mais il n'en est rien. Chaque molécule de charbon forme une étincelle, et tandis qu'elle brûle ainsi, elle produit de l'acide carbonique. Je désire vous prouver au moyen de ces deux ou trois expériences que le carbone brûle de la manière que je viens d'indiquer et ne donne

pas de flamme ; c'est là un fait sur lequel j'appuierai tout à l'heure.

Au lieu de prendre une quantité de molécules de carbone, je vais en faire brûler un assez grand morceau dont votre regard peut saisir la forme et la grosseur, ce qui vous permettra de mieux suivre les effets de la combustion. Voici un flacon d'oxygène et voici un morceau de charbon auquel j'ai attaché un petit bout de bois que j'allumerai pour mettre la combustion en train ; car sans le bois j'aurais assez de peine à provoquer l'incendie. Vous voyez maintenant le charbon qui brûle, mais non pas comme une flamme. S'il y a une flamme, elle est aussi petite que possible et j'en sais la cause, elle provient de la formation d'un peu d'oxyde de carbone tout près de la surface du carbone. Le combustible continue à brûler, ainsi que vous vous en apercevez, produisant avec lenteur de l'acide carbonique, grâce à l'union du carbone ou du charbon (ce sont là des termes équivalents) avec l'oxygène. J'ai ici un autre morceau de charbon de bois, un morceau d'écorce qui pos-

sède la propriété d'éclater, de s'émietter en brûlant. Par l'effet de la chaleur nous réduirons la masse de carbone en molécules qui s'envoleront ; néanmoins, chaque molécule brûlera, aussi bien que le premier morceau, de la même façon singulière : autrement dit, sans donner de flamme. Vous remarquerez qu'il se produit une multitude de petites combustions, mais qu'il n'y a aucune flamme. Je ne connais pas de plus belle expérience pour démontrer que le carbone brûle à l'état d'étincelles.

Voilà donc de l'acide carbonique formé par la réunion de ses éléments. Il se produit immédiatement, et si nous l'examinions à l'aide de l'eau de chaux, nous découvririons que nous avons là la même substance que celle que je vous ai déjà décrite. En mêlant un poids de 6 parties de carbone (du carbone provenant de la flamme de la chandelle ou du charbon en poudre, peu importe), avec un poids de 16 parties d'oxygène, nous aurions 22 parties d'acide carbonique ; et, ainsi que nous l'avons

vu, ces 22 parties d'acide carbonique combinées avec 28 parties de chaux, forment du carbonate de chaux ordinaire. Prenez une coquille d'huître, décomposez-la, puis pesez les divers produits de votre analyse, et vous trouverez que sur 50 parties, il y a 6 parties de ce carbone et 46 parties d'oxygène combinées avec 28 parties de chaux. Mais je ne veux pas vous fatiguer avec ces minuties; nous ne devons traiter notre sujet qu'à un point de vue.

Voyez avec quelle régularité admirable le carbone se dissout. (*Le professeur indique le gros morceau de charbon qui brûle tranquillement dans le flacon d'oxygène.*) On peut dire que le charbon se dissout en effet dans l'air qui l'environne; et si ce charbon était parfaitement pur, il ne resterait aucune espèce de résidu. Lorsqu'on emploie un morceau de charbon exactement purifié, et il est très-facile de l'obtenir tel, la combustion ne laisse pas de cendres. Le carbone, qui brûle à la façon des corps denses, dont la chaleur seule ne saurait détruire la solidité, se dégage pourtant sous forme d'une va-

peur qui ne se condense jamais, qui ne devient jamais liquide ni solide dans les conditions ordinaires. Ce qu'il y a de plus curieux dans ce fait, c'est que l'oxygène ne change pas de volume après avoir reçu la solution de carbone. Il conserve absolument le même volume qu'auparavant, ni plus ni moins; seulement il s'est transformé en acide carbonique.

Il est une autre expérience que je dois vous montrer afin de vous faire connaître à fond la nature de l'acide carbonique. Puisque nous avons affaire à un corps composé, formé de carbone et d'oxygène, nous devons posséder les moyens de séparer ces deux substances. En effet, nous pouvons faire avec l'acide carbonique ce que nous avons fait avec de l'eau, nous pouvons le décomposer. Le procédé le plus rapide et le plus simple sera d'agir sur l'acide carbonique à l'aide d'une substance capable de dégager l'oxygène; car dès que ce gaz aura disparu il ne restera plus que le carbone. Vous vous rappelez que lorsque j'ai posé du potassium sur un morceau de glace, le métal

a séparé l'oxygène de l'hydrogène. Eh bien, tâchons de traiter cet acide carbonique de façon à obtenir un résultat du même genre. Vous savez que l'acide carbonique est un gaz pesant : je ne le soumettrai pas à l'épreuve de l'eau de chaux, qui pourrait contrecarrer nos expériences subséquentes ; mais nous connaissons la pesanteur de ce gaz et la propriété qu'il possède d'éteindre la flamme : je crois que ces qualités suffiront pour nous guider dans nos opérations. J'introduis une flamme dans le gaz, et vous verrez si elle cessera ou non de brûler. La lumière s'éteint, ainsi que vous vous y attendiez. Peut-être même le gaz sera-t-il de force à éteindre le phosphore qui, vous le savez, brûle avec assez de vivacité. Voici un morceau de phosphore porté à un haut degré de chaleur. Je l'introduis dans ce gaz, et vous remarquez que la combustion ne continue pas ; seulement, il se rallume dans l'air, parce que l'air fournit l'aliment que le phosphore ne trouve pas dans le flacon. Maintenant prenons un morceau de potassium, une substance qui agit sur l'acide carbonique même

à la température ordinaire, quoique dans ces conditions elle ne soit pas susceptible de produire tout l'effet que nous désirons obtenir, à cause de l'enveloppe protectrice dont elle ne tarde pas à s'entourer. Mais si nous la chauffons au point de la faire brûler dans l'air, — et rien ne nous en empêche, puisque nous venons également de chauffer le phosphore, — vous verrez qu'elle brûlera dans l'acide carbonique. Si elle brûle, elle brûlera en s'emparant de l'oxygène, de sorte que nous saurons ce qu'elle laisse derrière elle. Je vais donc brûler le potassium dans l'acide carbonique afin de vous démontrer la présence de l'oxygène dans cet acide. (*Le professeur commence par chauffer un morceau de potassium qui fait explosion.*) Nous tombons parfois sur un morceau de potassium qui nous joue de ces vilains tours en brûlant. Je vais en choisir un autre morceau, et maintenant qu'il est chauffé, je l'introduis dans le flacon. Vous voyez qu'il brûle dans l'acide carbonique, pas aussi bien que dans l'air, parce que l'acide carbonique contient l'oxygène combiné ; mais il

brûle néanmoins et s'empare de l'oxygène. Maintenant si je place ce potassium dans l'eau, je trouve qu'outre la potasse (dont vous n'avez pas à vous préoccuper) il se dépose une quantité de carbone. Je viens de faire l'expérience d'une façon très-grossière; mais je vous assure que si j'y mettais beaucoup de soin, si au lieu de cinq minutes j'y consacrais toute une journée, nous aurions, dans la cuiller ou à l'endroit où le potassium a brûlé, la proportion voulue de carbone, de sorte qu'il n'existerait aucun doute quant au résultat. Voici donc le carbone tiré de l'acide carbonique et qui se révèle sous la forme de cette substance noire que chacun connaît. Nous avons donc une preuve palpable de la nature de l'acide carbonique; nous voyons qu'il se compose de carbone et d'oxygène. Et maintenant, je dois ajouter que partout où le carbone brûle dans des conditions ordinaires, il produit de l'acide carbonique.

Je prends ce morceau de bois et je le mets dans une bouteille d'eau de chaux. J'ai beau remuer cette eau de chaux avec le bois ou la

secouer, elle n'en reste pas moins limpide. En sera-t-il de même si je brûle le morceau de bois dans l'atmosphère de cette bouteille ? Vous savez, cela va sans dire, que j'obtiendrai de l'eau. Obtiendrai-je aussi de l'acide carbonique ? Oui, le voilà ; c'est-à-dire voilà le carbonate de chaux qui résulte de l'acide carbonique, et cet acide carbonique doit avoir été formé par ce carbone qui vient du bois, de la chandelle ou d'un autre combustible. Vous-mêmes, vous avez sans doute plus d'une fois essayé une très-jolie expérience qui décele la présence du carbone dans le bois. Si vous allumez un morceau de bois et que vous l'éteignez bientôt après, il vous reste du carbone. Il est des substances où le carbone ne se montre pas ainsi. Une chandelle contient du carbone, mais on ne le voit pas. Voici un flacon de gaz de charbon de terre qui produit en abondance de l'acide carbonique : vous n'apercevez pas le carbone, quoiqu'il me soit facile de vous le rendre visible. Je vais y mettre le feu et tant que ce cylindre contiendra du gaz, la

combustion ne s'arrêtera pas. Vous ne voyez pas le carbone, mais vous voyez une flamme, et l'éclat de cette flamme vous fera deviner la présence du carbone. Je puis vous le prouver à l'aide d'un autre procédé. J'ai, dans un second flacon, une quantité de ce même gaz mêlé avec un corps qui brûlera l'hydrogène du gaz sans brûler le carbone. J'y introduis une lumière, et vous vous apercevez que l'hydrogène se consume, tandis que le carbone reste là sous forme d'une épaisse fumée noire. J'espère que ces trois ou quatre expériences vous auront appris à reconnaître la présence du carbone et à comprendre quels sont les produits de la combustion, lorsqu'un gaz ou d'autres corps se consomment dans l'air.

Avant de passer outre, je ferai encore quelques remarques et quelques expériences relatives au rôle merveilleux que le carbone remplit dans la combustion ordinaire. Je vous ai déjà montré que le carbone, qui ne brûle qu'à l'état de corps solide, cesse pourtant d'être solide lorsqu'il a fini de brûler. Il est très-

peu de combustibles qui agissent de cette manière. La vaste source de combustibles représentée par les corps carboneux, par le charbon de terre, le charbon de bois ou le bois, offre seule cette particularité. En dehors du carbone, je ne connais aucune substance élémentaire qui brûle dans les conditions que je viens d'indiquer. S'il en eût été autrement, que serait-il arrivé ? Supposons que tous les combustibles eussent ressemblé au fer, qui, lorsqu'il brûle, ne cesse pas de former une substance solide : dans ce cas, nous n'aurions jamais pu obtenir une combustion pareille à celle qui brille dans cette cheminée. Voici une autre espèce de combustible qui brûle très-bien — aussi bien, sinon mieux que le carbone — si bien même qu'il s'enflamme tout seul quand on le met en contact avec l'air, ainsi que vous le voyez. (*Le professeur brise un tube rempli de pyrophore de plomb.*) Cette substance est du plomb, et vous voyez la merveilleuse puissance de combustion qu'elle possède. Elle est très-divisée et ressemble en cela au char-

bon de terre empilé sous une cheminée : l'air peut arriver à la surface et se glisser à l'intérieur, — aussi brûle-t-elle. Mais pourquoi ne brûle-t-elle plus de même maintenant qu'elle est réunie en un tas ? (*le professeur vide le contenu du tube sur une assiette en fer, où il forme un tas*) tout simplement parce que l'air ne peut plus y arriver aussi aisément. Bien qu'il soit capable de produire une grande chaleur — ce degré de chaleur dont nous avons besoin parfois, dans nos fourneaux et dans nos chaudières, — le combustible qui a donné ce résultat ne saurait se dégager de la partie inférieure qui ne brûle pas parce qu'elle n'arrive pas à se trouver en contact avec l'atmosphère. Quelle différence entre ce corps et le carbone ! Le carbone brûle absolument de la même façon que ce plomb et émet une chaleur intense dans le foyer où il se consume ; seulement le produit de sa combustion s'en va dans l'air et le résidu du carbone reste pur. Je vous ai montré comment le carbone se dissout dans l'oxygène sans laisser de cendre ; tandis qu'ici (*le pro-*

fesseur désigne le tas de pyrophore) nous avons en réalité plus de cendres que de combustible, car le résidu est devenu plus lourd en raison de l'oxygène qui s'est combiné avec lui. Vous voyez donc la différence qui existe entre le carbone et le plomb ou entre le carbone et le fer, pour peu que vous aimiez mieux le comparer à ce dernier métal, qui nous fournit de si merveilleux effets, soit de lumière, soit de chaleur. Si, lorsque le carbone brûle, le produit s'en allait sous la forme d'un corps solide, vous auriez vu cette salle se remplir d'une substance opaque, ainsi que cela arrive avec le phosphore. Au contraire, quand le carbone brûle, tout monte et passe dans l'atmosphère; avant la combustion, il se trouve à l'état fixe, et il paraît presque impossible à transformer; mais après la combustion, il est changé en un gaz qu'il est très-difficile (bien que nous y soyons parvenus) de produire à l'état liquide ou solide.

Je passe maintenant à une partie fort intéressante de notre sujet, — aux rapports qui

existent entre la combustion d'une chandelle et cette sorte de combustion vivante qui s'effectue au dedans de nous. Dans le corps de chacun de nous s'opère une combustion qui ressemble beaucoup à celle de la chandelle et que je veux tâcher de vous expliquer. La comparaison que certains auteurs ont établie

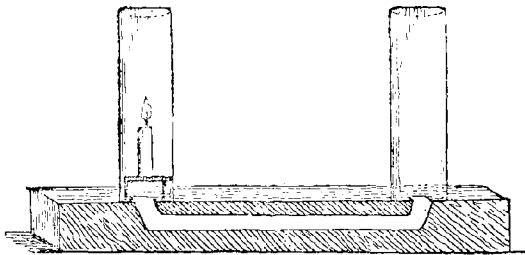


Fig. 50.

entre la vie humaine et un flambeau est simple métaphore poétique; mais si vous voulez bien me prêter un peu d'attention, je crois que je puis la justifier. J'ai imaginé un petit appareil que je n'aurai pas de peine à construire sous vos yeux. Voici une planche dans laquelle on a taillé un petit sillon que je puis

fermer par en haut au moyen d'un couvercle; ce qui me permet d'établir un canal de communication entre les deux cylindres de verre que je place de chaque côté de ma planche. La voie reste donc libre entre les deux verres. Je place une chandelle ou une bougie dans l'un des tubes; vous voyez qu'elle brûle, qu'elle brûle même très-bien. Vous remarquez que l'air qui alimente la flamme descend le long du cylindre vide, passe le long de la galerie creusée dans le bois et remonte dans l'autre tube où se trouve la chandelle. Je bouche l'ouverture par laquelle l'air pénètre, et vous vous apercevez qu'il n'en faut pas davantage pour arrêter la combustion. J'intercepte ainsi la provision d'air, et par conséquent la chandelle s'éteint. Quelle conclusion devons-nous tirer de ce fait? Dans une expérience précédente, je vous ai montré l'air allant d'une chandelle à une autre. Si je prenais l'air provenant d'une chandelle allumée, et si, à l'aide d'un arrangement assez compliqué, je l'obligeais à descendre dans le second cylindre, j'éteindrais la bougie

que vous voyez brûler en ce moment. Mais que penseriez-vous si je vous disais que mon haleine suffit pour éteindre cette chandelle? Notez qu'il ne s'agit nullement de souffler sur la flamme; je veux simplement vous donner à entendre que mon haleine est de nature à l'éteindre. Je vais tenir ma bouche sur l'ouverture du tube vide, et sans souffler le moins du monde, je n'y laisserai entrer que l'air qui sortira de ma poitrine. Vous voyez le résultat. Je n'ai pas soufflé cette chandelle, je me suis borné à envoyer de l'autre côté l'air que j'ai exhalé, et il a eu pour effet d'éteindre la lumière. L'oxygène manquait, voilà tout. Mes poumons ont enlevé l'oxygène de l'air, de sorte qu'il n'en est plus resté pour alimenter la combustion. Remarquez le temps qu'il a fallu pour que l'air vicié arrivât dans l'autre tube. La chandelle tout d'abord a continué à brûler; mais dès que mon haleine est parvenue jusqu'à elle, la lumière s'est éteinte.

Maintenant, je vais vous montrer une autre expérience du même genre, car il s'agit d'un

--

point important de notre sujet. Voici un flacon qui contient de l'air pur, ainsi que nous nous en assurerons en y faisant brûler une chandelle ou un jet de gaz. Je le bouche, et au moyen d'un tube, je pourrai m'arranger de façon à aspirer l'air. En plaçant cet air sur l'eau — vous voyez comment je m'y prends pour cela — je



Fig. 51.

me trouve à même, pourvu que le flacon soit bien bouché, de l'attirer dans mes poumons et de le rejeter dans le vase. Nous pourrons ensuite l'examiner et voir le résultat obtenu. Vous avez remarqué que j'ai enlevé l'air, puisque je l'ai

renvoyé, ainsi que l'a prouvé le mouvement ascendant et descendant de l'eau. Maintenant plaçons une lumière dans cet air pour découvrir dans quel état il se trouve. La lumière s'éteint! Une seule inspiration, vous le voyez, a complètement dénaturé cet air, de sorte qu'il est inutile que je le respire une seconde fois. Vous comprenez, en face de ce résultat, pourquoi il importe de changer la disposition de beaucoup de logis habités par les classes les plus pauvres et où l'on respire plusieurs fois le même air, faute d'une provision suffisante, c'est-à-dire faute d'une ventilation convenable qui renouvelle l'atmosphère. Vous voyez à quel point une seule inspiration vicie l'air, et vous comprendrez par là combien l'air pur est essentiel à l'homme.

Poussons plus loin nos recherches et soumettons l'eau de chaux à une épreuve semblable. Voici un globe qui renferme un peu d'eau de chaux, et dont les tuyaux sont arrangés de façon à nous permettre d'arriver à l'intérieur, afin d'étudier quel effet l'air pur et l'air que

nous aurons respiré produira sur cette eau. Il est clair que je puis, au moyen de ce tube (A), aspirer l'air et obliger ainsi l'air qui entre dans mes poumons à passer par l'eau de chaux; ou bien, grâce à cet autre tube (B) qui va jusqu'au fond de la bouteille, je puis obliger l'air

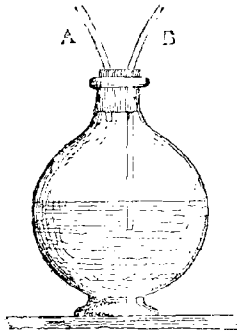


Fig. 52.

qui sort de mes poumons à nous montrer comment il agira sur l'eau de chaux. Vous remarquerez que tant que je me serai borné à attirer l'air dans l'eau de chaux et de là dans mes poumons, je ne produirai aucun effet sur le liquide. — Vous voyez qu'il ne se trouble

pas; mais si je lance l'air de mes poumons à travers l'eau de chaux à plusieurs reprises, elle prendra une teinte blanchâtre et laiteuse qui démontrera combien l'air modifié par la respiration agit sur elle. Vous devez commencer à reconnaître que cette atmosphère viciée par

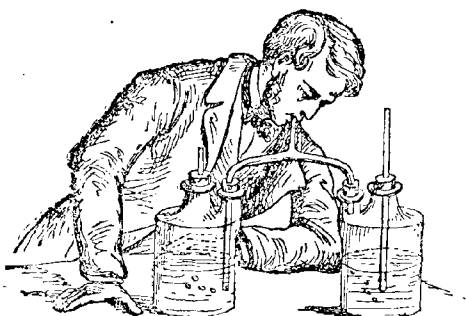


Fig. 53.

la respiration a été gâtée par l'acide carbonique, car vous le retrouvez ici en contact avec l'eau de chaux.

J'ai là deux bouteilles dont l'une contient de l'eau de chaux et l'autre de l'eau ordinaire. Elles sont garnies de tubes qui passent dans

les bouteilles et les réunissent. Mon appareil est très-grossier, mais fort utile néanmoins. Si je mets en réquisition ces deux bouteilles, aspirant par ici, exhalant par là, la disposition des tubes empêchera l'air d'aller en arrière. L'air que j'aspirerai ira dans ma bouche et dans mes poumons, puis au sortir de ma poitrine passera à travers l'eau de chaux. — de sorte que je pourrai continuer à respirer et poursuivre une expérience d'une nature très-délicate qui nous fournira des résultats convaincants. Vous avez remarqué que l'air pur n'a pas eu d'action sur l'eau de chaux; dans le cas actuel, ma respiration seule arrive à cette eau et le liquide se trouble. Vous voyez la différence.

Allons un peu plus avant dans notre sujet, Quel est ce procédé qui opère en nous, sans lequel nous ne saurions exister, qui ne s'arrête ni le jour ni la nuit, et que l'Auteur de toutes choses a rendu indépendant de notre volonté? Si nous retenions notre respiration, — et cela nous serait possible jusqu'à un certain point, — nous nous détruirions. Lorsque nous dormons,

les organes de la respiration et les parties de notre corps qui se trouvent en rapport avec ses organes n'interrompent point leur travail, tellement le procédé de la respiration, le contact de l'air avec nos poumons nous est nécessaire. Il faut que je vous dise, en aussi peu de mots que possible, ce que c'est que ce travail de la respiration. La nourriture que nous consommons traverse au dedans de nous un étrange ajustement de canaux et d'organes; elle passe dans diverses parties de notre individu, surtout dans les organes digestifs. Une portion des aliments transformés circule dans nos poumons par un assemblage de vaisseaux, tandis que l'air que nous aspirons ou que nous exhalons est attiré ou rejeté par un second assemblage de vaisseaux, de sorte que l'air et la nourriture se trouvent tout près l'un de l'autre, n'étant séparés que par une surface des plus minces; l'air peut donc agir sur le sang par suite de ce rapprochement, et il produit là absolument le même genre de résultats que ceux que nous avons remarqués dans la chandelle. La

chandelle se combine avec certaines parties de l'air, formant de l'acide carbonique et dégageant de la chaleur; un travail semblable, non moins curieux, non moins merveilleux, a lieu dans nos poumons. L'air qui y pénètre se combine avec le carbone (non pas avec du carbone à l'état libre, mais avec du carbone placé là à point nommé, prêt à agir au moment voulu), et forme de l'acide carbonique qui est rejeté dans l'atmosphère. Résultat singulier! Nous pouvons regarder la nourriture comme un combustible. Permettez-moi de prendre ce morceau de sucre qui me servira d'exemple. Le sucre est un composé de carbone, d'hydrogène et d'oxygène; il renferme donc les mêmes éléments que la chandelle, bien que les proportions soient différentes dans les deux corps, ainsi que vous le démontre ce tableau :

SUCRE.

Carbone	72	} 99
Hydrogène.	11	
Oxygène.	88	

C'est là un fait vraiment curieux, que vous

n'aurez nulle peine à vous rappeler, car nous retrouvons l'oxygène et l'hydrogène dans les mêmes proportions que dans l'eau, de sorte qu'on peut dire que le sucre se compose de 72 parties de carbone et de 99 parties d'eau; et c'est le carbone du sucre qui se combinera avec l'oxygène fourni par l'air dans le travail de la respiration, nous faisant ressembler à des chandelles, produisant la chaleur et d'autres résultats bien plus merveilleux encore, pourvoyant à la réparation de notre individu à l'aide d'un procédé aussi simple que admirable. Afin que ce fait vous frappe davantage, je prendrai un peu de sucre; ou plutôt, pour rendre l'expérience plus rapide, j'emploierai du sirop qui contient environ trois quarts de sucre et une légère quantité d'eau. Si je verse de l'huile de vitriol sur le sirop, elle enlèvera l'eau et laissera une masse noire que vous reconnaîtrez pour du carbone. (*Le professeur fait l'expérience.*) Vous voyez le carbone se produire, et avant peu nous aurons une masse solide de charbon, provenant tout entière du sucre. Le

sucre, vous le savez, est un aliment, et nous le retrouvons ici sous la forme d'un morceau de charbon. Vous ne vous seriez pas attendus à cela. Et si je m'arrange de façon à oxyder le carbone de sucre, nous obtiendrons un résultat bien plus remarquable. Voici le sucre, et j'ai ici un oxyde qui agira plus promptement que l'atmosphère. Nous oxyderons ce combustible par un procédé qui diffère par sa forme, mais non par sa nature, de celui de la respiration. C'est la combustion du carbone provoquée par le contact de l'oxygène que ce corps lui fournit. Dès que je le mettrai en réquisition, vous verrez la combustion se manifester. Ce qui arrive dans mes poumons, qui empruntent l'oxygène à une autre source, c'est-à-dire à l'atmosphère, se reproduit exactement sous vos yeux par un procédé plus rapide.

Vous vous étonnerez lorsque je vous aurai dit à quel chiffre s'élève la production de cette substance singulière qu'on nomme le carbone. Une chandelle brûlera pendant quatre, cinq, six ou même pendant sept heures. Figurez-

vous donc la quantité de carbone qui s'élève chaque jour dans l'air sous forme carbonique ! Quelle quantité de carbone s'exhale dans la respiration de chacun de nous ! Quels merveilleux changements s'opèrent par suite de la combustion ou de la respiration ! En vingt-quatre heures, un homme ne convertit pas moins de sept onces de carbone en acide carbonique ! Par le seul acte de la respiration, un cheval, une vache laitière en dépenseront soixante-dix-neuf onces. Cela revient à dire, que le cheval et la vache, en vingt-quatre heures, brûlent soixante-dix-neuf onces de charbon ou de carbone dans leurs organes respiratoires, afin d'entretenir pendant ce laps de temps la chaleur actuelle. Tous les animaux à sang chaud maintiennent ainsi leur chaleur, par la conversion du carbone qui, chez eux, ne se trouve pas à l'état libre, mais dans un état de combinaison. Quelle idée extraordinaire cela nous donne des transformations qui ont lieu dans notre atmosphère. A elle seule, la respiration des habitants de Londres forme

5 000 000 livres ou 548 tonnes d'acide carbonique en vingt-quatre heures. Et où va tout cet acide? Il se disperse dans l'air. Si le carbone ressemblait au plomb que je vous ai montré ou au fer qui, en brûlant, produit une substance solide, qu'advierait-il? La combustion serait entravée. Lorsque le charbon brûle, il se change en gaz et passe dans l'atmosphère, qui est le grand véhicule, le puissant commissionnaire, chargé de le transporter ailleurs. Où donc va-t-il? On s'émerveille quand on découvre que le changement opéré par la respiration, qui semble si nuisible à l'homme (car nous ne pouvons respirer le même air une seconde fois), est justement ce qui fait vivre et soutient les plantes ou les légumes qu'on voit pousser sur la surface de la terre. Une transformation pareille a lieu sous la surface, dans les grands volumes d'eau : car les poissons et d'autres animaux respirent d'après les mêmes principes que nous, bien qu'ils ne se trouvent pas exactement en contact avec l'air libre.

Les poissons que voilà (*le professeur indique un bocal où nagent des poissons rouges*) respirent au moyen de l'oxygène emprunté à l'air et dissous par l'eau : ils forment de l'acide carbonique et concourent à la grande œuvre dans laquelle le règne animal et le règne végétal se prêtent une assistance mutuelle. Toutes les plantes qui se montrent à la surface de la terre, comme celle que j'ai apportée ici pour servir d'exemple, absorbent du carbone ; ces feuilles sont en train de prendre à l'atmosphère le carbone que nous y avons répandu sous forme d'acide carbonique ; elles ont besoin de cet aliment pour vivre et prospérer. Donnez-leur un air pur, tel que celui que nous respirons, et elles ne tarderont pas à dépérir ; tandis que si vous leur fournissez du carbone et certaines autres substances, elles vivront et prospéreront. Ce morceau de bois tire aussi tout son carbone de l'atmosphère, imitant en cela les arbres et les plantes. L'air emporte donc, ainsi que nous l'avons vu, ce qui est mauvais pour nous et bon pour la feuille. Ce qui nous ren-

drait malades entretient ailleurs la santé. Donc, nous ne dépendons pas seulement de nos semblables, mais de tout ce qui existe autour de nous, la nature entière se tenant par des lois qui veulent que telle partie devienne utile à telle autre.

Il est un autre point que je désire signaler à votre attention avant de terminer nos entretiens; un point qui touche à l'ensemble des opérations dont nous nous sommes occupés, qui se rattache d'une façon fort curieuse à l'histoire des corps qui nous intéressent le plus, l'oxygène, l'hydrogène, le carbone dans les diverses phases de leur existence. Je vous ai montré tantôt du plomb en poudre que j'ai fait brûler; et vous avez remarqué que ce combustible est devenu incandescent dès que je l'ai mis en contact avec l'air, même avant de tomber hors du tube de verre où il se trouvait enfermé; dès que l'air s'est glissé près du plomb, ce dernier a pris feu. Or, c'est là un cas d'affinité chimique qui a eu son pendant dans toutes nos expériences. Lorsque nous res-

pirons, la même opération a eu lieu au dedans de nous. Vous avez vu, dans la combustion du pyrophore de plomb, un bel exemple d'affinité chimique. Si les produits de la combustion s'étaient dégagés de la surface du plomb, ce dernier aurait brûlé jusqu'au bout ; mais vous vous rappelez que nous avons noté cette différence entre le charbon et le plomb. Tandis que le plomb peut s'enflammer tout de suite, dès que l'air se trouve en contact avec lui, le charbon attendra pendant des journées entières, pendant des semaines, des mois, des années. On a découvert dans les ruines d'Herculanum des manuscrits dont les caractères ont été tracés avec de l'encre carbonique, et au bout de plus de dix-huit cents ans, l'air atmosphérique n'a pas fait pâlir l'écriture, bien qu'il se soit trouvé en contact avec les manuscrits en diverses circonstances. A quoi tient donc la différence qui existe sous ce rapport entre le plomb et le carbone ? N'est-ce pas une chose merveilleuse de voir avec quelle patience la matière destinée à remplir l'office de com-

bustible attend avant d'agir? Le carbone ne se met pas à brûler tout de suite dans l'air, comme ce plomb et beaucoup d'autres substances que j'aurais pu vous montrer, mais dont je n'ai pas voulu encombrer ma table. Le carbone ne les imite pas, il attend, et, je le répète, c'est là une chose très-curieuse. Nos chandelles, ces chandelles du Japon, par exemple, ne s'allument pas tout d'un coup comme le plomb ou le fer (car le fer divisé en molécules très-fines donne le même résultat que le plomb); elles attendront pendant des années, peut-être pendant des siècles sans subir aucune transformation. J'ai ici une provision de gaz, de houille. Ce bec laisse échapper le gaz, vous voyez pourtant qu'il ne s'enflamme pas; il se répand dans l'air; mais, pour s'allumer, il attend qu'il soit devenu assez chaud. Si je le chauffe suffisamment, il prendra feu. Si je le souffle, le gaz qui sort librement ne nous éclairera de nouveau que lorsque j'en aurai approché une seule allumette. Ne vous étonnez-vous pas de voir certaines substances at-

tendre ainsi le moment d'agir? Les unes attendent que la température se soit un peu élevée, tandis que les autres sont bien loin de se contenter d'une légère augmentation de chaleur. J'ai ici de la poudre ordinaire et du coton-poudre¹. Eh bien, ces deux poudres ne brûlent pas dans des conditions identiques. La poudre à canon est composée de carbone et d'autres matières combustibles, et le coton-poudre est une préparation non moins inflammable. Tous deux attendent nos ordres; mais il faut différents degrés de chaleur pour les faire agir. En leur appliquant ce fil de fer chauffé, nous verrons laquelle partira la première. (*Le professeur touche la poudre-coton avec un fil de fer chauffé.*) Le coton-poudre a donné un bon exemple; mais vous remarquez que la partie la plus chaude de mon fil de fer

1. La poudre de guerre se compose de 78 parties de salpêtre, 12 parties de charbon et 10 parties de soufre. Le coton-poudre, ou fulmi-coton, inventé en 1846 par un chimiste allemand nommé Schænbein, est tout simplement du coton non cardé, trempé dans de l'acide azotique très-concentré, puis séché au grand air.

..

n'a pas assez de chaleur pour mettre le feu à la poudre à canon. Vous avez là un admirable exemple de la façon variée dont certaines substances agissent. Tantôt la substance attendra que les éléments dont elle se compose aient été rendus actifs par l'effet de la chaleur; tantôt, comme dans le travail de la respiration, il n'y aura aucun retard. Dès que l'air pénètre dans nos poumons, il se combine avec le carbone; sous la température la plus basse [que le corps humain soit capable de supporter sans se congeler, l'action commence immédiatement, produisant l'acide carbonique qui s'échappe de notre poitrine. Vous voyez donc quelle analogie frappante il y a entre la respiration et la combustion. Je ne saurais même mieux terminer nos entretiens (car, tôt ou tard, il faut que chaque chose ait une fin), qu'en exprimant le désir que vous puissiez, dans votre génération, mériter d'être comparés à une chandelle; que vous puissiez, vous aussi, briller comme une lumière pour ceux qui vous entourent; que vous puissiez, partout et tou-

jours, remplir dignement votre rôle, en vous acquittant à votre honneur de vos devoirs envers vos semblables.

Nous sommes heureux de pouvoir faire suivre *l'Histoire d'une chandelle*, de Michel Faraday, par les notes sur l'*Acide stéarique*, sur les *Lampes*, sur l'*Éclairage au gaz* et sur les *Lumières éblouissantes*. Ces précieuses notes de M. Henri Sainte-Claire Deville, écrites expressément pour cette édition, complètent ainsi l'histoire de la lumière et de tous les phénomènes qui s'y rapportent.

Les Éditeurs,

J. H.

L'ACIDE STEARIQUE.

L'ACIDE STÉARIQUE.

Les graisses de tous les animaux sont aux yeux des chimistes des substances presque identiques. Composées essentiellement des mêmes éléments, elles ne diffèrent entre elles que par la proportion de ces éléments. Ainsi, le suif du mouton, la graisse du bœuf et le saindoux du porc, quoique faciles à distinguer entre eux par les personnes qui s'y connaissent, sont chimiquement identiques ou à très-peu près. Il en est de même des huiles végétales, telles que l'huile d'olive, l'huile d'amandes douces, l'huile de colza; non-seulement elles

sont composées de la même manière, mais encore elles se rapprochent beaucoup des graisses animales. Il y a, au surplus, des graisses végétales, et les huiles peuvent être considérées comme des graisses animales qui seraient naturellement liquides. Aussi elles brûlent toutes de la même manière. Rien ne ressemble mieux à la lumière d'une veilleuse que celle d'une chandelle. Je vous dirai tout à l'heure comment on se procure les bougies stéariques qui sont employées partout aujourd'hui. Sachez d'avance qu'on pourrait en faire tout aussi bien, sinon tout autant, avec l'huile d'olive qu'avec le suif de mouton.

En effet, toutes ces matières sont composées en proportions variables de trois éléments, deux solides, qu'on appelle stéarine et margarine; une liquide ou huileuse, qu'on appelle oléine. C'est de la stéarine ou graisse solide que laisse déposer en hiver l'huile d'olive; c'est à l'oléine que la graisse du mouton et celle du porc doivent la propriété de tacher le linge et les habits. Les graisses servent à la fabrication du savon.

Celui-ci s'obtient par la cuisson des graisses ou des huiles avec une matière qu'on appelle potasse, ou une autre qui lui ressemble beaucoup et qu'on appelle soude. Ces substances caustiques, qu'on extrait des eaux de la mer (soude) ou de la cendre du bois (potasse), vous sont plus connues peut-être que vous ne pensez. Elles constituent la pierre à cautère, dont, je l'espère, vous n'aurez pas éprouvé les cruels effets sur la peau; elles composent aussi, mélangées avec l'eau, ce que les blanchisseuses appellent la lessive. Vous savez qu'on blanchit votre linge en le laissant digérer avec de l'eau chaude qui a filtré au travers de la cendre de bois, et qui s'est chargée de potasse. Si la lessive nettoie le linge, c'est que la potasse, qui la constitue principalement, enlève, en les dissolvant, les taches de graisse qui souillent le linge. La potasse et aussi la soude s'unissent donc aux matières grasses, et quand on opère avec une lessive forte et de l'huile d'olive pure, on obtient le savon dont vous vous servez pour votre toilette.

Je suppose donc que vous ayez fait du savon avec de la potasse, de la soude, et même, car c'est possible, avec la chaux dont on se sert pour bâtir, et qui est une substance chimiquement semblable à la soude et à la potasse caustique; je suppose, en outre, que par un moyen chimique que je ne vous expliquerai pas, en employant de l'acide sulfurique ou même du vinaigre, vous sépareriez de la soude, de la potasse ou de la chaux, la graisse avec laquelle vous venez de faire du savon (vous pourriez vous-même répéter cette expérience en dissolvant un peu de savon dans l'eau chaude et y versant du vinaigre), nous retrouverons alors notre graisse primitive, mais cependant légèrement modifiée et améliorée au point de vue de son usage comme combustible. Cette graisse nouvelle ne se fondra plus aussi facilement que le suif dont elle provient, et si vous la pressez fortement pour en faire suinter la matière oléagineuse dont elle est encore imprégnée, vous aurez alors de l'acide stéarique, avec lequel se fabrique la bougie stéarique dont on se sert

journallement et presque exclusivement dans les villes de notre pays. L'acide stéarique extrait du savon est tout simplement de la graisse moins fusible que le suif avec lequel on l'a préparé.

Je dois vous dire, pour être tout à fait exact, que sa composition chimique n'est plus la même. L'acide stéarique s'est séparé d'une matière sucrée, oléagineuse, quoique soluble dans l'eau, et qui s'appelle la glycérine. La glycérine, unie à l'acide stéarique, forme la stéarine, principe essentiel du suif de mouton ou de bœuf. Cette glycérine a la singulière propriété de transformer en matière huileuse des substances qui, comme le vinaigre, par exemple, n'ont par elles-mêmes aucune des propriétés d'un corps gras.

Ainsi, les huiles et les graisses, en s'unissant à la potasse, à la soude et à la chaux, donnent un savon et de la glycérine. En enlevant à ce savon la soude, la potasse ou la chaux, on obtient de l'acide stéarique ou la substance des bougies stéariques.

Comme l'acide stéarique fond moins facilement que le suif, on en fait des bougies qui *coulent* moins que les chandelles.

Voilà les beaux résultats qui ont été obtenus depuis près de cinquante années par notre grand chimiste philosophe, M. Chevreul. A cette époque déjà, M. Chevreul pensait que ses travaux rendraient à l'industrie des services considérables, et il n'a pas été trompé dans ses prévisions. Lui-même, associé au célèbre Gay-Lussac, a fait des tentatives sérieuses pour arriver à populariser ses inventions. Mais le temps était nécessaire pour arriver à la solution complète de tous les problèmes, si simples en apparence, qui s'imposent au théoricien dès qu'il veut entamer la question pratique.

Ainsi les premières bougies stéariques étaient cristallisées : il a fallu les mélanger avec 3 à 5 pour cent de cire afin de rendre moins fragiles les stalactites qui se forment sur elles autour de ce *godet* dont parle M. Faraday. Il a fallu changer le volume de la mèche, si grosse dans une chandelle, devenue si fine dans la bougie.

Le bout de la mèche se charbonnait. On a tressé la mèche pour la forcer à sortir de la flamme et à venir se brûler au dehors. Les cendres de la mèche ne se détachaient pas toutes seules. On les a imprégnées d'acide borique, qui fond en produisant une petite perle vitreuse que l'on peut apercevoir à l'extrémité de la mèche d'une bougie stéarique, et qui tombe dès qu'elle a atteint un certain volume. Voilà ce qu'on appelle en termes techniques des *tours de main* que la science pure n'invente pas toujours, et que souvent des ouvriers rencontrent dans leur pratique, sans grands efforts d'imagination, à la suite d'observations minutieuses.

C'est ainsi que l'œuvre de M. Chevreul s'est perfectionnée peu à peu, et que, en 1829, MM. de Milly et Motard ont pu, dans une usine placée près de l'arc de triomphe de l'Étoile, produire pour le commerce ces bougies stéariques dites de l'Étoile qui ont remplacé presque partout et la chandelle des pauvres gens et la bougie de cire des riches.

La cire des abeilles forme la paroi des cel-

lules dans lesquelles demeurent ces insectes : les chambres de ce palais si régulièrement construit qu'on appelle une ruche sont entièrement bâties avec cette matière. La cire se trouve partout sur les fleurs, sur leurs étamines et leurs corolles, et les abeilles en fabriquent aussi elles-mêmes ; car elles possèdent la faculté de transformer en cire le liquide sucré qu'elles vont puiser dans le nectaire des fleurs. Quand ces laborieuses ouvrières ont construit leurs ruches, on s'en empare, on sépare le miel, on fond la cire, et en la coulant sous forme de lanières très-minces qu'on expose à la rosée, on lui enlève sa couleur jaune naturelle. C'est la matière de ces belles bougies blanches qu'on moule par le procédé si clairement décrit par M. Faraday.

Le blanc de baleine a servi longtemps et sert encore à fabriquer de belles bougies diaphanes. Le blanc de baleine n'est pas une graisse ordinaire. Extraite, comme le dit M. Faraday, des cellules qui enveloppent le cerveau des grands cétacés, elle possède cette propriété exception-

nelle de ne pas contenir de glycérine, comme en contiennent presque toutes les huiles et matières grasses connues. Cependant il existe dans sa composition une matière grasse analogue à l'acide stéarique, et cet acide, ce qui est bien remarquable, se retrouve en abondance dans l'huile de palme ou de coco : c'est l'acide palmitique, dont on pourrait faire aussi des bougies. Au lieu de glycérine, le blanc de baleine renferme encore une substance tout à fait analogue à l'esprit de vin, à cette substance enivrante qu'on extrait du vin et de l'eau-de-vie, en un mot, à l'alcool.

Ces matières sont, avec la paraffine, qui est encore bien peu employée, et dont je vous parlerai plus loin, les seules qui aient été employées à fabriquer des bougies-cierges.

LES LAMPES

LES LAMPES.

Une lampe est un appareil destiné à brûler l'huile au moyen d'une mèche en coton ou en fil, à l'extrémité de laquelle se produit une flamme éclairante. Comment l'huile brûle-t-elle? quel est le rôle de la mèche? C'est ce qui a été convenablement expliqué dans le courant des leçons de M. Faraday. Il me reste donc à vous parler des différentes formes qu'on a données aux lampes pour les rendre le plus utiles et le plus commodes possible.

La lampe antique est composée simplement d'un réservoir contenant de l'huile, et terminé

par un petit godet horizontal sur lequel repose la mèche. C'est celle qu'on rencontrait encore, il y a moins d'un siècle, dans les antichambres et les salles communes des grandes habitations. C'est encore à très-peu près la lampe du mineur, laquelle est munie seulement d'un crochet à bascule qui permet de la suspendre aux aspérités d'une galerie de mines ou de la tenir à la main. Cette lampe fumeuse et infecte donne une flamme fuligineuse qui noircit tout ce qu'elle approche. On eut d'abord l'idée d'enfermer l'huile dans un petit réservoir à niveau constant, communiquant avec une mèche plate qui étale la flamme, et munie d'un réflecteur qui en projette la lumière en avant : c'est le réverbère tel qu'il était et qu'il est encore employé dans l'éclairage public lorsqu'on n'a pas de gaz à sa disposition.

Mais le plus grand progrès réalisé dans la construction des lampes est dû à Argand, qui produisit son admirable invention quelques années avant 1789. La lampe d'Argand est composée de deux pièces principales : un ré-

servoir d'huile à niveau constant et un bec, qui s'appelle encore aujourd'hui le bec d'Argand. C'est seulement cette dernière partie qu'il est intéressant d'étudier. Elle est formée de deux anneaux cylindriques et concentriques entre lesquels se meut la mèche dirigée par un petit appareil à crémaillère. La mèche qui est elle-même cylindrique vient sortir à la partie supérieure de ces anneaux; elle y est baignée d'huile qu'on allume à son extrémité. L'air afflue ainsi autour et au milieu de la flamme, et si l'on ajuste au-dessus d'elle une cheminée de verre pour activer le tirage et augmenter la vitesse de l'air qui sert à la combustion, on aura une flamme brillante et sans fumée, telle qu'on la voit dans nos lampes les plus perfectionnées. Un constructeur qui a rendu de bien grands services aux hommes de science, M. Wiessnegg, a eu l'heureuse idée de rendre la cheminée de verre mobile de haut en bas sur son support cylindrique, de sorte qu'on peut graduer le tirage comme on le fait dans une cheminée ordinaire, à l'aide du voile mo-

bile qu'on élève ou qu'on abaisse à volonté devant le feu ; c'est ce perfectionnement qui permet de faire brûler la mèche à *blanc*, c'est-à-dire en laissant au-dessous de la flamme un grand espace libre où l'huile afflue sans s'échauffer, parce qu'un courant d'air rapide la refroidit : on évite ainsi de carboniser la mèche, qui ne noircit qu'à son extrémité.

Un ouvrier d'Argand, qui était en même temps son parent, trouva le moyen de s'emparer d'une partie de son invention et de donner son nom à la lampe de son maître. C'est Quinquet, dont le nom est aujourd'hui très-connu, sans qu'il l'ait autrement mérité.

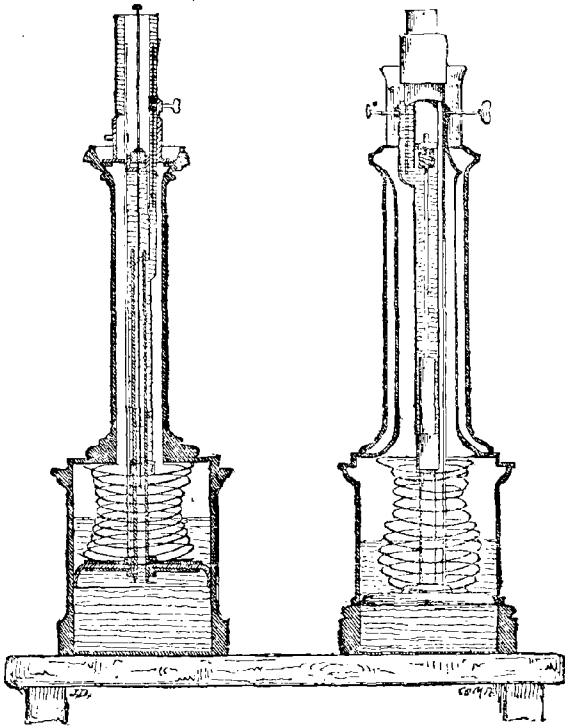
La lampe d'Argand reçut un perfectionnement considérable par l'invention de Carcel, qui eut l'heureuse idée de construire une lampe verticale comme une chandelle, par conséquent ne donnant de l'ombre autour d'elle par aucune de ses parties accessoires. Il fallait pour cela que l'huile fût dans le pied de la lampe et qu'elle arrivât à la mèche au moyen d'un mécanisme fonctionnant au moins pendant

douze heures. Ce mécanisme était tout simplement un mouvement d'horlogerie.

Mais la forme définitive de la lampe verticale, celle qui est adoptée partout à cause de sa perfection et de sa simplicité, c'est la lampe à modérateur, inventée en 1836 par M. Franchot. Le mouvement d'horlogerie de la lampe Carcel se déränge facilement. Quand on ne se sert pas de la lampe tous les jours, il s'en-crasse et se détériore. C'est un inconvénient fort grave. La lampe à modérateur doit le succès qu'elle a obtenu à une ingénieuse combinaison d'organes simples qui en assure le fonctionnement régulier pendant longtemps, sans exiger des soins d'entretien minutieux, et permet par suite de livrer les appareils de ce genre à des prix peu élevés. Une grande capacité cylindrique, ménagée dans le pied de la lampe, sert de réservoir d'huile. L'ascension du liquide au bec est déterminée par l'action d'un ressort à boudin et à spires inégales, afin qu'il puisse, lorsqu'il est comprimé à fond, tenir dans un espace dont la hauteur dépasse

à peine le diamètre du fil métallique dont il est formé. Ce ressort, logé dans la partie supérieure du réservoir, presse sur un piston garni d'un cuir embouti, dont le large rebord, tourné vers le bas, est maintenu appliqué contre la paroi cylindrique du réservoir par la pression de l'huile. Quand on remontera le piston, ce rebord, se relâchant, laissera passer l'huile avec la plus grande facilité entre la paroi et le piston. De sorte que l'huile peut toujours arriver sous le piston, mais ne peut jamais passer par-dessus, même quand elle est comprimée par le ressort. Le piston est percé à son centre d'un trou auquel est adaptée une tige cylindrique creuse qui fonctionne comme le modérateur du mouvement de l'huile. Dans l'axe de cette tige est engagé un fil métallique terminé inférieurement par une pointe conique, et fixé par le haut à la partie supérieure de la lampe. L'huile, pressée sous le piston par l'action du ressort, monte dans la tige creuse et arrive à un espace mis en communication avec le portemèche par le conduit à section annulaire ré-

trécie, qui résulte de l'enfoncement du fil métallique dans cette tige. A mesure que l'huile



est dépensée, le piston s'abaisse, le ressort à boudin s'allonge, la pression qu'il exerce et

qui détermine l'ascension de l'huile diminue. En même temps, le fil métallique est dégagé de plus en plus de l'intérieur de la tige du piston. L'huile doit parcourir un trajet de plus en plus long pour arriver au bec; mais la portion rétrécie et capillaire du conduit diminue de longueur. De là résulte, dans des proportions convenablement déterminées, une compensation par suite de laquelle l'huile afflue avec une régularité suffisante, quelle que soit la position du piston. C'est là le principe éminemment ingénieux du modérateur.

Quand le piston ne fonctionne plus, on le remonte avec une clef fixée à demeure qui conduit une crémaillère liée au piston, près de la tige creuse. C'est là le principe de la lampe modérateur de M. Franchot, à qui l'Académie des Sciences a décerné le prix de mécanique en 1853. Elle est presque la seule en usage aujourd'hui. J'ai le regret d'ajouter que cette charmante invention a été si bien imitée et même contrefaite qu'elle n'a rien rapporté à son ingénieux auteur.

L'ÉCLAIRAGE AU GAZ

L'ÉCLAIRAGE AU GAZ.

Toutes les grandes villes sont aujourd'hui éclairées au gaz, et dans ces villes presque toutes les boutiques et les escaliers des maisons particulières ne reçoivent pas d'autre lumière. Il est donc utile que nous sachions comment le gaz se prépare, se distribue, se brûle, pour donner une sorte de lampe sans mèche et sans réservoir d'huile. C'est à cause de cette circonstance, qui fait qu'un bec de gaz est toujours propre, toujours prêt à être allumé, que ce mode d'éclairage est si répandu. Dans les premiers temps de son introduction dans les

usages de la vie, on fit une réflexion bien sentée, et en même temps une objection sans valeur contre son emploi journalier. « Si les hommes, disait-on, avaient connu d'abord l'éclairage au gaz, et que tout à coup on eût annoncé que l'on venait de découvrir le moyen de condenser ce gaz en un liquide huileux ou même en une matière solide, cette découverte aurait été regardée comme une grande amélioration dans l'art de l'éclairage. En effet, sous ces deux formes, la matière peut se transporter aisément, sans danger et sans appareil particulier; au moyen de lampes, on produit une flamme très-belle avec le produit liquide; et le produit solide, façonné en bougie ou en chandelle, peut également servir à l'éclairage. Dans l'un et dans l'autre cas, le volume de la matière est prodigieusement diminué; on n'a plus besoin d'appareils hermétiquement clos, les lumières n'ont plus une position fixe et déterminée dans l'appartement. Il n'est plus nécessaire de construire à grands frais des gazomètres immenses, des conduits souter-

rains.... etc. » M. Dumas fit voir, dès 1828, l'inanité de ce raisonnement si spécieux. L'expérience démontra qu'il avait raison.

Le gaz est aujourd'hui extrait de la houille par des procédés assez compliqués, fournissant des produits de nature très-différente qui ont été tous utilisés, et donnant comme résidu du coke, lequel est un excellent combustible. Un savant éminent, M. Regnault, à la suite d'expériences très-précises faites à Paris, démontra que le gaz de l'éclairage pouvait même être obtenu sans rien coûter, ou du moins en coûtant fort peu de chose aux producteurs.

On introduit la houille dans de grands cylindres de terre réfractaire chauffés au rouge. La houille se transforme en coke, qui reste dans l'appareil comme résidu à la fin de l'opération, et il se dégage des gaz et des vapeurs que l'on condense au moyen d'un certain nombre de tuyaux refroidis. On trouve dans ces tuyaux de l'eau ammoniacale qui sert à préparer de l'alcali volatil, et des goudrons

dont on sépare la benzine¹ et d'autres huiles combustibles, avec lesquelles on prépare aujourd'hui ces belles matières colorantes rouges, violettes et bleues qu'on appelle fuchsine, Magenta.... etc., et une belle couleur jaune qui sert à teindre la soie. On en extrait encore des composés d'acide prussique avec lesquels on fabrique du bleu de Prusse. Tout ce qui, dans ces goudrons, ne sert pas à des usages si importants est utilisé comme peinture noire et grossière, comme matière à calfater, etc.

Le gaz éclairant qui sort, en outre, du cylindre chauffé, est recueilli après une purification préalable, dans de grandes cloches en bois ou en métal pour être dirigé, au moyen d'une canalisation colossale, dans les grandes villes, sur les points où sa consommation doit avoir lieu.

Quoi qu'on fasse pour le purifier, le gaz de l'éclairage contient un peu de soufre qui noircit promptement le cuivre et l'argent, et des

1. La découverte de la benzine est due à M. Faraday.

matières volatiles fort utiles, mais dont l'odeur est très-désagréable.

Il ne faut pas croire pourtant que cette odeur doive être entièrement détruite dans le gaz; elle rend, au contraire, de grands services en avertissant des fuites quand il s'en manifeste dans les tuyaux de conduite.

Le gaz, en effet, est une matière des plus dangereuses lorsqu'il se mélange à l'air dans les appartements ou dans des chambres closes. D'abord il peut asphyxier, surtout quand il contient une forte proportion d'un gaz combustible qu'on appelle l'oxyde de carbone, et que chacun de nous a pu voir brûler au-dessus d'un feu de charbon de bois, qui s'allume en produisant une flamme d'un beau bleu. Puis, quand la proportion de gaz mélangé à l'air est considérable, au moment où l'on pénètre pour allumer les becs dans la pièce où s'est déclarée la fuite, une explosion épouvantable est déterminée par la combustion instantanée du gaz, et donne lieu presque toujours aux accidents les plus graves. Vous avez sans doute remar-

qué qu'une petite explosion se manifeste toujours dans la cheminée de verre d'un bec de gaz au moment où on l'allume; le volume du mélange combustible est, dans cette circonstance, bien faible par rapport au volume du gaz contenu dans une chambre infectée par une fuite. L'explosion déjà sensible dans la petite cheminée de verre devient terrible dans la pièce ou la boutique en proportion même de leurs dimensions. Aussi dès que la moindre odeur se manifeste dans un espace fermé où se distribue le gaz, éteignez immédiatement toutes les lumières et tous les feux voisins, courez au robinet principal, fermez-le, ouvrez toutes les fenêtres, chassez le gaz par un courant d'air actif et longtemps après recherchez les fuites, en vous aidant au besoin d'une bougie ou d'une lanterne.

Avec ces mesures de prudence, les explosions sont à peu près impossibles. Malheureusement on ne prend pas toujours les précautions voulues : c'est alors qu'arrivent les accidents, qui tendent du reste à devenir de

plus en plus rares, à mesure qu'on se familiarise davantage avec le maniement des appareils à gaz.

La théorie de la combustion du gaz est la même que celle dont Faraday a exposé avec tant de lucidité tous les points importants. En effet, il n'y a pas de différence essentielle entre la composition du gaz de l'éclairage et la composition de ces vapeurs que Faraday extrait par aspiration du centre de la flamme d'une chandelle qui brûle.

..

LES
LUMIÈRES ÉBLOUISSANTES

LES LUMIÈRES ÉBLOUISSANTES.

On a proposé, essayé sous toutes les formes l'éclairage au moyen de la lumière électrique. Dans les derniers temps on a tenté d'appliquer un métal nouveau, le magnésium, à l'illumination des phares et des places publiques. Il faut que nous sachions quelque chose sur ces importantes applications de la science moderne, d'autant plus que M. Faraday, en faisant faire des progrès considérables à toutes les parties de la science de l'électricité, en les propageant d'une manière si brillante par ses leçons du vendredi à l'Institution royale, a contribué

pour une forte part à rendre ces tentatives aussi heureuses que possible.

Lorsqu'on accouple de cinquante à cent éléments d'une pile de Bunsen bien montée et en pleine énergie, si on réunit les extrémités du courant électrique par deux crayons en charbon ou graphite très-dur et très-compact, au moment où les deux extrémités du conducteur se touchent, il se développe une étincelle éblouissante. Tant que les charbons, qui se rongent peu à peu, sont à petite distance, le trait électrique se dégage d'une manière continue et constitue un puissant appareil d'éclairage. Le trait lumineux s'appelle Arc voltaïque, ce trait ayant en effet une forme curviligne.

C'est tout à fait un soleil, cet arc voltaïque, un soleil éblouissant qui vous force à fermer les yeux; mais c'est malheureusement un soleil qui s'éteint facilement et dont l'éclat a de nombreuses éclipses. Il a fallu tout le génie des physiciens les plus exercés pour fixer cette lumière rendue si variable par une foule de

raisons que je ne puis développer ici. Pour qu'un appareil régulateur de ce genre fonctionne bien, il faut qu'il soit un prodige de précision et en même temps, ce qui est plus difficile, un modèle de simplicité. J'ai vu mon ami et mon confrère, M. Foucauld, y travailler longtemps et je vous assure qu'il faut se donner bien de la peine, dépenser bien du génie, pour faire du simple et du bon. Il a réussi et nous avons maintenant son régulateur de la lumière électrique, ainsi que d'autres fondés à peu près sur le même système, qui ne laissent rien à désirer.

L'étincelle se développant à l'extrémité d'une pile ou même d'un appareil électro-magnétique mené par une machine à vapeur, donne donc une lumière qui ne s'éteint plus, qui reste constante! sauf quelques oscillations légères. Pourrez-vous avec ce soleil, placé à une hauteur de 40 à 45 mètres, éclairer convenablement une grande rue bien droite, la rue de Richelieu, par exemple? Je ne le crois pas. Tous ceux qui marcheront dans la direction et en face de ce

soleil seront éblouis. Tous les objets qui ne seront pas placés sur le trajet des rayons lumineux qui en partent seront dans une ombre des plus épaisses. Si bien qu'un malfaiteur caché sous une porte cochère entraînant sa victime hors de la zone éclairée ne sera vu de personne; il échappera surtout aux regards de ceux qui auront dans les yeux la lumière éblouissante émanée du phare électrique.

Le vrai soleil, sans doute, est encore plus brillant que notre arc voltaïque. Mais il est placé si loin de nous, qu'il éclaire encore l'ombre produite par les corps opaques qui interceptent ses rayons. Il n'en est pas de même pour le point lumineux électrique que nous voulons lui substituer. En voici une preuve bien frappante. On avait éclairé avec l'arc voltaïque des chantiers de construction placés en face du Louvre, afin de permettre aux ouvriers de travailler pendant la nuit. Les tailleurs de pierre y voyaient très-bien, à la condition de placer convenablement les surfaces qu'ils attaquaient avec leur marteau ou leurs outils. Mais

qu'un de ces instruments tombât dans l'ombre portée par la pierre; si elle était un peu large, ils étaient obligés d'allumer une lanterne pour chercher l'outil échappé de leurs mains, tant cette ombre était épaisse.

Voilà l'inconvénient que présentera toujours l'éclairage électrique, à moins qu'on éloigne considérablement la source de lumière ou qu'on la diffuse au moyen des globes dépolis qui malheureusement lui enlèvent une partie notable de son intensité. Ce sont là les difficultés qui arrêtent encore les inventeurs et qui, ajoutées au prix considérable de la lumière électrique, en ont retardé l'application à l'éclairage public. Mais le dernier mot n'est pas encore dit sur cette question, et nous ne devons ni nous décourager ni décourager ceux qui continuent à s'en occuper.

Il faut se rappeler que le premier arc voltaïque obtenu avec du charbon par H. Davy, a fonctionné dans l'amphithéâtre de l'Institution royale, il y a plus de cinquante ans.

Le magnésium est un métal éminemment

combustible qui s'extrait de la magnésie purgative ; c'est l'élément essentiel de l'eau de Sedlitz. Matière très-brillante, très-ductible, et très-malléable, d'une légèreté extraordinaire, on l'emploie en fils et en lames qui s'allument avec une facilité remarquable et brûlent sans s'éteindre, en donnant une flamme éblouissante. Moins intense que la lumière électrique, la lumière du magnésium a plus d'étendue : elle émane d'une flamme, car le magnésium est volatile comme les éléments d'une chandelle ; la surface de combustion est donc assez considérable pour ne pouvoir être comparée à un point comme l'étincelle électrique. C'est un avantage très-précieux qui fera peut-être préférer le magnésium à toute autre substance pouvant produire une lumière éblouissante. Quand le magnésium brûle, il se transforme en magnésie qui est portée dans l'intérieur de la flamme à une température excessivement élevée et qui joue le même rôle que le charbon dans la flamme d'une chandelle. L'explication est la même dans les deux cas.

On a construit de très-jolies lampes au magnésium : mais il y a mieux à faire que ce que l'on a eu jusqu'ici et le progrès ne peut être attendu longtemps. En Amérique on a introduit le magnésium dans des fusées de guerre qui ont servi à éclairer les lignes ennemies sur une étendue de plus de cinq milles.

On s'en sert journellement pour obtenir des épreuves photographiques qui réussissent très-bien à cause de la nature et de l'intensité de la lumière que produit le magnésium. C'est ainsi, par exemple, qu'on a pu photographier l'intérieur des pyramides d'Égypte.

Il ne faut pas désespérer de trouver l'emploi des lumières éblouissantes, quand ce ne serait que pour éclairer les phares dont les effets seraient considérablement augmentés. Attendons patiemment les résultats des recherches scientifiques que fait en ce moment la direction française des phares, afin de reconnaître le meilleur mode d'emploi de tous ces agents nouveaux.

HENRI SAINTE-CLAIRE DEVILLE.

TABLE.

MICHEL FARADAY, notice biographique, par Henri Sainte-Claire Deville.	Page 1
PREMIER ENTRETIEN. — Une chandelle. — La flamme; sa raison d'être, sa mobilité, son éclat	29
DEUXIÈME ENTRETIEN. — Une chandelle: éclat de la flamme. — Air essentiel à la combustion. — Formation de l'eau.	73
TROISIÈME ENTRETIEN. — Produits de la combustion: eau provenant de la combustion. — Nature de l'eau. — L'eau n'est pas un corps simple. — Hydrogène.	107
QUATRIÈME ENTRETIEN. — Hydrogène de la chandelle. — Il se transforme en eau en brûlant. — Les autres parties de l'eau. — Oxygène.	147
CINQUIÈME ENTRETIEN. — Présence de l'oxygène dans l'air. — Nature de l'atmosphère. — Ses propriétés. — Autres produits de la chandelle. — Acide carbonique. — Ses propriétés.	183

SIXIÈME ENTRETIEN. — Le carbone. — Gaz provenant du charbon de terre. — Analogie qui existe entre la respiration et la combustion d'une chandelle. — Conclusion.	225
NOTES COMPLÉMENTAIRES, par Henri Sainte-Claire Deville :	
L'ACIDE STÉARIQUE.	267
LES LAMPES.	279
L'ÉCLAIRAGE AU GAZ.	289
LES LUMIÈRES ÉBLOUISSANTES.	299

L'Histoire d'une Chandelle a été traduite par
M. W. Hughes.

Imprimerie générale de Ch. Lahure, rue de Fleurus, 9, à Paris.

BIBLIOTHÈQUE DES FAMILLES

ÉDUCATION ET RÉCRÉATION

Volumes illustrés in-8° et grand in-8°.

BRÉHAT (ALFRED DE).

LES AVENTURES D'UN PETIT PARISIEN. — 1 beau volume in-8°, illustré par MORIN, relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Aussi amusant que le *Robinson suisse*, instructif, moral et littéraire; beaucoup de variété et de mouvement. Grand succès de famille; traduit en plusieurs langues.

CAHOURS ET RICHE.

CHIMIE DES DEMOISELLES. 1 vol. in-8° avec figures dans le texte; relié, tr. dor., 10 fr.; toile, tr. dor., 8 fr.; broché.. 6 fr.

La *Chimie des Demoiselles*, par M. Cahours, membre de l'Institut, et par M. Riche, professeur de chimie à l'École de pharmacie, se compose des leçons faites avec tant d'éclat par les auteurs à la Sorbonne. La *Chimie des Demoiselles* est aussi la chimie des jeunes gens et des gons du monde, cela va sans dire; son titre indique seulement qu'elle a été écrite plus spécialement à l'usage des jeunes personnes. Louer le livre des deux célèbres professeurs serait superflu.

CHERVILLE (MARQUIS DE)

HISTOIRE D'UN TROP BON CHIEN. 1 vol. in-8°, illustré par ANDRIEUX, relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Ce livre aimable d'un des principaux collaborateurs d'Alexandre Dumas, justifie le mot de l'illustre conteur : « M. de Cherville n'a qu'un défaut; il fait si bien qu'il ne me laisse plus rien à faire. »

DESNOYERS (LOUIS).

AVENTURES DE JEAN-PAUL CHOPPART. 1 vol. illustré de nombreuses vignettes par GIACOMELLI, nouv. édition augmentée de gravures hors texte par CHAM, 1 vol. in-8°. Relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tranches dorées, 8 fr.; broché 6 fr.

Livre original, robuste, très-bon et très-amusant pour les enfants et excellent pour servir d'antidote aux idées d'indépendance et de rébellion, toujours inspirées de la paresse, qui travaillent souvent les jeunes têtes. Succès consacré et on ne peut plus légitime.

GOLDSMITH.

- LE VICAIRE DE WAKEFIELD, traduction de Charles Nodier, illustré de dix belles gravures sur acier par TONY JOHANNOT. Grand in-8°. Prix : relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Un des rares romans qui peuvent être lus par les jeunes gens et les jeunes personnes, non-seulement sans danger, mais avec fruit; classique pour le style en France comme en Angleterre.

GRAMONT (LE COMTE DE)

- LES BÉBÉS, poésies de l'enfance, illustrées par OSCAR PLETSCH. 1 volume in-8°. Prix : relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

- LES BONS PETITS ENFANTS (volume en prose), vignettes par LUDWIG RICHTER. 1 vol. in-8°. Prix : relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Ces deux volumes sont ornés de nombreuses vignettes par les deux dessinateurs de scènes enfantines les plus en renom de l'autre côté du Rhin, Ludwig Richter et Pletsch. Jolis textes, ingénieusement variés, d'un style pur et élégant.

HUGO (VICTOR).

- LES ENFANTS (*le Livre des Mères et des Jeunes Filles*), la fleur des poésies de Victor Hugo ayant trait à l'enfance, illustrée par FROMENT. 1 vol. grand in-8°. Prix : relié, tranches dorées, 14 fr.; toile, tr. dorées, 13 fr.; broché... 10 fr.

Victor Hugo est peut-être de tous les poètes qui ont existé celui qui a le mieux parlé des enfants. Pour les décrire, pour rendre leurs impressions et analyser leurs sentiments, il déploie autant de grâce et de délicatesse qu'il montre de force et de profondeur dans d'autres sujets. En formant ce recueil dont l'idée était toute naturelle, le poète et l'éditeur ont surtout pensé aux mères, aux jeunes filles et aux jeunes gens, qui trouveront dans ces beaux vers une source de nobles et salutaires émotions.

A. KÄMPFEN.

- LA TASSE A THÉ, 9 gravures hors texte, nombreuses vignettes, par WORMS. 1 vol. in-8°. Prix : relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Ce livre charmant, par la délicatesse des sentiments et du style, est digne de prendre place dans toutes les bibliothèques de jeunes filles, à côté des modèles du genre. On y apprend notamment ce qu'il y a de plus curieux et de plus essentiel à savoir sur la Chine et les mœurs de ses habitants.

ÉDITIONS DE LUXE ILLUSTRÉES.

M^{me} S. LOCKROY.

LES FÉES DE LA FAMILLE. 1 beau volume in-8°, illustré par DE DONCKER. Prix : relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Recueil de contes bien composés et écrits avec un rare naturel, qui ne renferment pas seulement de bonnes pensées, mais des pensées d'un ordre élevé; le merveilleux qui les enveloppe en rend la lecture très-attractive pour les enfants, tandis que la pureté de la morale intelligente qui s'en dégage les fait goûter des parents.

JEAN MACÉ.

HISTOIRE D'UNE BOUCHÉE DE PAIN, illustrée par FROMELICH. 1 vol. in-8°. Prix : relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Un des chefs-d'œuvre de notre temps dont le succès plus qu'euro-péen n'a pas cessé de grandir. Chez M. Macé, l'homme de cœur, de goût et d'esprit est à la hauteur du savant. Ce livre a rendu non-seulement possible, mais attractive, pour les jeunes filles et les jeunes garçons, l'histoire naturelle de l'être humain.

LES CONTES DU PETIT-CHATEAU, illustrés par BERTALL. 1 beau volume in-8°. Prix : relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Aussi remarquables comme récits que les *Contes de Perrault*, ces contes sont pour les enfants des leçons plus directes et plus facilement intelligibles. En même temps lecture singulièrement attachante par l'originalité des inventions, la vivacité et l'entraîn du style.

LE THÉÂTRE DU PETIT-CHATEAU. 1 beau volume in-8° sur vélin, illustré par FROMENT. Prix : relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Un vrai théâtre pour les enfants de notre temps, gai, instructif, varié, sans rien de suranné ni de banal. Il peut se lire aussi bien que se jouer, et être joué dans les familles ainsi que dans les institutions.

L'ARITHMÉTIQUE DU GRAND-PAPA (*Histoire de deux Petits Marchands de pommes*), illustrations de YAN'DARGENT. 1 vol. in-8°. Prix : relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Charmant conte où les enfants peuvent apprendre en se jouant la numération, les quatre règles, les fractions, le système décimal et le système métrique. Ingénieux et original comme tous ceux de son auteur, ce livre est la meilleure préparation à l'étude aride de l'arithmétique, et la plus jolie sans comparaison sous le rapport littéraire.

MARELLE (CHARLES).

LE PETIT MONDE. 1 vol. in-8°, illustré de nombreux dessins et vignettes. Prix : relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tr. dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Petits récits et apologues divers, sans prétention, mais d'une naïveté charmante et d'un sentiment excellent. — Ce volume convient principalement aux enfants du premier âge.

MAYNE-REID.

AVENTURES DE TERRE ET DE MER (WILLIAM LE MOUSSE). 1 vol. in-8°, illustré par Rieu, relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Il faut choisir dans l'œuvre abondante de Mayne-Reid. Les *Aventures de terre et de mer* (Aventures de WILLIAM LE MOUSSE), le *Désert d'eau*, les *Jeunes Esclaves*, ont pris place parmi ses chefs-d'œuvre.

MULLER (EUGÈNE).

RÉCITS ENFANTINS, illustrés par FLAMENG. 1 volume in-8°. Prix : relié, tranches dorées, 10 fr.; cart. toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Baucoup de variété dans les sujets, une forme vive et simple; bien sentis, très-bons et très-attachants pour les enfants, dès qu'ils savent lire et même avant.

LA JEUNESSE DES HOMMES CÉLÈBRES, illustrations par BAYARD. 1 vol. in-8°, relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Le livre de M. Eugène Muller est à la fois d'un érudit et d'un conteur. On y sent les études sérieuses du bibliothécaire, et on y retrouve la grâce et le charme de l'auteur de la *Mionette*.

NÉRAUD ET JEAN MACÉ.

BOTANIQUE DE MA FILLE, illustrations par LALLEMAND. 1 vol. in-8°, relié, tranches dorées, 10 fr.; cart. toile, tr. dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Ce livre est une perle égale peut-être dans sa spécialité à l'*Histoire d'une Bouchée de pain*. Il est, en outre, par la richesse de son illustration, un des plus remarquables de notre collection.

NOEL (EUGÈNE).

LA VIE DES FLEURS, illustrations de YAN'DARGENT. 1 volume in-8°, relié, tranches dorées, 10 fr.; cart. toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Ouvrage excellent pour inspirer le goût de la botanique et préparer à son étude. Convient à tous les âges, très-sympathique et très-agréable.

ÉDITIONS DE LUXE ILLUSTRÉES.

LOUIS RATISBONNE.

LA COMÉDIE ENFANTINE, couronnée par l'Académie française. (Livre dès à présent classique.) PREMIÈRES ET DERNIÈRES SCÈNES, RÉUNIES EN UN VOLUME IN-8°, AVEC TOUTES LES GRAVURES DE FROMENT ET DE GOBERT de la première édition. Relié, tr. dorées, 10 fr.; toile, tr. dorées, 8 fr.; broché.... 6 fr.

Il reste encore des exemplaires des Dernières scènes de la Comédie Enfantine. — 1 vol. in-8. Relié, tranches dorées, 10 fr., broché, 8 fr.

SAINTINE (X.-B.).

PICCIOLA, 41^e édition, illustrée à nouveau par FLAMENG. 1 volume in-8°. Prix : relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Un livre pour lequel toute apologie est depuis longtemps superflue; sain, touchant, aimable, gracieux, ne développant la sensibilité que dans le sens le plus droit, le plus moral : un vrai livre de jeunes filles.

SAUVAGE (ÉLIE).

LA PETITE BOHÉMIENNE, illustrations par FRÖELICH. 1 vol. in-8. Relié, tr. dor., 10 fr.; toile, tr. dor., 8 fr.; broché... 6 fr.

SCHULER (TH.), P. J. STAHL ET JEAN MACÉ.

LE LIVRE DES PETITS ENFANTS. 1 vol. in-8°, illustré, relié, tranches dorées, 10 fr.; cart. toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Cet admirable petit ouvrage illustré splendidement des chefs-d'œuvre du célèbre artiste alsacien, M. Théophile Schuler, est le plus complet, le plus riche et le mieux conçu des alphabets qu'on ait jamais offert au premier âge. C'est le premier livre à mettre entre les mains des enfants.

SÉGUR (LE COMTE ANATOLE DE).

FABLES illustrées par FRÖELICH. 1 beau vol. in-8°. Prix : relié, tranches dorées, 10 fr.; cart. toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Élégance et distinction de forme, morale aimable et solide, sentiments élevés, telles sont les qualités qui recommandent particulièrement ce recueil à l'attention des familles. Jeunes filles et jeunes gens le liront avec autant de profit que de plaisir.

P. J. STAHL.

LA MORALE FAMILIÈRE, illustrée par SCHULER, BAYARD, DE LA CHARLERIE, FRÖLICH, MATTHIS, BENETT, DE VILLERS, MARIE. 1 vol. in-8°, relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

P. J. STAHL ET MULLER.

LE ROBINSON SUISSE, revu et traduit par P.-J. STAHL et MULLER, mis au courant de la science moderne par JEAN MACÉ, environ 150 dessins de YAN'DARGENT. 1 vol. gr. in-8°. Relié, tr. dorées, 12 fr.; toile, tr. dorées, 10 fr.; broché... 8 fr.

En conservant toutes les qualités de l'ouvrage original, qui l'ont rendu si cher aux enfants, la nouvelle traduction en a fait disparaître les erreurs scientifiques, les longueurs et les autres défauts qui le déparaient. C'est maintenant un livre aussi scientifique, aussi sûr et aussi solide qu'il est intéressant et agréable. — L'édition actuelle a pris, même à l'étranger, la place de l'original; c'est elle qu'on traduit partout.

JULES VERNE.

LES AVENTURES DU CAPITAINE HATTERAS (LES ANGLAIS AU PÔLE NORD et le DÉSERT DE GLACE), illustré par RIOU. 1 vol. gr. in-8°, relié, tranches dorées, 10 fr.; cart. toile, tr. dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

VOYAGE AU CENTRE DE LA TERRE, illustré par RIOU. 1 vol. in-8°, toile, tr. dorées, 5 fr.; broché..... 3 fr.

CINQ SEMAINES EN BALLON, illustré par RIOU. 1 vol. in-8°, toile, tr. dorées, 5 fr. 50; broché..... 3 50

Ces deux derniers ouvrages, réunis en un volume relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tr. dorées, 8 fr.; broché.... 6 fr.

DE LA TERRE A LA LUNE, 80 dessins par DE MONTAUT. 1 vol. grand in-8°, toile, tr. dorées, 4 fr. 50; broché..... 2 50

LES ENFANTS DU CAPITAINE GRANT (VOYAGE ATOUR DU MONDE), 173 dessins de RIOU. 1 vol. grand in-8°, relié, tranches dorées, 12 fr.; toile, tr. dorées, 10 fr.; broché... 8 fr.

JULES VERNE ET THÉOPHILE LAVALLÉE.

GÉOGRAPHIE ILLUSTRÉE DE LA FRANCE. 108 gravures par CLERGÉ et RIOU, et 100 cartes par CONSTANS et SÉDILLE. 1 vol. grand in-8°, relié, tranches dorées, 15 fr.; cartonné toile, doré, 13 fr.; broché..... 10 fr.

Ce livre a été donné comme prix d'excellence dans les grands centres d'instruction. C'est la plus nouvelle, la plus claire, la plus richement illustrée et la moins chère, dans ses conditions, des géographies de la France.

ÉDITIONS DE LUXE ILLUSTRÉES.

WAILLY (LÉON DE) ET P.-J. STAHL.

CONTES CÉLÈBRES DE LA LITTÉRATURE ANGLAISE, illustrations par FATH. 1 vol. in-8°. Relié, tranches dorées, 10 fr.; toile, tr. dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Ce volume est un écrivain, chaque conte est un diamant.

P.-J. STAHL, NODIER, BALZAC, ETC.

LE NOUVEAU MAGASIN DES ENFANTS. Édition in-8°. Textes par SAND, NODIER, BALZAC, GOZLAN, DE MUSSET, LA BÉDOLLIÈRE, A. KARR, P. J. STAHL, etc., avec nombreuses gravures. Quatre séries vendues séparément; prix de chaque volume relié, tranches dorées, 14 fr.; broché..... 10 fr.

GRANDVILLE.

LES ANIMAUX PEINTS PAR EUX-MÊMES, scènes de la vie privée et publique des animaux, avec la collaboration de BALZAC, LOUIS BAUDE, ÉMILE DE LA BÉDOLLIÈRE, P. BERNARD, GUSTAVE DROZ, BENJAMIN FRANKLIN, JULES JANIN, ÉDOUARD LEMOINE, ALFRED DE MUSSET, PAUL DE MUSSET, M^{me} MÉNESIER-NODIER, CHARLES NODIER, GEORGE SAND, P.-J. STAHL, LOUIS VIARDOT. 1 vol. grand in-8°, contenant 320 dessins. Relié, tranches dorées, 12 fr.; cartonné toile, tranches dorées, 10 fr.; broché..... 8 fr.

GÛTHE.

LE RENARD, traduit par E. GRENIER, illustré de 60 belles compositions par KAULBACH. 1 vol. gr. in-8°. Relié; tranches dorées, 10 fr.; toile, tranches dorées, 8 fr.; broché..... 6 fr.

Le même ouvrage, en édition populaire gr. in-8°. Toile, tranches dorées, 3 fr. 50; broché..... 2 fr.

Excellente traduction d'un des ouvrages les plus curieux du grand poète et philosophe allemand. On sait que le poème de Goethe est inspiré d'une épopée satirique du moyen âge. Il a su y conserver tous les traits heureux de l'original, en y ajoutant cette empreinte du génie et cette perfection de forme qui donnent à une œuvre une vitalité indéfinie. Celle-ci restera dans tous les temps et dans toutes les langues.

GEORGE SAND.

ROMANS CHAMPÊTRES. 2 magnifiques volumes in-8°, illustrés par T. JOHANNOT, se vendant séparément. 1 volume relié, tranches dorées, 14 fr.; broché..... 10 fr.

Ce qui est sorti de plus exquis peut-être de cette plume célèbre.

TOUSSENEL (A.).

L'ESPRIT DES BÊTES, 85 dessins par BAYARD. 1 volume grand in-8°, relié, tranches dorées, 8 fr.; toile, tr. dorées, 6 fr.; broché..... 4 fr.

Ce livre est unique en son genre; accepté par les savants comme une œuvre scientifique de haute portée, il restera, en outre, comme un des spécimens les plus rares de l'esprit français. Les illustrations de Bayard sont dignes du texte.

ALBUMS DIVERS IN-8°.

FATH (GEORGES).

PIERROT A L'ÉCOLE, relié toile, à biseaux..... 4 50
Cartonné bradel..... 3 fr.

FRÉLICH ET P. J. STAHL.

ALPHABET DE M^{lle} LILI, relié toile, à biseaux..... 4 50
Cartonné bradel..... 3 fr.

ARITHMÉTIQUE DE M^{lle} LILI, relié toile, à biseaux..... 4 50
Cartonné bradel..... 3 fr.

BÉBÉ A LA MAISON, relié toile, à biseaux..... 6 50
Cartonné bradel..... 4 fr.

BÉBÉ AUX BAINS DE MER, relié toile, à biseaux..... 6 50
Cartonné bradel..... 4 fr.

HECTOR LE FANFARON, relié toile, à biseaux..... 3 50
Cartonné bradel..... 2 fr.

JEAN LE HARGNEUX, relié toile, à biseaux..... 3 50
Cartonné bradel..... 2 fr.

JOURNÉE DE M^{lle} LILI, relié toile, à biseaux..... 4 50
Cartonné bradel..... 3 fr.

ÉDITIONS DE LUXE ILLUSTRÉES.

M ^{lle} LILI A LA CAMPAGNE, relié toile, à biseaux.....	4 50	
Cartonné bradel.....		3 fr.
MADemoiselle PIMBÈCHE, relié toile, à biseaux....	3 50	
Cartonné bradel.....		2 fr.
LE PETIT DIABLE, relié toile, à biseaux.....	4 50	
Cartonné bradel.....		3 fr.
PREMIÈRES ARMES DE M ^{lle} LILI, relié toile, à biseaux	4 50	
Cartonné bradel.....		3 fr.
LE ROI DES MARMOTTES, relié toile, à biseaux.....	3 50	
Cartonné bradel.....		2 fr.
LE ROYAUME DES GOURMANDS, rel. toile, à biseaux	7 fr.	
Cartonné bradel.....		5 fr.
VOYAGES DE DÉCOUVERTES DE M ^{lle} LILI ET DE SON		
COUSIN LUCIEN, relié toile, à biseaux....	7 fr.	
Cartonné bradel.....		5 fr.
VOYAGE DE M ^{lle} LILI ET DE SON COUSIN LUCIEN		
AUTOUR DU MONDE, relié toile, à biseaux..	7 fr.	
Cartonné bradel.....		5 fr.
ZOÉ LA VANITEUSE, relié toile, à biseaux.....	3 50	
Cartonné bradel.....		2 fr.

FROMENT ET P. J. STAHL.

HISTOIRE D'UN PAIN ROND, relié toile, à biseaux....	4 50	
Cartonné bradel.....		3 fr.
LA PETITE PRINCESSE ILSÉE, relié toile, à biseaux..	7 fr.	
Cartonné bradel.....		5 fr.

O. PLETSCH & P. J. STAHL.

LES PETITES AMIES, relié toile, à biseaux.....	4 50	
Cartonné bradel.....		3 fr.

Ces charmants albums, écrits et dessinés par les meilleurs écrivains et artistes qui se sont occupés de l'enfance, composent une bibliothèque progressive d'un choix et d'un goût irréprochables.

Chaque album contient un grand nombre de planches tirées hors texte.

ALBUMS DE DIVERS FORMATS.

- LA BOUILLIE DE LA COMTESSE BERTHE**, par **ALEXANDRE DUMAS**. Vol. album in-18, avec nombreux dessins, relié toile, 3 fr.; broché..... 2 fr.
- TRÉSOR DES FÈVES ET FLEUR DES POIS**, par **CHARLES NODIER**. Vol. album in-18, avec nombreux dessins, relié toile, 3 fr.; broché..... 2 fr.
- L'ORAISON DOMINICALE**, dessins de **FROELICH**. Album in-4°, contenant 10 planches à l'eau-forte, relié toile..... 18 fr.
Édition anglaise, au même prix.
- SEPT FABLES DE LA FONTAINE**, dessins de **FROELICH**. Album in-4°, illustré de 10 planches, broché..... 5 fr.
- HISTOIRE DU GRAND ROI COCOMBRINOS**, dessins silhouettes enfantines, par **MICK-NOEL**, relié toile, à biseaux, 4 fr. 50, cartonné bradel..... 3 fr.
- MÉSADVENTURES DU PETIT PAUL**, dessins silhouettes enfantines, par **MICK-NOEL**; relié toile, à biseaux, 3 fr. 50; cartonné bradel..... 2 fr.

-
- HISTOIRE D'UN AQUARIUM ET DE SES HABITANTS**. 1 vol. grand in-8°, par **E. VAN BRUYSEL**, avec planches en 12 couleurs, chef-d'œuvre typographique imprimé par Silbermann de Strasbourg, d'après **BECKER** et **RIOU**. Prix : relié, tranches dorées à biseaux, 8 fr.; cartonné Bradel..... 6 fr.

Les femmes du monde, les jeunes personnes et les jeunes gens trouveront dans cet excellent et très-amusant livre des enseignements pratiques très-judicieux, joints à des notions d'histoire naturelle rigoureusement fondées sur l'observation la plus sage et la plus sûre.

- AVENTURES SURPRENANTES DE TROIS VIEUX MARINS**. par **GREENWOOD (JAMES)**, 1 volume-album grand in-4°, dessins par **GRISSET**. Richement relié, 9 fr.; cartonné Bradel. 6 fr.

Livre très-amusant pour les yeux et très-récréatif comme lecture. Spécimen remarquable de l'art et de l'esprit anglais appliqués à la récréation de la jeunesse.

LIBRAIRIE J. HETZEL, 18, RUE JACOB

BIBLIOTHÈQUE
D'ÉDUCATION ET DE RÉCRÉATION

VOLUMES IN-18

Br., 3 fr. — Cart. toile, tr. dor. es, 4 fr.
D mi-rel. ch. g., tr. dor., 5 fr.

	Vol.
ANDERSEN.....	Nouveaux Contes suédois.. 1
BERTRAND (J.)...	Fond. teurs de l'astronomie 1
BERT (A.)...	Grammaire historique... 1
	Dict. en ir. étymologique. 1
BRÉ T (de)...	Av. n. r. s. d. un Parisien... 1
CAR N Em (e)...	Un B. t. Mar. age... 1
CH R V L L E (de)...	Hist. d'un tr. p. bon chien... 1
CLEMENT (Ch)...	Michel Ange, Rap. aél., etc. 1
DURAND (Hip.)...	Les grands Prosateurs... 1
	Les gra. ds Poètes... 1
FR AN K I N - C H A T R I L L Y ..	Le Fou Yog f ou l'Ép... 1
	Ma me l'hérès... 1
	H. t. ire d'un... 1
F O U C Q U E	H. sto. re du... 1
GRIMARD.....	H. st. d'une... 1
HIPPKA (Mme)...	E. n. m. e. d. 1
HUG V I T O R	L. s. Enf. nts. 1
IMME VAN	La b. ode Li. betu... 1
LAVALLE (T.)...	L. s. Fr. i. ères de la France 1
	Histo. re de la Turquie... 2
LEGOUVÉ (R.)...	Les èr. s. et les Enfants... 1
LOCKER Y (Mme)...	Cont. s. a. mes mères... 1
M CAULAY	H. sto. re et Cr. t. jue... 1
MACÉ (eab).....	ARI. méti. que du G ^d . Papa... 1
	C. ntes du Pe. t. Château... 1
	H. st. d'une Bouchée de pain 1
	Ser. iteurs de l'estomac... 1
MAURY (comm)...	Gé. graphie physique... 1
ORDINAIRE.....	D. t. onnaire de Mythologie 1
	Rh. t. r. q. e. nouve. le... 1
PAPE CARPANTIER (Mme)	Se. ret. des grains. e. sable 1
RATISBONNE (L.)...	Com. e. en aut. ne 2. s. en i. v. 1
RENARD	Le Fond de a. mer. 1
ROULIN (P.).....	Histo. re natur. ille... 1
ROZAN (Ch.).....	Pe. tites Ignor. nces... 1
SAYOUS	Cons. ils a. une m. re. 1
	Princ. ip. e. Litt. rature... 1
SIMONIN	Histo. re. e. la Terre... 1
STAHL (P.-J.)...	Morale fami. ère... 1
STAHL et MULLER	Nouv. au. b. nson. suisse... 1
THIERS	H. sto. re d'aw... 1
VERNE (Jules)...	Arch. es. d. i. ca. il. Halle. as... 1
	— A. a. s. au p. o. e. Nord... 1
	— D. r. t. de Glace... 1
	— C. i. nq. s. a. nes. Gallon... 1
	— De la Ter. e. a. Lune... 1
	— Vo. geau. C. ntes. de la Terre... 1
	— <i>Enfants du capitaine Grant</i> : 1
	— L. Améri. que du Sud... 1
	— L' Austral. e... 1
	— L' Océan Pacifique... 1
WAGAN (de)...	Voyages et Aventures... 1
WURZEL et MARGOLLE	Les Tempêtes... 1
	Histo. re de la navigation... 1
	— Le Monde sous-marin... 1

VOLUMES IN-18 ILL.

Br., 3 fr. 50. — Cart. ép. ile, tr. s.
Reliés, tranches dorées,

	Vol.
BERTRAND (Alex.)	Révolutions d... 1
FARADAY (M)...	Histo. re d'une... 1
FRANKLIN (J)...	Vie des anim... 1
GRATIOLET (P.)...	De la Physi... 1
MAYNE-REID.....	Avent. de terr... 1
	— Les Jeunes Es... 1
	— Le Désert d'es... 1
IERA (Ch.).....	Contes chois... 1
RAVIERA (de)...	Habitant de la... 1
VELVA (de).....	Le Livre de M... 1

VOLUMES IN-18. — PRÉ

CHENNEVILLERS (de)	Avent. du pe... 1
	— Louis de... 1
DE LA PLANTE (Ed.)	La Plante (2 v... 1
MAURE (Jean)...	Théâtre du Pe... 1
	— Arithmétique... 1
	— Papa éditic... 1
	— Morale en act... 1
	— Le Genre et... 1
	— ville. I. v. II... 1
	— La Ligue de l'... 1
	— ment, n° 1... 1
SOUVIRON.....	Dictionnaire d... 1
	— techniques... 1

Sous presse :

AGASSIZ.....	Manuel de zool... 1
BIART (LUCIEN)...	Avent. d'un je... 1
DANA.....	Manuel de géo... 1
	— minéralogie... 1
DE CHEPVILLE ..	Hist. d'un trop... 1
DE MESSAS.....	Histo. re sa. nte... 1
	— Nouveau Tes... 1
DE TEMPLE.....	Traité de mé... 1
DEBASSE RECLUS...	H. sto. re d'un... 1
FLAMMARION (C.)	H. sto. re de la... 1
FOUCAU.....	Les Glaciers de... 1
GASTON PARIS... ..	H. st. de la lang... 1
GISET (Ernest)...	Avent. de la vi... 1
LACOME.....	La Musique m... 1
	— tée des enfan... 1
LE COMTE.....	L'Art de conce... 1
	— crive chez les... 1
MULLER.....	Morale en acti... 1
	— Jeunesse d'hom... 1
NORTH PEAT.....	Merveilles de la... 1
ORDINAIRE.....	Hist. de la litté... 1
VAN BROUSSSEL ..	Chants d'un vic... 1
STAHL.....	Les Confidenc... 1
	— sionnaires... 1
WOOD.....	Aventures d'un... 1
STAHL et DE WAILL.	Enfants en Am... 1

PARIS. — J. CLAYE, IMPRIMEUR, 7, RUE SAINT-BENOIT. — [