

LES MYSTÈRES

D'UNE

BOUGIE

LA COMBUSTION, LA LUMIÈRE, LA CHALEUR

PAR

HENRI VILLAIN

OUVRAGE ILLUSTRE DE 47 GRAVURES

PARIS

P. BRUNET, LIBRAIRE-ÉDITEUR

31, RUE BONAPARTE, 31

1870

(Droits de traduction et de reproduction réservés)

BIBLIOTHÈQUE
DE LA SCIENCE PITTORESQUE

LES
MYSTÈRES D'UNE BOUGIE

ABBEVILLE. — IMP. BRIEZ, C. PAILLART ET RETAUX.

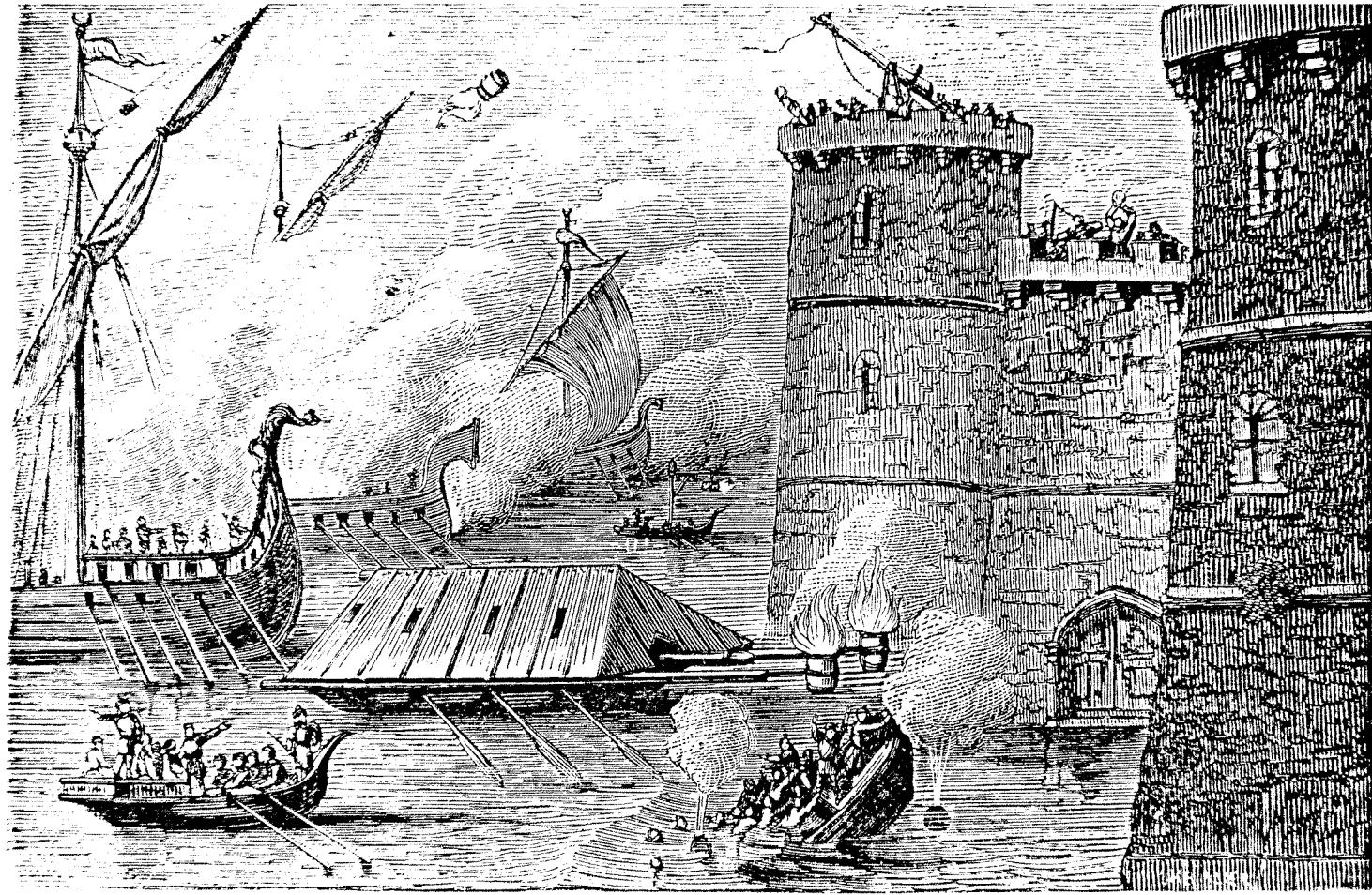


Fig. 24. — Le feu grégeois et les pots à feu dans les anciennes guerres.



Fig. 26. — L'incendie.

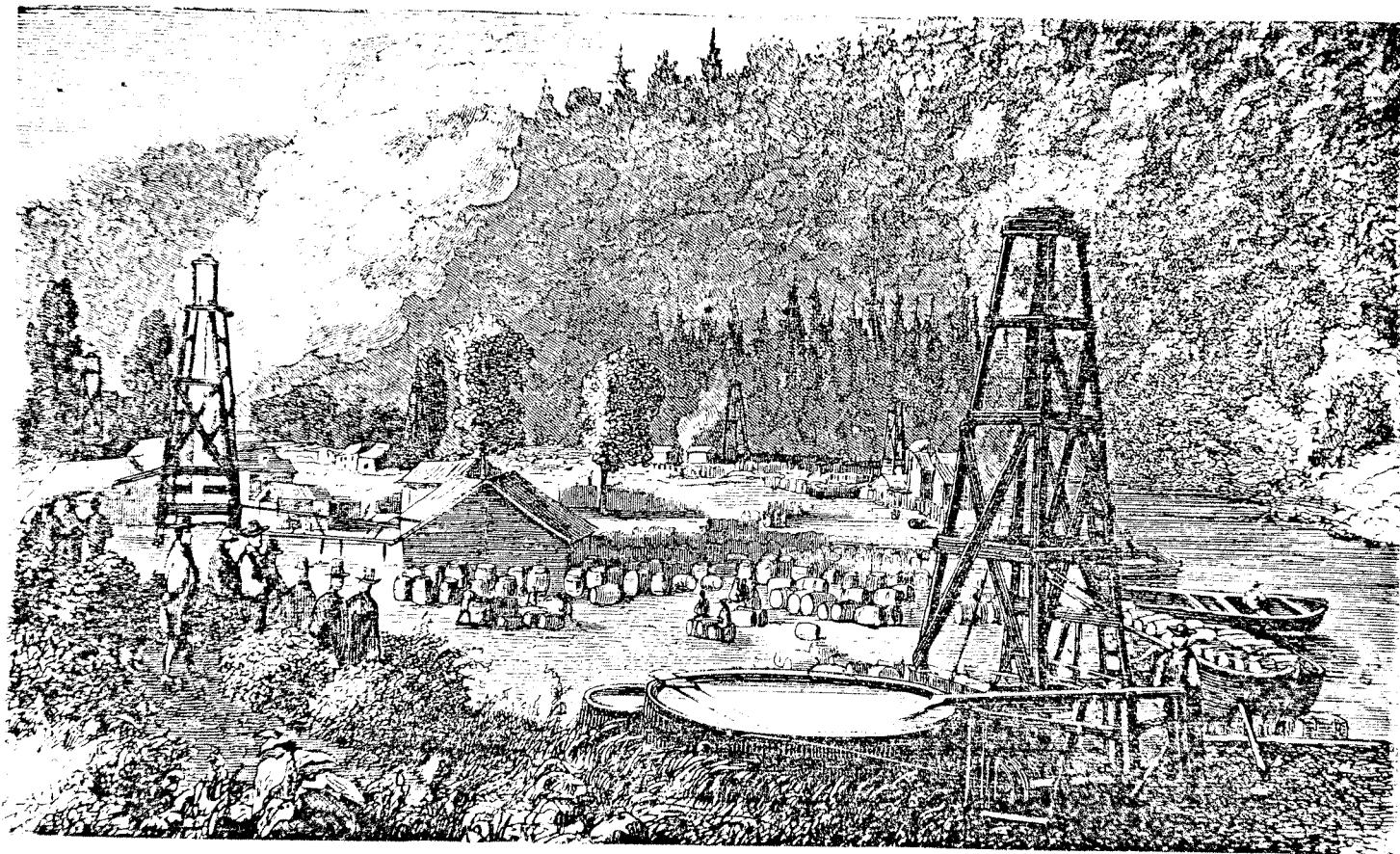


Fig. 54. - Les puits à pétrole dans la vallée de l'Oil Creek



Fig. 53. — Les feux de la Saint-Jean en Bretagne.

LES MYSTÈRES D'UNE BOUGIE

CHAPITRE I

LA FLAMME DE LA BOUGIE

Il serait difficile de trouver dans la nature quelque chose de plus admirable, et en même temps de plus instructif, qu'une bougie allumée : le bassin creux, partiellement rempli de matière fonduë, à la base de la mèche ; la fusion lente du liquide ; sa vaporisation ; la structure de la flamme ; sa forme élancée se terminant en pointe ; l'air qui afflue pour pourvoir à son entretien ; sa beauté, son éclat, sa mobilité, en ont fait le type parfait des êtres éthérés, et la dissection qu'on peut en faire, loin de diminuer le plaisir avec lequel nous la considérons, en fait plus que jamais pour les esprits éclairés une merveille d'une beauté incomparable.

Donc, si vous le voulez bien, chers lecteurs, et quoique on ne doive pas trop s'approcher du feu, examinons ensemble, et

dans tous ses détails, cette petite merveille, et j'ai bon espoir que nous pourrons arriver sains et saufs au terme de ce voyage à travers la flamme.

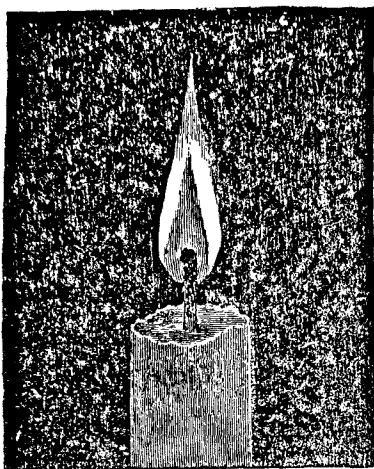


Fig. 1. — Forme de la flamme.

de ce papier, vous verrez qu'elle est carbonisée, mais comment? Précisément en parfaite correspondance avec le cercle de feu de la flamme, remplacé sur le papier par un cercle de charbon.

Si vous observez avec attention ce cône lumineux, vous remarquez que la flamme offre deux parties bien différentes pour leur apparence et leur nature: l'une extérieure, très-lumineuse; l'autre intérieure et obscure. Nous verrons tout-à-l'heure que celle-ci est à une température très-peu élevée, tandis que la première est très-chaude.

Avec plus d'attention encore vous pourrez reconnaître dans cette flamme l'existence de quatre couches concentriques et d'inégale température: la première de ces couches est celle que l'on voit à la base et qui est d'un bleu sombre; la deuxième forme le cône obscur de l'intérieur de la flamme; la troisième

Au premier abord, la flamme ne nous apparaît que comme un cône creux de matière brûlante. Si, dans notre pensée, nous coupons horizontalement ce cône lumineux, la section sera un anneau enflammé. Vous pouvez, du reste, réaliser d'une manière pratique cette section transversale. Prenez un morceau de papier blanc, abattez-le sur la flamme d'une bougie jusqu'à ce qu'il touche presque la mèche. Si vous regardez la surface supérieure

est l'enveloppe blanche et brillante qui nous éclaire; enfin la quatrième est une enveloppe gazeuse, très-mince, que l'on aperçoit autour de la troisième.

Nous avons dit que ces couches étaient d'inégale température. Vous pouvez facilement vous en assurer.

Approchez, en effet, à quelques millimètres de la partie lumineuse, un fil de platine très-fin, on le voit rougir immédiatement jusqu'au blanc; ce qui nous donne la preuve de la haute température de ce point. Pour vous assurer maintenant du peu de chaleur de la partie intérieure, placez au-dessus de la flamme une toile métallique à mailles fines; abaissez-là graduellement, la flamme se déprime et forme un cône creux dont l'intérieur est obscur. Fixez cette toile de manière à ce qu'elle ne puisse changer de position, et disposez les choses pour que la flamme ne soit pas agitée; puis, avec un instrument convenable, percez la toile au-dessus du cône obscur.

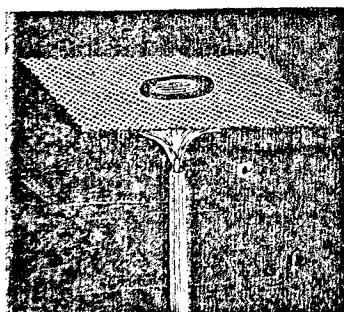


Fig. 2. — Démonstration de la température du centre de la flamme.

Vous pourrez alors porter dans celui-ci des grains de poudre à canon, du phosphore, de la poudre fulminante même, sans que ces substances s'enflamme, ce qui aurait lieu inévitablement si le cône obscur était à une température suffisante, bien inférieure cependant à celle de l'enveloppe lumineuse.

— Mais comment, me direz-vous, expliquer ces inégalités si

remarquables de température?

— Bien simplement, comme vous allez le voir:

La lumière est produite par la combustion au contact de l'air de la vapeur formée par la matière grasse qui compose la bougie. L'air ne touchant cette vapeur que par sa surface extérieure, celle-là seulement peut brûler, et, par suite, développer

une grande quantité de chaleur; la partie intérieure, elle, est, au contraire, préservée de la combustion, et n'est formée que de la matière grasse volatilisée à la faveur de la mèche, à une température relativement très-basse.

Vous pouvez comprendre facilement d'après cela que quand, pour une surface donnée de mèche, l'air n'agit que sur la surface extérieure, la lumière doit être beaucoup moins brillante que si la disposition était telle que l'air pût agir également sur la surface intérieure. C'est ce que vous remarquez facilement en examinant une lampe à double courant d'air; alors, au lieu d'une surface brillante recouvrant une partie obscure, vous remarquez une lame obscure renfermée entre deux lames lumineuses, et cet effet peut être porté au point d'anéantir presque complètement la partie obscure, comme vous pouvez le voir dans les becs à gaz connus en Angleterre sous le nom de *bath-wings* (ailes de chauves-souris), et que l'on emploie en France sous celui de *papillon*.

L'air joue donc un grand rôle dans la combustion, et il est nécessaire à la production de la flamme. Mais qu'est-ce donc, en réalité, que la flamme?

Vous savez que lorsqu'on chauffe une cornue contenant de la houille, cette matière se transforme en coke, tandis qu'un gaz s'en échappe. Le coke, porté à une température convenable, brûle avec incandescence; le gaz, dans les mêmes conditions, brûle avec flamme. La houille, chauffée en plein air, doit être tout à la fois incandescente et flambante: c'est ce qui arrive, en effet. La flamme n'est donc qu'un gaz en incandescence.

Vous comprenez d'après cela qu'aucun corps ne pourra brûler avec flamme, si ses éléments ne peuvent pas se gazéifier. Le bois s'enflamme parce que ses principes combustibles, séparés par la chaleur, prennent la forme gazeuse. Le fer ne devient qu'incandescent, parce que le fer lui-même, aussi bien que son oxyde, ne peuvent pas prendre l'état aérisé.

Lorsqu'on veut se servir pour l'éclairage d'un combustible

solide, suif, cire, stéarine, etc., on est obligé de lui donner une certaine forme, qui est généralement cylindro-conique et que, du reste, tout le monde connaît parfaitement; au centre de cette bougie ou chandelle on place une mèche. La mèche ordinaire n'est pas autre chose qu'un faisceau de fibres textiles juxtaposés, le long desquelles les liquides s'élèvent, comme s'ils étaient aspirés par de petits tubes, de sorte que la partie de la mèche qui n'est pas plongée dans un liquide s'en imbibe cependant par absorption. C'est là un phénomène de capillarité analogue à celui que l'on observe quand on plonge dans l'eau l'extrémité d'un bâton de craie ou d'un morceau de sucre; on voit l'eau s'élever rapidement à la partie supérieure du bâton ou du morceau. De même, si l'on plonge l'extrémité d'une ficelle ou d'une corde dans un vase contenant un liquide, et qu'on laisse pendre à l'extérieur l'autre extrémité, on verra bientôt le liquide s'écouler par cette extrémité. La corde ou la ficelle joue ici le rôle d'un véritable siphon. C'est encore un phénomène du même ordre qui fait que votre cuvette se vide au détriment de votre parquet, si, en faisant votre toilette, vous laissez par mégarde un coin de votre serviette plonger dans la cuvette remplie d'eau.

Le rôle de la mèche s'explique tout naturellement par la propriété que présentent les corps poreux de faciliter la décomposition ou la gazéification de certains corps.

— Mais, allez vous me demander, qu'est-ce qui rend donc les flammes lumineuses? Pourquoi certaines flammes sont-elles très-lumineuses, tandis que d'autres le sont à peine? Ainsi la flamme d'une lampe à esprit de vin est bien moins éclairante que celle d'une bougie!

— La réponse est bien simple. Pour qu'une flamme soit lumineuse, il faut qu'elle contienne des particules solides disséminées dans son intérieur. Ces particules s'échauffent, atteignent bientôt une température suffisante pour devenir incandescentes, et, par suite, donner de l'éclat à la flamme. Ces par-

ticules solides sont des molécules chatbonneuses déposées par le corps combustible ; la différence que l'on remarque entre les flammes doit donc tenir à la nature même du corps combustible. Pour qu'une flamme devienne brillante, il faut que le gaz ou la vapeur qui s'enflamment laissent un dépôt solide en quantité convenable. Ainsi l'hydrogène et l'alcool ne donnent qu'une lumière faible ; l'hydrogène carboné, ou le gaz de l'éclairage, en donnent une d'autant plus éclairante qu'il contient plus de carbone, dont une partie se disperse par la combustion. L'éther, qui contient une plus forte proportion de carbone que l'alcool, produit également une flamme plus éclairante que ce dernier. Les produits gazeux provenant de la décomposition et de la volatilisation des matières grasses composant la bougie, sont très-chargés en charbon et donnent, pour cette raison, une flamme très-éclairante ; il en est de même des huiles végétales et surtout des huiles minérales désignées sous le nom générique de pétrole.

Vous avez pu remarquer très-souvent, les soirs d'illumination, que les cordons de gaz, de lumineux qu'ils étaient, deviennent tout à coup d'une couleur bleue à peine visible. C'est lorsqu'il survient un courant d'air, insuffisant pour éteindre la flamme, mais suffisant pour activer la combustion, et brûler tout ou partie du carbone disposé dans la flamme.

On peut rendre éclairante une flamme qui ne l'est pas naturellement en introduisant dans son intérieur un corps solide non décomposable à une température élevée, tels que des bâtons de magnésie, des fils ou des spirales de platine, etc. Nous verrons plus loin les applications industrielles de ces procédés.

Voyons maintenant ce qui se passe quand on allume une bougie neuve.

Les matières grasses ne sont pas, en général, volatiles. On peut, en réalité, les distiller, mais à la condition qu'elles se décomposent. Ainsi la cire en vapeur n'est plus de la cire, mais un mélange formé en grande partie de carbures d'hy-

drogène de différente nature. Quand vous allumez une bougie neuve, vous voyez la mèche mal brûler au commencement, puis tout-à-coup s'envelopper d'une flamme brillante. La mèche brûle mal d'abord, parce qu'elle n'est pas imbibée de matière combustible ; mais celle-ci y arrive par capillarité dès qu'elle est fonduë.

La décomposition commence alors : les produits de cette décomposition, enveloppés par l'air atmosphérique, s'enflamment ; en brûlant ils entretiennent et même ils élèvent la température, et, par conséquent, l'afflux du liquide combustible continue et alimente la flamme.

Vous remarquerez au pied du lumignon une belle coupe qu'on nomme le *godet*. A mesure que l'air arrive auprès de la bougie, il s'élève, grâce à la force du courant que produit la chaleur, et frappe les parois de cire de manière à rendre les bords du godet plus froids que le cercle intérieur. Ce dernier fond sous l'influence de la flamme qui descend le long de la mèche, aussi bas qu'elle le peut, avant de s'éteindre dans la matière grasse en fusion, mais la partie extrême ne fond pas, et le godet se trouve naturellement formé. Si on provoque un courant d'air à droite ou à gauche, le godet s'ébrèchera, et la cire en fusion coulera le long de la bougie.

On comprend dès lors facilement pourquoi on arrive à un si mauvais résultat quand on brûle des bougies qui sont cannelées, et qui ne peuvent donner au godet ce bord délicatement arrondi nécessaire pour empêcher l'écoulement de la matière grasse en fusion. L'objet le plus parfait n'est pas toujours celui qui plaît le mieux à l'œil, mais bien celui qui remplit le mieux l'emploi pour lequel il a été créé. Les gracieuses bougies cannelées brûlent mal, parce qu'elles appellent un courant d'air irrégulier qui produit à son tour un godet irrégulier.

On reconnaît les effets du courant d'air ascendant dans ces petits ruisseaux qui débordent le long d'une bougie et la rendent plus épaisse d'un côté. A mesure que la bougie brûle, l'ex-

croissance reste en place et forme 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.

A l'aide d'une jolie expérience, quoique banale, on peut très-bien faire comprendre la volatilité du combustible. Si vous soufflez adroitement une bougie, vous voyez s'élever un tout petit nuage de vapeur qui représente la substance solide métamorphosée. Il ne s'agit pour cela que de souffler dessus d'une manière continue, si, en même temps, vous tenez une allumette enflammée à quelques centimètres de la mèche, vous remarquez une traînée de flamme qui traverse l'air jusqu'à ce qu'elle arrive à la bougie qu'elle rallume. Il faut se hâter en faisant cette expérience, car si on laissait à la vapeur le temps de se refroidir, elle se condenserait en corps liquide ou solide.

Une quantité d'air insuffisante produit toujours une combustion incomplète, et, par suite, une température peu élevée, ce qui nuit à l'éclat de la flamme et donne de la fumée. Un excès d'air nuit également, soit parce que la flamme est refroidie, soit parce que la combustion totale est trop prompte.

Avec de mauvaises mèches, une partie du combustible se vaporise en pure perte sans prendre feu, en donnant de la fumée et une odeur de matière grasse à demi-décomposée. C'est ce qui arrive dans les lampes mal construites, et dans les chandelles qu'on néglige de moucher. Il y a consommation plus grande de combustible, et un plus faible pouvoir éclairant.

CHAPITRE II

LE MAÎTRE DE LA FLAMME

Nous avons vu dans le chapitre précédent que l'air est une des conditions essentielles de la production de la lumière. Vous n'ignorez pas que l'air qui nous environne est formé d'un mélange de deux gaz : l'Oxygène et d'Azote (1). En dehors de ces deux gaz, l'air renferme d'autres corps, mais en proportions très-faibles et très variables. Ainsi quelles que soient les localités et les saisons, vous verrez toujours une couche d'humidité se former, à la surface d'un corps dont la température sera de beaucoup inférieure à celle de l'air ambiant, comme la buée qui se forme sur les carafes d'eau froide ou frappée qu'on vient à placer dans un appartement ; vous remarquerez aussi l'eau de chaux, qui est limpide quand on vient de la faire, devenir laiteuse dès qu'elle reste exposée quelque temps à l'air.

Le premier fait prouve que dans l'atmosphère il y a toujours

(1) 100 volumes d'air sont fournis par 21 volumes d'oxygène et 79 volumes d'azote.

de la vapeur d'eau, la deuxième y démontre la présence constante de l'acide carbonique.

Bien d'autres principes se trouvent sans doute encore répandus dans l'atmosphère, car sur tous les points du globe s'accomplissent, à chaque instant, des phénomènes chimiques dont les produits gazeux entrent dans l'air. Les plantes, et notamment les plantes aquatiques, versent dans l'atmosphère non-seulement de l'oxygène, mais encore de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène protocarboné : les volcans vomissent des fluides aériformes de nature très-complexe ; l'eau, en s'évaporant, entraîne avec elle une faible partie des principes fixes qu'elle tient en dissolution; la foudre, en sillonnant l'espace, engendre de l'acide azotique et de l'ammoniaque, etc. Si donc quatre principes représentent la composition ordinaire de l'atmosphère, il n'en est pas moins certain que cette dernière en renferme un plus grand nombre que nos moyens analytiques ne mettent pas tous en évidence.

Il est probable que depuis que l'homme existe, la composition moyenne de l'air n'a pas varié, et qu'il en sera toujours ainsi en vertu du jeu régulier des forces qui agissent à la surface de la terre.

L'oxygène qui compose la cinquième partie de l'air atmosphérique et en forme la partie respirable, est aussi indispensable à la combustion qu'à l'entretien de la vie chez les animaux. Lorsqu'il est isolé d'avec l'Azote qui l'accompagne dans l'air, il exerce une si puissante action sur les corps qu'il suffit, par exemple, qu'une allumette, une bougie ou une chandelle, présente quelques points en ignition pour qu'elle s'y enflamme et brûle avec un éclat capable de blesser la vue.

L'air, vous le voyez, est donc aussi utile à l'homme pour lui procurer la chaleur dont il a besoin pour se soustraire au froid des hivers, à l'obscurité des nuits, ou pour la préparation de ses aliments et d'une foule de produits qui lui sont nécessaires.

saires dans l'état de société, que pour le soutien de sa propre existence.

Dans des vases vides d'air, aucune combustion ne peut avoir lieu. Vous pouvez facilement vous en assurer en opérant sous le récipient d'une machine pneumatique.

Si dans aucune circonstance naturelle il n'est possible d'obtenir un effet aussi complet, on peut cependant l'obtenir en diminutif, en s'élevant dans l'atmosphère à une grande hauteur, là où la rareté de l'air rend la respiration extrêmement pénible et diminue l'activité de la combustion, comme l'éprouva Saussure sur le Mont-Blanc, où il lui était difficile de faire brûler du bois.

Chaque jour pour les besoins de la vie nous développons de la chaleur en brûlant du bois, du charbon ou d'autres corps analogues ; nous les voyons se détruire lentement, produire une chaleur assez vive, mais supportable à quelque distance, et quoique l'activité que nous pouvons procurer au feu par l'action d'un soufflet nous prouve que l'air agissant sur un point donné peut déterminer une action assez vive, nous sommes loin encore d'avoir une idée de l'excessive température que l'on peut obtenir avec les mêmes combustibles en accélérant le mouvement de l'air et plaçant le corps à brûler dans des appareils convenables. En jetant les yeux sur une forge d'ouvrier en fer, vous pouvez déjà comprendre combien est grande l'action de l'air, puisque dans un espace très circonscrit, et au moyen d'un soufflet que l'on met facilement en action avec la main, on peut en quelques instants porter de grosses pièces de fer à la température nécessaire pour les souder ensemble. Mais si d'une forge à bras nous passons à un fourneau à fondre les métaux, à un four de verrerie, ou à un haut-fourneau dans lequel on obtient la fonte de fer, la température que l'on aura, sera telle, que des ouvriers habitués à ce genre de travail pourront seuls approcher des ouvertures, et, dans ce cas, non-seulement les métaux et le verre fondent,

puisque c'est le but de l'opération, mais les briques et les matériaux employés à la construction, et qui ont été choisis les plus réfractaires qu'il a été possible de les obtenir, se ramollissent et fondent plus ou moins : la lumière produite est si vive que l'œil peut à peine la supporter, et que l'on ne peut qu'avec de l'habitude distinguer les objets placés au milieu du feu, tant leur éclat éblouit. Ici c'est cependant du charbon ou du bois qui brûle comme dans nos cheminées et dans les fourneaux de nos cuisines ; mais il est facile de se rendre compte de l'extrême différence des résultats par la quantité de matière brûlée dans un même temps. Quoique l'air ne contienne que 1/5 de son volume d'oxygène, les masses qui affluent sur le combustible y en amènent des proportions si considérables qu'elles peuvent paraître surprenantes. Ainsi, pour signaler l'effet le plus remarquable, un haut-fourneau, alimenté avec du coke, reçoit des machines soufflantes, par minute, jusqu'à vingt mètres cubes d'air qui en renferment quatre d'oxygène, et la quantité de combustible brûlé s'élève jusqu'à cinq quintaux métriques dans le même temps.

Si, de ces phénomènes, dépendant de l'action de l'air atmosphérique, vous passez à ceux qu'offre l'oxygène lui-même, vous trouverez encore des effets plus remarquables par leur intensité, quoique les observant sur de faibles quantités, parce que son action ne sera plus diminuée par celle de l'azote.

Le charbon, tel qu'on l'emploie dans nos foyers, allumé dans un seul point et porté dans l'oxygène, développe une lumière brillante et se consume avec une excessive rapidité, en ne laissant que quelques parcelles de cendre.

Le phosphore brûle avec une flamme très-lumineuse lorsqu'on le chauffe dans l'air; mais rien n'égale l'éclat de celle qu'il produit quand, après l'avoir allumé, on le porte dans un vase rempli d'oxygène ; l'œil ne peut rester quelques instants fixé sur le point qu'il occupe.

Quoique ces effets soient très-remarquables, ils n'offrent rien

d'aussi digne d'attention que ceux que produit le fer lorsqu'il brûle dans l'oxygène. Il n'est personne qui n'ait remarqué l'éclat des étincelles que lance dans l'air un morceau de fer

qu'un forgeron retire de sa forge, lorsqu'il l'a échauffé trop fortement, et qu'il *brûle*, comme dit l'ouvrier. Cependant, si, au lieu d'employer un morceau volumineux de ce métal, on prend un ressort de montre dont on lime l'extrémité pour en former une pointe, ou, mieux encore, un gros fil de fer obtenu en tordant ensemble six ou huit fils très-fins, à l'extré-

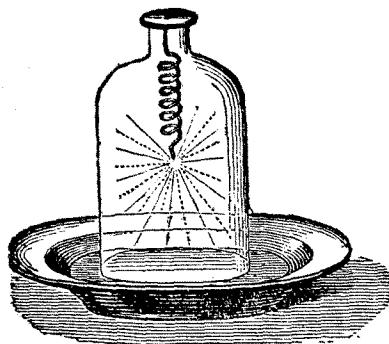


Fig. 3. — Combustion du fer dans l'oxygène.

mité desquels on ait attaché un petit morceau d'amadou que l'on enflamme pour échauffer faiblement le fer, et que l'on plonge le tout dans l'oxygène, le métal rougit et lance dans tous les sens des étincelles dont l'éclat blesse la vue ; il se forme un bouton d'oxyde sur lequel il est impossible de fixer les yeux, et qui se détache bientôt par son propre poids. La température de ce fragment est si élevée, qu'à travers même une couche d'eau de plusieurs centimètres, il peut encore pénétrer dans la masse du verre sur lequel il tombe.

— Puisque l'oxygène est le principe actif de l'air, à quoi sert donc l'azote, pourrait-on dire ?

— Ce gaz, en effet, n'intéresse guère des yeux vulgaires ; il ne joue pas un rôle brillant dans les phénomènes de la combustion, qu'il ne demande, au contraire, qu'à arrêter. Sans odeur et sans saveur, incombustible par lui-même, il semble produire sur nos organes aussi peu d'effet que possible. En un mot, il ne paraît digne d'aucune attention particulière.

Mais un examen plus attentif va vous en faire ressortir toute l'importance.

L'azote est un délayeur. Il joue, en présence de l'oxygène, le rôle de l'eau que vous ajoutez au vin pour en atténuer la force alcoolique. Dans l'oxygène pur les mouvements de la vie seraient trop précipités ; tous nos organes fonctionneraient avec une trop grande rapidité. Nous mènerions une véritable existence à la vapeur, qui nous conduirait promptement à la mort ; nos jours s'écouleraient avec la vitesse que mettent les aiguilles d'une pendule à parcourir les différentes heures du cadran quand on a détaché le balancier. L'azote est le balancier qui règle le jeu de nos organes.

A un autre point de vue, que deviendraient nos arts industriels, si notre atmosphère, au lieu d'être un mélange d'oxygène et d'azote, était de l'oxygène pur ?

Nous avons dit plus haut qu'un morceau de fer qu'on allume et qu'on plonge dans l'oxygène brûle entièrement. Vous pouvez imaginer, d'après cela, ce qui arriverait aux grilles de vos foyers, s'il n'entrait que de l'oxygène dans l'air. Elles brûleraient plus vite que le charbon de terre, car le fer est encore plus combustible que la houille dont la flamme vacillante éclaire votre foyer. Le feu qu'on allume au milieu d'une locomotive formerait le centre d'un vaste incendie, si nous n'étions environnés 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 qui s'échappe non brûlé d'une flamme éclairante ; il le disperse dans la masse de l'atmosphère et l'emporte là où il peut rendre de grands services à l'homme et profiter à la végétation.

L'azote, comme vous le voyez, est un de ces mystérieux agents destinés à assurer l'équilibre de toutes les forces de la nature, et que nous rencontrons à chaque pas dans l'étude des sciences.

Certains sels jouissent de la propriété de faciliter et d'activer considérablement la combustion. Ce sont ceux qui contiennent

dans leurs éléments des quantités relativement considérables d'oxygène. Nous pouvons citer tous les azotates en général, et le salpêtre (azotate de potasse) en particulier, le chlorate de potasse, certains composés de manganèse ou de chrome, etc.

Tous ces corps brûlent complètement les parcelles charbonneuses qui échappent à la combustion dans les circonstances ordinaires. La préparation de la braise chimique pour l'allumage des feux dans les cuisines, celle des cigarettes nitrées dont on fait usage en médecine, sont basées sur ces propriétés dont nous verrons plus loin d'autres applications. ~

Dans un ordre un peu différent d'idées, certains sels organiques de potasse peuvent aussi aider à la combustion, tandis que des sels de chaux l'entraveraient. Ainsi un tabac incombustible, ou plutôt se brûlant mal, devient combustible quand on lui incorpore du malate, du citrate, de l'oxalate ou du tartrate de potasse ; au contraire, un tabac combustible devient incombustible quand on lui incorpore un sel à base de chaux ou de magnésie. On peut conclure de là qu'on doit à la présence de certains sels organiques dans le tabac, la plus ou moins grande combustibilité des cigares.

Les sels organiques de potasse exposés en vase clos à l'action de la chaleur, se boursoufflent beaucoup, sans doute parce qu'ils fondent en se décomposant et produisent un charbon volumineux, peu agrégé, très-poreux ; au contraire, les sels organiques de chaux et de magnésie placés, dans les mêmes conditions, ne changent guère de volume, et donnent, par conséquent, un charbon plus compacte, plus agrégé. Or, tout le monde sait qu'un charbon peu agrégé s'enflamme plus facilement et demeure plus longtemps en ignition qu'un charbon doué d'une agrégation plus grande. D'un autre côté, si vous considérez la combustion du tabac, celle d'un cigare par exemple, vous reconnaîtrez que l'action du feu a un double résultat ; production de substances volatiles (fumée), et production de

charbon. La combustion est principalement entretenue par ce dernier corps, qui s'allume et se consume au fur et à mesure qu'il prend naissance.

En rapprochant ces diverses observations, vous concevez aisément l'influence des sels organiques alcalins dans la combustion. Quand un cigare sera bien pourvu de semblables sels, ceux-ci, décomposés avec boursoufflement par la chaleur, produiront par eux-mêmes un charbon poreux, et serviront en outre à diviser, à désagréger le charbon des autres matières auxquelles ils sont mêlés. Le charbon du cigare, du reste, sera assez poreux pour garder le feu. Dans le cas contraire, le cigare charbonne, et les parties carbonisées semblent conserver, en apparence, les contours du tissu de la feuille.

Il est donc possible, par une culture intelligente, d'arriver à l'amélioration du tabac.

CHAPITRE III

CONCERT ET BALLET

Plus vous avancez dans l'examen de l'organisation de la flamme, plus vous admirez sa sensibilité. Elle semble vraiment douée d'une vie réelle. Tantôt fogueuse et mugissante, ici capricieuse et folâtre, là frémisante et agitée, ailleurs douce et comme résignée, elle paraît s'identifier à tous les mouvements de l'atmosphère et des différents objets qui l'environnent.

Vous savez que le frottement d'un corps contre un autre est toujours rythmé. Si vous passez sur une corde un archet saupoudré de colophane, la tension de la corde assure la perfection du rythme produit par le frottement. Quand vous passez les doigts mouillés sur les verres d'un harmonica, la nature essentiellement rythmique de leur frottement se traduit en musique agréable à l'oreille.

Savart a démontré que le frottement d'un liquide contre les bords de l'orifice par lequel il s'écoule, est apte à produire des sons musicaux. Prenez un tube rempli d'eau, dont l'extrémité inférieure est fermée par une plaque de laiton percée en son

centre d'un orifice circulaire dont le diamètre est égal à l'épaisseur de la plaque, et qui est bouché à l'aide d'une cheville. Si vous venez à ôter cette cheville, l'eau s'écoule, et à mesure qu'elle s'abaisse dans le tube il se produit une note musicale d'une grande douceur engendrée par la colonne liquide. Cette note mélodieuse est due aux intermittences de l'écoulement, qui ont pour effet d'animer la colonne entière d'un mouvement de vibration. On voit se dessiner cette tendance à la production du mouvement vibratoire dans les rides circulaires que fait naître autour du centre de la tasse, le filet de thé qui coule du col étroit de la théière. Le même effet d'interruption se manifeste dans les anneaux de fumée noire qui s'élancent, par successions rythmées ou cadencées, de la cheminée des bateaux à vapeur. Le bruit désagréable d'une machine mal graissée est une manifestation du fait que le frottement n'est pas uniforme, que les surfaces frottantes grippent, et ne grippent pas d'une manière régulière.

Si nous considérons le frottement des gaz, nous y retrouvons ces mêmes caractères d'interruption. La balle du fusil siffle en traversant l'air dans sa course rapide. Le frottement du vent contre les tiges et les branches des pins fait naître un bruit qui rappelle celui des cascades. Faisons traverser vivement l'air par une bougie allumée : les dentelures du ruban lumineux suivant lequel elle s'épanouit sont la conséquence et la preuve visible de l'interruption, et le son presque musical qui accompagne l'apparition de la bande dentelée en est l'expression acoustique. D'un autre côté, si nous soufflons doucement sur une bougie sans l'éteindre, le son tremblotant qui résulte de l'agitation de la flamme, dénote encore une action rythmée. Lorsqu'on associe un tube à de l'air agité, il choisit la pulsation spéciale qui lui convient, et se transforme par résonance en un son musical. Pareille chose peut se produire avec le bruit de la flamme. Qu'on introduise par exemple dans un tube d'un diamètre et d'une longueur convenable, la flamme de la

lampe d'émailleur de nos laboratoires, et ses mouvements confus se résoudront en un bourdonnement musical. Il n'est pas

nécessaire pour produire cette agitation de mettre en jeu une action extérieure. Lorsqu'un bec de gaz enflammé est entouré d'un tube au centre duquel il plonge, la circulation intermittente de l'air suffit ordinairement pour produire le mouvement rythmé indispensable, et amener spontanément la flamme à chanter.

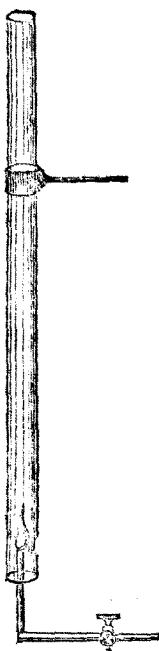


Fig. 4.—La flamme chantante.

On ne s'imagine pas quel degré d'intensité cette musique des flammes peut atteindre. Prenez un bec circulaire, percé, par exemple, de vingt ou trente orifices pour la sortie du gaz; placez au dessus de sa flamme un tube de fer blanc long de 15 décimètres, et d'un diamètre intérieur de 63 millimètres, et observez ce qui se produit. La flamme frémira d'abord et semble inquiète, mais elle a bientôt opposé à ses pulsations incertaines une périodicité parfaite, et il en résulte un son musical clair et retentissant. Avec un tube de 45 décimètres de longueur et 10 centimètres de diamètre, placé sur un large brûleur à gaz, on entend d'abord un frémissement préliminaire, puis un son d'une très-grande puissance. Si on augmente la hauteur de la flamme, l'action devient de plus en plus violente, bientôt c'est un véritable ouragan musical qui sort du tube, et qui rappelle la musique de Richard Wagner. Presque toujours ce vacarme cesse subitement; les pulsations de la flamme ont réagi sur elle, et, ne pouvant résister à la violence du choc, elle s'est éteinte. Avec un grand bec de gaz de Bunsen, le son du tube peut devenir assez fort pour ébranler le parquet, les meubles et toutes les personnes qui se trouvent dans la salle où l'expérience se fait; dans ce cas l'extinction

de la flamme, résultat de la réaction de ses pulsations sonores, s'annonce par une explosion aussi violente qu'un coup de pistolet. Une cheminée n'est autre qu'un tube de cette espèce, mais de proportions plus grandes, et le ronflement de la flamme dans l'âtre est une grossière ébauche de son musical.

Si l'on enflamme un jet d'hydrogène s'échappant par un orifice étroit, comme dans l'expérience de la lampe philosophique, et qu'on engage peu à peu le tube effilé dans un tube ouvert aux deux bouts et d'un plus grand diamètre, en ayant soin que la flamme en occupe le milieu, on entend un son musical continu, grave ou aigu, en rapport avec la longueur, le diamètre, l'épaisseur et la nature des tubes, aussi bien qu'avec la longueur et la rapidité du jet. En disposant plusieurs appareils à la suite l'un de l'autre, on peut obtenir les différentes notes de la gamme. On donne à ce petit appareil, le nom *d'harmonica chimique*.

Les flammes chantantes obéissent avec une telle facilité aux actions et réactions des pulsations qui tombent sur elles, qu'elles sont presque entièrement gouvernées par le tube qui les entoure ; je dis presque, mais non tout à fait, car le ton du son rendu dépend, dans quelques mesures, des dimensions de la flamme. On le prouve facilement en faisant rendre à deux flammes la même note, et modifiant ensuite légèrement les dimensions de l'une d'elles, l'unisson est aussitôt troublé. En faisant varier les dimensions d'une flamme, on peut obtenir les sons harmoniques du tube qui l'entoure. L'expérience réussit mieux avec le gaz hydrogène, dont la combustion est beaucoup plus active que celle du gaz ordinaire d'éclairage.

Lorsqu'une flamme de gaz ordinaire est surmontée d'un tube assez court, une forte voix de fausset, chantant à l'unisson du tube ou de son octave supérieur, fait trembler et vibrer la flamme. Il peut même arriver que la voix éteigne la flamme, lorsque le ton du son rendu par le tube est assez élevé.

On peut, dans certaines circonstances, faire que des flammes

nues ou sans tube, deviennent également des flammes sympathiques. Supposons, par exemple, une flamme qui éclaire un wagon ; elle se termine par un trait horizontal, quand le train est en repos ; au contraire, il se forme à chaque instant une langue centrale pendant que le train est en mouvement, et la flamme danse aussi longtemps que le permet le mode particulier de vibration qu'elle accuse. Quand le train est en repos, si l'on tape sur le verre qui abrite la flamme, il est rare qu'elle refuse de sauter.

Prenez une bougie allumée : vous pourrez sans l'émouvoir, crier, claquer des mains, siffler, battre une enclume, etc., quoique dans chacun de ces cas des ondes sonores très-énergiques traversent l'air. La bougie est insensible au son, il n'y a dans sa flamme aucun mouvement. Mais si, avec un petit chalumeau, vous lancez contre la flamme un mince courant d'air, qui produit un commencement de frémissement et diminue l'éclat de la flamme, et sifflez en même temps, la flamme saute immédiatement d'une manière très-visible. L'expérience peut être disposée de telle sorte que le son du sifflet rende à la flamme son éclat primitif, ou fasse disparaître la quantité de lumière qu'elle possède encore.

Tyndall, dans ses belles expériences, a examiné une flamme sortant de l'orifice unique d'un bec en stéatite, et s'élevant à 60 centimètres de hauteur. Le coup le plus léger frappé sur une enclume à une grande distance la réduisait à 17 centimètres. Le choc d'un trousseau de clefs l'agitait violemment et on entendait alors ses ronflements énergiques. A la distance de 20 mètres le faible bruit d'une pièce de cinquante centimes tombant sur quelques sous placés dans la main suffisait pour abattre la flamme. En marchant sur le plancher on l'agitait ; le craquement des bottes la mettait en une commotion violente ; le frôlement d'une robe de soie produisait le même effet. Une goutte de pluie qui tombait la réveillait en sursaut. Le chant d'un moineau perché au loin et la note du grillon suffisaient à

l'abattre; si l'on chuchottait à 30 mètres de distance la flamme se raccourcissait. Si l'on déclamait elle faisait une sorte de triage des sons émis par la voix; à quelques-uns elle répondait seulement par un signe de tête; à d'autres par une révérence; à d'autres encore par un salut profond, et il en est beaucoup pour lesquels la flamme semblait ne pas avoir d'oreilles.

Si vous jouez du piano le soir dans votre salon, vous voyez la flamme des bougies qui vous éclairent suivre et marquer les *andante* et les *forte*. Un sourd pourrait avec quelque attention apprécier le rythme du morceau. Dans un bal les flammes marquent également les mouvements rapides de la valse, les pas sautillants de la polka, et les figures modérées du quadrille. Au théâtre vous pouvez remarquer la sympathie qui existe entre les lumières de la rampe et les mouvements gracieux ou désordonnés des danseuses, les notes aiguës du ténor et celles plus graves de la basse; et, aussi bien qu'une personne à l'oreille sensible et délicate vous leur verrez faire un soubresaut quand une note fausse s'échappera de l'orchestre ou de la scène.

CHAPITRE IV

CHALEUR ET MOUVEMENT

L'art d'allumer du feu et de l'entretenir appartient exclusivement à l'homme. C'est un des traits de la supériorité du sauvage le plus dégradé sur le singe le plus parfait; et l'homme de génie qui apprit à sa horde à allumer et à entretenir un brasier a été le créateur de tous nos arts, depuis l'art de la cuisine jusqu'à celui des émaux.

A quelle cause faut-il attribuer la chaleur et les divers phénomènes qui en découlent?

On a répondu de bien des manières à cette question. Lorsque nos ancêtres voyaient apparaître sous leurs yeux un phénomène naturel non placé dans le cours ordinaire des événements, lorsqu'un fait plus ou moins singulier les frappait de surprise, ils étaient tout disposés à l'attribuer à une puissance surnaturelle.

En nous rapprochant de notre époque, à mesure que les sciences positives inaugurent leur ère glorieuse et font présar-

ger leur progrès, l'occulte se retire, mais sans jamais disparaître entièrement.

L'idée des gaz, dont l'étymologie est le mot allemand *geist* (âme, esprit), des fluides, de leur action et de leur puissance, surtout depuis les découvertes modernes sur la vapeur et l'électricité, domina bientôt, et, devant l'étonnante puissance de ces agents nouveaux, on fut disposé à leur attribuer la plus grande part de l'action mécanique qui gouverne le monde. Au besoin et dans l'ignorance de la cause de certains effets obscurs, on crée des fluides hypothétiques auxquels on supposa graduellement toutes les propriétés dont on avait besoin pour l'explication des faits. Et c'est ainsi que le son, la lumière, la chaleur, etc., furent considérés comme autant d'agents nommés impondérables ; car, en effet, il était difficile d'apprécier la consistance d'une chose qui n'existe pas.

Déjà dans le commencement de ce siècle, on avait remarqué la quantité purement hypothétique de ces créations. On avait dit, par exemple, que le son n'est pas un fluide comme l'eau, et que si, en pressant une éponge, on finit par épuiser l'eau qu'elle contient, il n'en est pas de même en frappant sur une cloche ; on pourrait la frapper éternellement sans épuiser le son. Donc, ajoutait-on, et avec raison, le son n'est pas une substance, mais bien l'effet d'une action mécanique.

Aujourd'hui, d'après les travaux d'expérimentateurs habiles, tous ces agents si divers par lesquels le monde extérieur se fait connaître à nos sens, le son, la lumière, la chaleur etc., se réduisent en *mouvement*. Ils ne sont plus des substances réelles, mais seulement des modes de mouvement, des vibrations de la matière pondérable.

Diverses causes mécaniques sont susceptibles de produire de la chaleur : le frottement, la compression, la percussion, etc. Frottez deux corps l'un contre l'autre, ils s'échauffent ; l'eau de mer est rendue plus chaude par l'agitation causée par une tempête, parce que le froissement mécanique des vagues est

promptement converti en chaleur. Comprimez fortement une substance, entre les plateaux d'une presse hydraulique, par exemple, elle s'échauffe. Tout le monde a pu observer qu'en frappant sur un clou, il arrive un moment où le clou devient chaud à brûler le doigt. — Si vous placez une balle de plomb sur une enclume, et que vous frappiez dessus à coups redoublés, vous observerez au toucher une augmentation sensible de la chaleur; et, si vous continuez à frapper lorsqu'elle sera aplatie, avec un peu de patience vous pourrez arriver à vous brûler les doigts, ce qui serait une excellente preuve de la transformation du mouvement en chaleur. En effet, la force mécanique dont le marteau est animé en frappant l'enclume, est soudain arrêtée par le choc.

Le mouvement est-il donc anéanti ?

Pas du tout. Rien ne se perd dans la nature; il est transformé en chaleur, et cette chaleur est mathématiquement égale au mouvement perdu, de sorte qu'elle serait capable, à son tour, si elle était intégralement recueillie et appliquée, d'élever le marteau à la hauteur d'où il est tombé.

Partout où il y a frottement vaincu, il y a chaleur produite, et cette chaleur est la mesure de la force dépensée à vaincre le frottement. La chaleur est simplement la force primitive sous une autre forme, et pour éviter cette transformation il faudrait anéantir le frottement. Vous mettez habituellement de l'huile sur la pierre à aiguiser; vous graissez votre scie, et vous avez grand soin de lubrifier les essieux de vos voitures. Que faites-vous en réalité dans chacun de ces cas? c'est ce que nous allons faire comprendre avec facilité.

Le devoir du mécanicien sur un chemin de fer, est de faire marcher son train d'un lieu à un autre. Son désir est d'appliquer le mieux possible la force de la vapeur, ou du foyer qui donne à la vapeur sa tension. Il n'est pas de son intérêt de laisser une partie de cette force se convertir en un autre genre de force, qui ne lui servirait pas à atteindre ce but. Il n'a nulle envie que

ses essieux s'échauffent, et pour cela, il évite, autant que possible de dépenser sa force à les échauffer. De fait, il a obtenu sa force de la chaleur et il ne s'agit nullement pour lui de ramener sa force à l'état de chaleur, car, à chaque degré de chaleur engendrée par le frottement de ses essieux, correspondrait une perte déterminée et équivalente de la force mécanique qui doit entraîner le convoi. Il n'y a pas de perte absolue de force, si nous pouvions recueillir toute la chaleur engendrée par le frottement, et la transformer sans perte en force mécanique, nous serions en état de communiquer au train la somme précise de vitesse qu'il a perdue par le frottement. Ainsi chacun de ces employés de chemin de fer, que vous voyez s'avancer avec leur pot de graisse jaune, et ouvrir les petites boîtes qui entourent les essieux des wagons, démontre expérimentalement, sans s'en douter, le principe qui constitue le lien d'union des phénomènes de la nature. Il affirme, à son insu, et la convertibilité et l'indestructibilité de la force. Il démontre pratiquement que l'énergie mécanique peut être convertie en chaleur, et que, lorsqu'elle est ainsi convertie, elle n'existe plus comme puissance mécanique; car, pour chaque degré de chaleur développée un équivalent rigoureusement proportionnel de la force locomotive de la machine disparaît. On approche d'une station à raison de 40 à 50 kilomètres à l'heure. On serre le frein; de la fumée et des étincelles s'échappent de la roue sur laquelle il agit. Le train est arrêté. — Comment? simplement par la conversion en chaleur de toute la force motrice qu'il possédait au moment où le frein a été serré.

Il en est de même du graissage de la scie du menuisier ou du charpentier. Son but, dans l'application de la force musculaire de ses bras, est de faire passer la scie à travers le bois; il veut le diviser en deux parts, détruire sa cohésion mécanique par les dents de la scie. Lorsque cette dernière s'enfonce péniblement, à cause du frottement exercé contre la surface plane, une même somme de force produit un effet moindre que lorsque

L'outil avance presque sans frottement. Mais en quel sens l'effet est-il moindre ?

Il ne l'est plus d'une manière absolue; il l'est relativement à l'effet cherché, et qui était de scier le bois; la force non employée à scier n'est pas perdue, elle est convertie en chaleur.

Vous réchauffez vos mains en les frottant, et, dans les cas d'onglée, vous restituez ainsi à vos doigts endoloris la chaleur qu'ils avaient perdue. Il est facile de charbonner le bois sur un tour par le frottement. Vous savez également vous procurer une étincelle à l'aide du briquet. Dans ce cas la chaleur précède toujours la combustion. Davy a trouvé que lorsqu'une batterie de fusil à pierre tombe dans le vide, il ne se produit pas d'étincelle, mais que les particules détachées de la platine, examinées au microscope, offrent des signes de fusion.

Un boulet en traversant l'air est échauffé par le frottement, et la théorie la plus probable des aérolithes est que ce sont de petits corps planétaires, tournant autour du soleil, enlevés à leurs orbites par l'attraction de la terre, et rendus incandescents par leur frottement contre notre atmosphère. M. Joule a démontré, en effet, que la friction de l'air suffisait à produire cette température élevée; peut-être même ne se trompe-t-il pas en affirmant que le plus grand nombre des aérolithes est dissipé par la chaleur, et que la terre échappe à un terrible bombardement.

A la fin du siècle dernier, en 1798, le comte de Rumford, l'un des fondateurs de l'Institut royal d'Angleterre, en faisant des observations sur le forage des canons, remarqua pour la première fois, expérimentalement, le principe de la transformation du mouvement en chaleur. C'est à lui que l'on doit sur ce sujet une des expériences les plus frappantes, surtout à l'époque où elle fut imaginée: c'est de faire bouillir de l'eau sans feu. Il plaçait un cylindre au centre d'une caisse contenant de l'eau, et faisait tourner le cylindre par des courroies attachées au col-

lier d'un cheval; au bout de deux heures et demie l'eau bouillait comme sur le meilleur feu du monde.

Tous ces effets vous paraissent sans doute vulgaires, et cependant c'est de leur examen qu'est sortie, grâce aux beaux travaux de Tyndall, l'une des plus importantes découvertes de la physique moderne. Ce sont des faits naturels, et à ce titre ils sont dignes de notre examen, car la nature est la même dans les petites choses comme dans les grandes, non moins belle et non moins instructive. C'est de l'analyse de ces frottements vulgaires que l'on est parvenu à déterminer la quantité de chaleur équivalente au mouvement de la terre, des planètes et du soleil.

CHAPITRE V

UN COMBAT D'ATOMES

Vous êtes-vous quelquefois arrêté à méditer sur la manière dont le soleil est alimenté, ou sur les moyens par lesquels sa provision de chaleur et de lumière est conservée ou entretenue? Si vous n'y avez pas songé, d'autres ont eu cette idée, et presque tous sont arrivés à supposer que cette chaleur et cette lumière sont engendrées par la chute des masses météoriques qui viendraient périodiquement perdre leur vitesse à la surface du soleil.

Quelques-uns de ces savants croient que la lumière zodiacale est une nuée d'aérolithes ou de petits corps, et que c'est d'elle que peuvent provenir les pluies de matières météoriques tombant sur le soleil. Or, quelle que soit en elle-même la valeur de cette hypothèse, force est d'admettre, d'après ce que nous venons de dire de la transformation du mouvement en chaleur, que ces chutes périodiques de météores suffiraient, réellement, à produire et à entretenir la chaleur et la lumière solaire.

Passons maintenant du soleil à quelque chose de moindre, ou plutôt transportons-nous d'un seul bond au pôle opposé de la nature, car ce raisonnement peut s'appliquer non-seulement au soleil et aux planètes mais aux divers atomes dont la matière est formée.

Prenons un diamant, c'est-à-dire un morceau de carbone pur; plaçons-le dans une petite corbeille de platine et chauffons-le au rouge au sein d'une flamme, puis enfin plongeons-le dans un flacon rempli d'oxygène. Il s'illumine en entrant dans le flacon, il brille, comme une petite étoile terrestre, d'une lumière éclatante et d'un blanc pur. Quelle idée vous ferez-vous de cette action?

— Exactement celle que faisaient naître dans notre esprit les météores tombant sur le soleil.

— Précisément. Vous avez à vous figurer les molécules d'oxygène tombant de tous les côtés, comme une pluie, sur le diamant. Elles sont entraînées vers lui par ce qu'on appelle l'affinité chimique, force qui, ramenée à sa conception la plus simple, se présente à l'esprit comme une pure attraction, de même qualité mécanique que la gravité. Chaque atome d'oxygène, lorsqu'il rencontre l'atome de carbone et que son mouvement de translation est anéanti par le choc, prend cette autre forme de mouvement que nous avons appelé chaleur dans le chapitre précédent. Cette chaleur est si intense, les attractions exercées à ces distances infiniment petites sont si puissantes, que le diamant est maintenu à la chaleur blanche, pendant que le produit, provenant du mariage des atomes de carbone et d'oxygène, l'acide carbonique, se dégage et s'enfuit.

Examinons maintenant la flamme ordinaire d'un bœuf à gaz. Quelle est sa constitution? Nous avons à l'intérieur de la flamme un noyau de gaz pur, non brûlé, et en dehors tout alentour, l'oxygène de l'air. La surface externe du noyau de gaz est en contact avec l'air; c'est là que les atomes se

heurtent les uns contre les autres, et produisent par leur choc, lumière et chaleur.

Le gaz de notre flamme est ce que nous pouvons appeler un hydrocarbure, c'est-à-dire du carbone et de l'hydrogène chimiquement unis. De ce gaz transparent s'échappent la suie et le noir de fumée que vous apercevez lorsque sa combustion est incomplète. Cette suie et ce noir qui sont alors sous leur forme naturelle, s'unissent à d'autres substances lorsque la combustion est complète, et reprennent une forme transparente.

Nous avons donc dans le jet de gaz une surface de gaz composé en contact avec l'oxygène de l'air. Mettons-y le feu, et les attractions deviennent tout à coup si intenses que le gaz éclate en flamme. L'oxygène a alors à choisir entre deux partenaires, ou, pour mieux dire, il est en présence de deux ennemis, et il se prendra corps à corps avec celui qui lui convient le mieux, ou qu'il hait le plus cordialement, suivant le cas. Il s'attaque d'abord à l'hydrogène et met le carbone en liberté. Les parties solides de carbone ainsi épargnées en nombre innombrable au sein du gaz enflammé, deviennent fortement incandescentes ; elles atteignent la chaleur blanche, et c'est principalement à elles qu'est dû, comme nous l'avons déjà fait remarquer, l'éclat de nos lumières artificielles.

Ce carbone, cependant, quand le moment sera venu, s'attaquera à son tour à l'oxygène pour devenir ou tendre à devenir acide carbonique. C'est en passant de l'hydrogène, avec lequel il était d'abord marié, à l'oxygène auquel il s'unit définitivement, alors qu'il est seul et redevenu célibataire, qu'il nous donne toute la splendeur de sa lumière, tout cet éclat qu'on remarque dans la combustion du diamant.

La combustion d'une bougie est, en principe, la même que celle du jet de gaz.

On allume la mèche, la matière grasse se fond, s'échauffe et laisse dégager des gaz qui sont aussi des hydrocarbures qui s'enflamment au contact de la mèche. A l'intérieur de la

flamme, on remarque un gaz ou vapeur non brûlé; en dehors, l'air ordinaire, et entre la vapeur et l'air, une couche neutre, sorte de champ de bataille des atomes en collision, où ils se choquent et développent en se choquant de la lumière et de la chaleur.

Si dans une flamme vous venez à projeter de la limaille d'acier, vous voyez que la combustion du métal donne naissance à des scintillements en forme d'étoiles. L'acier est d'abord échauffé jusqu'à ce que l'attraction mutuelle entre lui et l'oxygène suffise à déterminer leur union. Ces éclairs qui rappellent le feu des fusées sont le résultat de leur collision.

On peut dire, en un mot, que tous les cas de combustion avec flamme doivent trouver leur explication dans le conflit, dans le choc des atomes entraînés l'un contre l'autre par leur attraction mutuelle.

CHAPITRE VI

LE FEU ET L'EAU

D'après ce que nous venons de dire des relations qui existent entre les phénomènes calorifiques et les actions mécaniques, vous ne devez pas être surpris du rôle immense que le feu et la chaleur qu'il engendre, jouent dans toutes les branches industrielles, soit qu'il faille produire ces énormes températures nécessaires à la fusion des métaux, du verre, etc. ; soit qu'il faille échauffer certains corps liquides ou gazeux destinés à agir par leur force élastique ou par celle de leur vapeur.

Notre cadre est trop restreint pour que nous puissions entrer dans les détails de ces différentes applications. Disons seulement que c'est en utilisant la force élastique de la vapeur d'eau qu'on a créé ces imposantes machines qui ont révolutionné la société moderne.

Vous savez qu'à la température de 100 degrés centigrades, sous la pression normale de l'atmosphère, l'eau se réduit tout entière en un fluide aériforme et qu'elle produit 1,700 fois son volume de vapeur. Vous savez également que la tension de

cette vapeur varie avec la température, et il est important d'en connaître la valeur dans les calculs qui sont relatifs à l'analyse des gaz et dans les opérations industrielles.

Dans la vaporisation de l'eau, il y a, comme dans sa fusion, absorption d'une quantité de chaleur considérable qui n'agit pas sur le thermomètre et n'a d'autre but que de produire ce changement d'état : cette chaleur de vaporisation ou d'élasticité de vapeur d'eau est égale à 540 unités de chaleur, c'est-à-dire, qu'il faut autant de chaleur pour vaporiser un gramme d'eau que pour éléver 540 grammes d'eau d'un degré. Cette quantité de chaleur est donc plus de cinq fois supérieure à celle qui serait nécessaire pour éléver le même poids d'eau de 0 à 100 degrés, c'est pour cette raison qu'un kilogramme d'eau réduit en vapeur est capable, si on le reçoit dans 5 1/2 kil. d'eau à 0 degré, de produire environ 6 1/2 kilogrammes d'eau à 100 degrés ; on comprend dès lors toute la partie qu'on peut tirer de cette propriété dans l'industrie, quand on a à échauffer de grandes quantités de liquides que l'action directe du feu décomposerait, ou quand on veut éléver la température de certains lieux spéciaux, tels que les étuves, les serres chaudes, etc.

Lorsqu'on chauffe de l'eau dans un espace limité, de nouvelles vapeurs se forment à chaque instant ; celles-ci, ne trouvant pas d'issue, exercent sur la surface du liquide des pressions de plus en plus considérables et s'opposent au phénomène de l'ébullition. En continuant l'échauffement du vase on parviendrait à déterminer dans son intérieur une tension telle, qu'à une certaine époque il serait inévitablement brisé mais si l'on vient à offrir une issue à la vapeur, celle-ci se dégage avec un sifflement considérable et formant une colonne de plusieurs mètres de hauteur. C'est su-

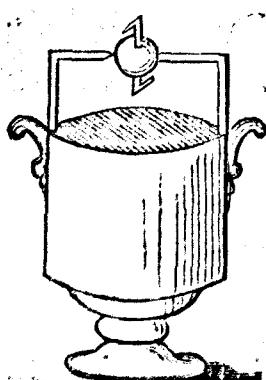


Fig. 5. — L'éolipyle.

le fait de la grande dilatation qu'elle éprouve lorsqu'elle arrive au contact de l'atmosphère, que sont fondées les machines à vapeur. La dilatation est tellement grande, que la vapeur se

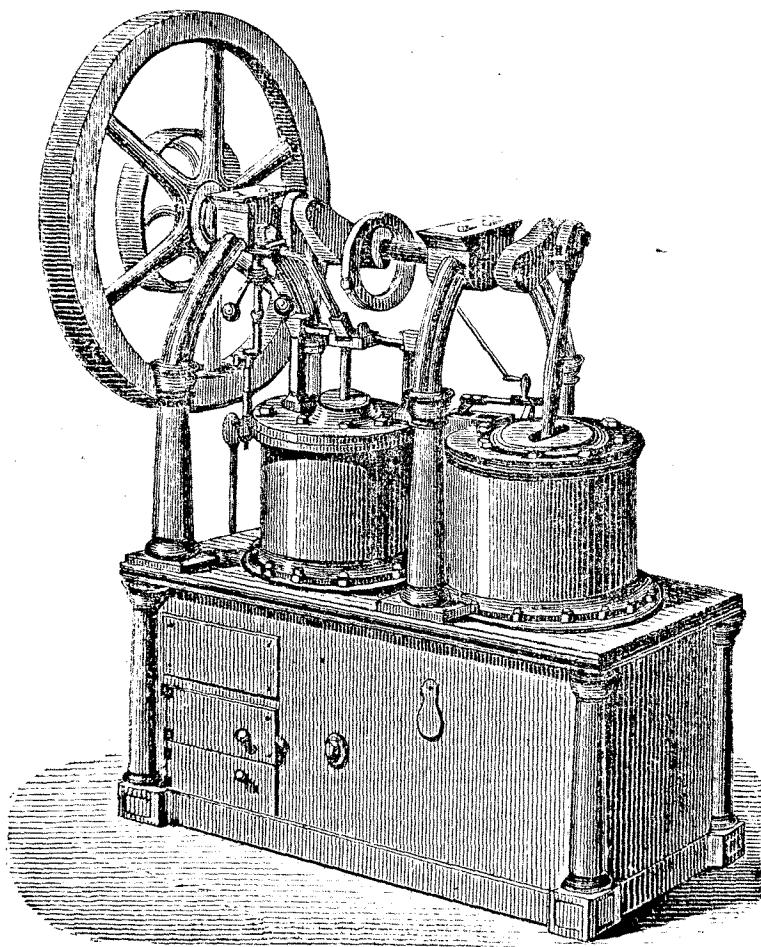


Fig. 6. — Machine à air chaud (système Ericsson perfectionné).

refroidit assez pour qu'on y puisse placer la main sans éprouver de sensation de chaleur.

La machine à vapeur est d'invention toute moderne, et c'est

être trop ami du paradoxe que d'attribuer cette invention aux anciens, ou même de regarder leur *éolipyle* comme le germe de cette machine. L'*éolipyle* était tout simplement une boule métallique creuse, munie d'un bec percé d'une ouverture fort étroite. On remplit cette boule d'eau puis on l'expose au feu : l'eau se vaporise promptement et la vapeur en s'échappant par le bec produit un sifflement aigu. Si l'appareil est monté sur un

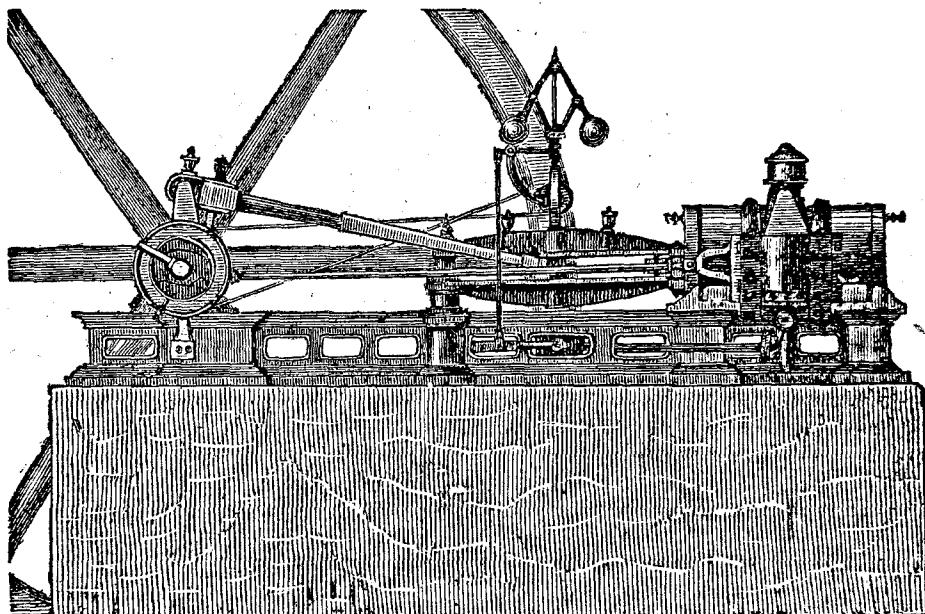


Fig. 7. — Moteur Lenoir.

charriot, le chariot prendra, par l'effet d'une réaction mécanique naturelle, une direction contraire à celle de la vapeur qui s'échappe, mais de là à l'invention de la machine, il y a loin ; et il n'y a pas plus de raison pour faire remonter la machine à vapeur à l'inventeur de l'*éolipyle*, que d'en attribuer l'invention à la cuisinière qui remarqua la première que le couvercle de sa casserole se soulevait quand l'eau était en ébullition.

En substituant à l'eau de l'alcool et en dirigeant le jet de vapeur d'alcool sur une flamme, on obtient une espèce de chalumeau, très-employé pour souder les tuyaux de plomb.

On comprend que si, au lieu de chauffer de l'eau dans un espace clos, on échauffe de l'air ou un autre gaz, cet air ou ce gaz acquiert également une tension suffisante pour produire les mêmes effets que la vapeur. De là l'invention des machines à air chaud.

Dans la vaporisation de l'eau, une portion considérable de la chaleur fournie par le foyer passe à l'état latent; or cette chaleur se trouve complètement perdue lorsque la vapeur, après avoir agi sur le piston, se dégage dans l'atmosphère. La substitution à la masse d'eau employée dans les machines ordinaires, d'une masse d'air renfermée dans un cylindre, qu'on chauffe pour augmenter sa force élastique de manière à obtenir les effets produits par la vapeur, constitue donc un avantage principal au point de vue économique. Les machines à air chaud ont été perfectionnées par l'ingénieur français Franchot, et par le suédois Ericcson.

Dans le moteur à gaz imaginé par Lenoir dans ces dernières années, on utilise la force élastique des gaz produits par la combustion d'un mélange de gaz d'éclairage et d'air.

Très-apprécié d'abord à cause de son installation facile et de son maniement commode, ce moteur se voit peu à peu abandonné de l'industrie à cause de son usure rapide déterminée par le choc des gaz détonants contre les parois du cylindre, et aussi à cause du prix élevé de la force obtenue. Son emploi convient particulièrement à la petite industrie, pour laquelle son peu de volume, sa mise en marche et son arrêt instantanés constituent des avantages précieux dépassant de beaucoup ses inconvénients.

CHAPITRE VII

L'HYDROGÈNE ET LES CHALUMEAUX

Si nous passons à un autre ordre d'idées, vous allez pouvoir admirer une fois de plus combien, dans la nature, les causes les plus petites en apparence peuvent produire les plus grands effets. C'est ce dont il est facile de se rendre compte en étudiant la température des flammes.

L'Hydrogène, qui est le gaz le plus léger que nous connaissons, brûle, comme vous le savez, avec une flamme bleue d'un très-faible éclat. Le produit de la combustion est de la vapeur d'eau que vous pouvez voir se condenser en gouttelettes liquides sur un corps froid que l'on présente à sa flamme. L'eau n'est en effet qu'une combinaison d'oxygène et d'hydrogène, dont on peut facilement séparer les deux éléments par divers procédés, et notamment au moyen de l'électricité.

La flamme de l'hydrogène a une température de 3,259 degrés centigrades.

— Cette haute température paraît bien étonnante si on considère la faiblesse de la flamme.

— Sans doute, cela étonne au premier abord puisqu'on a généralement la mauvaise habitude de mesurer par la pensée, la température d'un corps incandescent d'après son éclat, tandis que la vivacité d'une flamme tient, comme vous le savez déjà, aux corps solides qui se trouvent disséminés dans sa masse.

On démontre la combustibilité de l'hydrogène au moyen d'un appareil fort simple connu sous le nom de *lampe philosophique*,

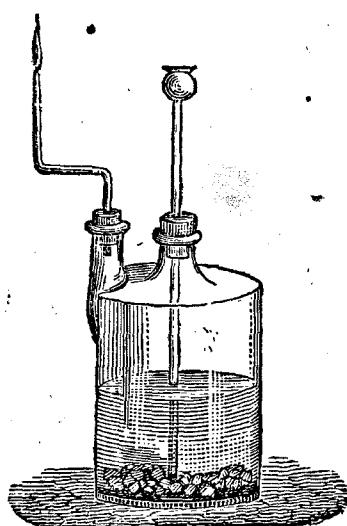


Fig. 8. — Lampe philosophique.

imaginé par Polinière, qui professait au Jardin des plantes sous Louis XIV, qu'il eut l'honneur de compter au nombre de ses auditeurs. Cet appareil consiste en un flacon à deux tubulures dans lequel on prépare l'hydrogène à la manière ordinaire. L'une des tubulures porte un entonnoir à longue tige qui plonge dans le liquide et fait l'office de tube de sûreté, et l'autre un tube à extrémité ouverte et effilée. En approchant, un corps enflammé de cette partie effilée, le jet de gaz s'embrase en produisant, comme nous l'avons dit, une faible lumière bleue.

— Ne pourrait-on donc pas introduire artificiellement du charbon dans les flammes pour la rendre plus éclairante et la faire servir à l'éclairage.

— Très-faisablement. Il suffit, pour cela, de faire passer le gaz, avant de l'enflammer, à travers un liquide riche en carbone, tels que la benzine, l'essence de térébenthine, les huiles de goudron de houille, ou de schiste, le pétrole, etc., le gaz se charge de vapeurs carbonées et brûle avec une flamme très-éclairante.

En faisant cette expérience, ainsi que toutes celles où l'hydrogène doit s'enflammer, il est essentiel de s'assurer que l'air de l'intérieur des appareils est complètement expulsé et remplacé par l'hydrogène, car autrement des explosions dangereuses pourraient avoir lieu par suite du mélange de l'air avec le gaz combustible.

Il est possible d'augmenter singulièrement *la chaleur des flammes* en dirigeant sur elles un courant d'air qui, insuffisant toutefois pour les refroidir et les éteindre, active vivement la combustion des gaz qui se produisent. L'instrument qui sert à cet objet porte le nom de *chalumeau*. Ce n'est autre chose,

comme l'indique son nom, qu'un tube de verre ou de métal dont un bout est arqué, et dont le canal intérieur va en se rétrécissant jusqu'à ne former, à cette extrémité, qu'une ouverture aussi fine que le serait un trou fait avec une aiguille. C'est cette ouverture qu'on tient contre la flamme, pendant qu'on souffle à l'autre bout avec la bouche. Comme la vapeur humide qui sort des poumons se déposerait dans le

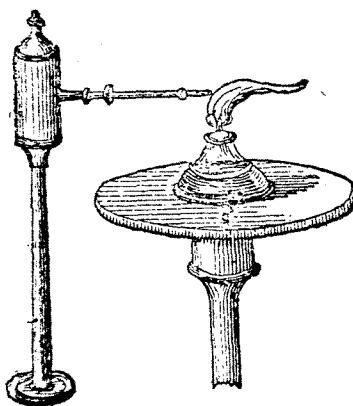


Fig. 9. — Le chalumeau.

tube et l'obtruerait, il y a vers la courbure du chalumeau une ampoule ou petite sphère creuse dans laquelle le liquide se réunit. Le jet d'air que l'insufflation produit, n'est plus interrompu par les globules aqueux qui s'y mêleraient sans cette disposition.

Les orfèvres, les émailleurs, les bijoutiers, les essayeurs font un fréquent usage du chalumeau, depuis une époque très-reculée, pour opérer des soudures de peu d'étendue, monter des diamants, faire des essais, enfin toutes les fois qu'ils veulent fondre une petite quantité de métal ou d'alliage.

Le chalumeau, malgré la très-haute chaleur qu'il communique à la flamme, ne suffit pas, cependant, pour opérer la fusion des substances désignées sous le nom de *réfractaires*, parce qu'elles résistent aux plus violents feux de forge. Pour celles-ci on alimente alors le chalumeau, non plus avec l'air de la poitrine, mais avec un mélange fortement comprimé d'hydrogène et d'oxygène, dans les proportions qui constituent l'eau, c'est-à-dire deux volumes du premier gaz pour un volume du second. La chaleur qui se développe dans ce cas est si forte qu'il n'y a aucun corps de la nature qui ne se fonde et ne se volatilise immédiatement. C'est ainsi qu'on est parvenu à opérer, en peu d'instants, la fusion de substances regardées, pendant longtemps, comme absolument infusibles, telles que le platine, la chaux, le sable, le grés, la porcelaine dure, etc.

Le professeur Have, de Philadelphie, est le premier qui ait employé ce genre de chalumeau. M. Skidmore, de New-York, a remarqué que le jet lumineux qu'on obtient avec ce chalumeau peut-être introduit sous l'eau, à l'aide de quelques précautions, sans qu'il s'éteigne ; la flamme dans l'eau est globuleuse ; elle brûle le bois, rougit les fils métalliques : aussi le physicien américain pense-t-il que les marins trouveront, à la guerre, les moyens d'appliquer ses observations.

On ne saurait prendre trop de précautions en opérant avec cet appareil ; car la moindre étincelle qui pénétrerait dans le chalumeau causerait l'inflammation subite du mélange gazeux, et, par suite, une explosion terrible qui pourrait frapper de mort l'opérateur. C'est un accident de ce genre qui a failli tuer l'ingénieur Conté, et qui l'a privé de la vue pour le reste de ses jours.

On évite aujourd'hui ces causes de danger en renfermant les deux gaz dans deux récipients, gazomètres ou vessies, séparés, et en n'opérant le mélange que sur une petite quantité à la fois, et presque à l'orifice capillaire du bécu du chalumeau.

Ce qu'on appelle la *lampe d'emailleur* est aussi une espèce de chalumeau fort usitée : c'est elle qui sert à faire une inul-

titude de petits objets en verre que l'on trouve dans le commerce ; elle est aussi très-employée par les orfèvres, les bijoutiers, etc., pour faire leur soudure. Elle consiste en un chalumeau ordinaire pouvant recevoir différentes inclinaisons. L'air est fourni par un soufflet que l'ouvrier meut avec le pied,



Fig. 10. — Lampe d'émailleur.

et le courant est projeté sur la flamme d'une lampe à huile, ordinairement en fer-blanc.

Nous pouvons citer encore deux chalumeaux très-usités dans les arts industriels, et dont l'invention est due au comte E. Desbayssin de Richemont. L'un nommé *chalumeau aérydrique* s'emploie pour la soudure du platine par l'or, pour la brasure du cuivre, et surtout pour la soudure du plomb sans alliage d'étain. Il est alimenté par un mélange d'hydro-

gène et d'air. L'autre, nommé *chalumeau à vapeurs combustibles*, brûle des vapeurs d'essence de térébenthine avec un courant d'art insufflé dans la flamme. Il sert aux émailleurs, aux bijoutiers et aux orfèvres.

La flamme du chalumeau à gaz oxygène et hydrogène a été non-seulement utilisée pour obtenir de hautes températures et fondre les corps les plus réfractaires, mais aussi pour quelques applications industrielles d'une grande importance.

Ainsi en dirigeant cette flamme sur un fragment d'argile, M. Hare, obtint le premier, une lumière d'un éclat extrême aussitôt que l'argile fut suffisamment échauffée. Plus tard MM. Gurney et Drummond substituèrent à l'argile la chaux, qui n'a pas besoin d'une température aussi élevée pour devenir resplendissante. On a songé à utiliser cette lumière, 140 fois plus faible seulement que celle du soleil, pour l'éclairage des places publiques et des phares, avant qu'on ne connût l'éclairage électrique beaucoup plus puissant. On s'en est servi pour éclairer les microscopes à gaz. Le lieutenant Drummond fut le premier qui fit usage, en 1830, du chalumeau à gaz, pour illuminer une montagne enveloppée de brumes, dans un des comtés de l'Irlande.

L'Hydrogène est, comme l'azote pur, impropre à entretenir la vie. Les animaux qu'on plonge dans ce gaz meurent, au bout d'un certain temps, dans un état complet d'asphyxie, parce qu'ils ne trouvent pas l'oxygène nécessaire au jeu de leurs poumons. Lorsqu'on fait respirer à des animaux un mélange d'hydrogène et d'oxygène, ils n'éprouvent pas de mal sensible, seulement, au bout d'un certain temps, ils sont comme engourdis et finissent par tomber dans un sommeil profond.

L'homme éprouve les mêmes effets. On peut respirer, à ce qu'il paraît, sans danger, l'hydrogène lorsqu'il contient une certaine proportion d'air atmosphérique, ou que les poumons en sont gorgés, ainsi que sir H. Davy et Fontana l'ont observé sur eux-mêmes.

En 1841, le chimiste anglais Brittan, et en 1849, un savant hollandais, Van Asten, de Rotterdam, ont été victimes de leur

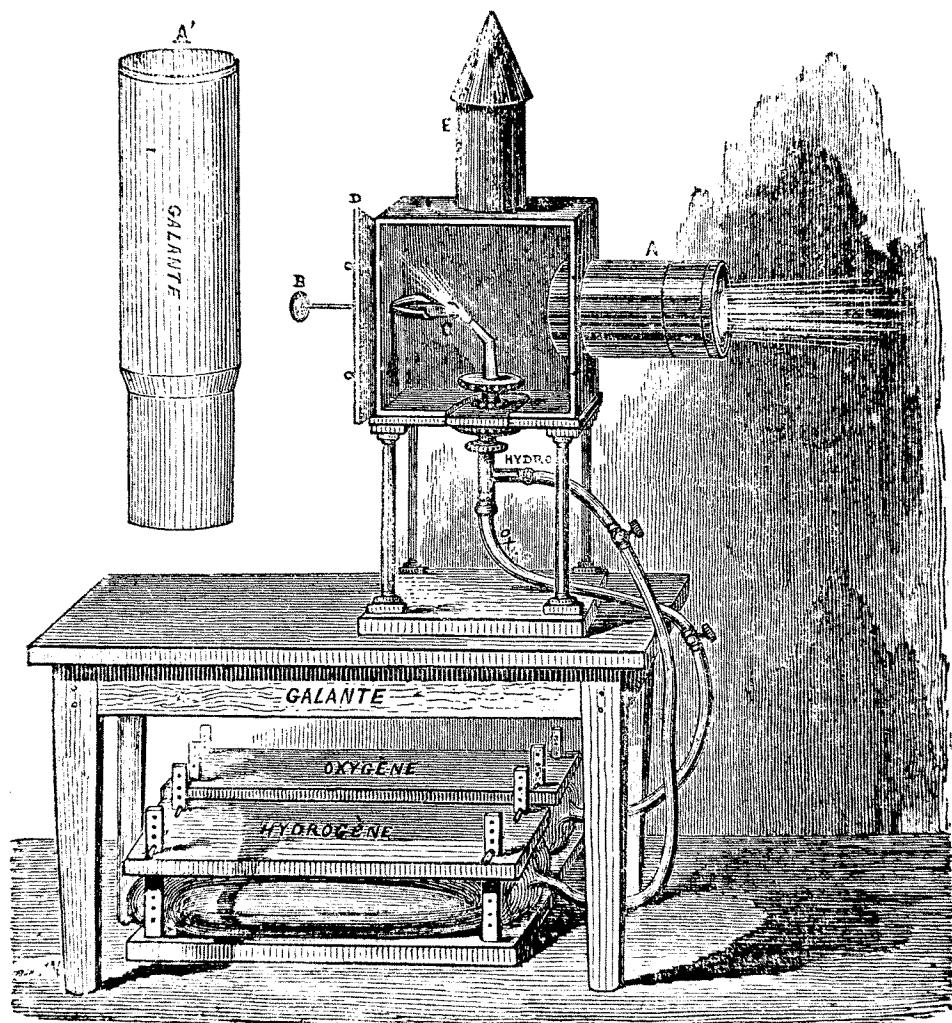


Fig. 11. — Appareil pour la production de la lumière oxy-hydrogène, dite lumière Drummond.

dévouement à la science; ils sont morts au bout de quelques heures pour avoir voulu constater jusqu'à quel point un homme peut, sans inconvenient, respirer une quantité donnée d'hydrogène pur. Cependant Scheele et plusieurs autres chi-

mistes avaient déjà fait ces expériences sans en être incommodé. Mais il est probable que leur gaz n'était pas pur et contenait une certaine proportion d'air atmosphérique.

Pilâtre de Rozier, qui ne calculait jamais le danger toutes les fois qu'une expérience pouvait ajouter quelque lumière de plus à la masse des connaissances humaines, fut un des premiers à répéter les expériences de Scheele. Il respira de l'hydrogène à six ou sept reprises différentes, et pour convaincre ses spectateurs que c'était bien de l'hydrogène qu'il respirait, il en fit sortir de ses poumons à travers un long tube qu'il enflamma à l'autre extrémité. Il avait ainsi l'air d'une Furie à Phaleine embrasée ! Afin de démontrer d'une manière évidente que le gaz respiré n'était pas un mélange d'hydrogène et d'air, il respira un mélange fait à dessein de ces deux fluides, qu'il fit également passer à travers un long tube et qu'il enflamma à l'autre extrémité. Mais l'explosion qui eut lieu se prolongea du tube jusqu'à sa bouche ; il en ressentit une violente commotion et crut avoir les dents brisées.

Les personnes qui ont fait plusieurs inspirations d'hydrogène, ont le timbre de la voix tout à fait changé. Mannoir s'amusa un jour avec Paul, de Genève, à respirer l'hydrogène pur. Il l'aspirait avec facilité, et ne s'apercevait pas qu'il produisait sur lui aucun effet sensible. Mais après qu'il en eut pris une très-grande quantité, il voulut parler et il fut étrangement surpris du son de sa voix qui était devenue faible, glapissante et même criarde de manière à l'alarmer. Paul qui refit cette expérience obtint les mêmes résultats. On n'observe rien de pareil par l'exhalation des autres gaz.

Nous avons cru devoir nous étendre un peu sur ces faits, car aujourd'hui que les ascensions en ballons gonflés avec l'hydrogène tendent à devenir de plus en plus communes, et que le gaz se prépare avec la plus grande facilité, il est bon d'être averti pour pouvoir se prémunir contre le danger.

CHAPITRE VIII

MONTGOLFIERES ET BALLONS

Vous savez tous que **la chaleur raréfie l'air**, c'est-à-dire le dilate et en diminue, par conséquent, la pesanteur spécifique.

— Comment se fait-il alors que la glace surnage sur l'eau, et que devient en présence de ce fait votre principe de la dilatation des corps par **la chaleur**.

— Ici, nous sommes **en présence d'une** exception fort rare. L'eau en se congélant se dilate, **augmente** de volume, comme les autres corps le font sous l'influence d'une augmentation de température.

L'air se raréfie donc sous l'influence d'un foyer de chaleur, et c'est sur ce principe que sont fondées les montgolfières, ces ingénieux ancêtres de nos ballons actuels. Vous n'êtes pas sans connaître le fameux principe qu'Archimède découvrit dans son bain en remarquant que ses membres, quand il les soulevait, semblaient devenir plus légers, principe qu'on exprime en disant : « Que tout corps plongé dans un fluide quelconque

perd une partie de son poids égal au poids du volume fluide déplacé.

C'est en vertu de ce principe que l'homme se soutient sur l'eau par la natation, en déplaçant par ses mouvements une masse d'eau supérieure à son poids.

Dans l'air, les faits se passent de la même manière, seulement,

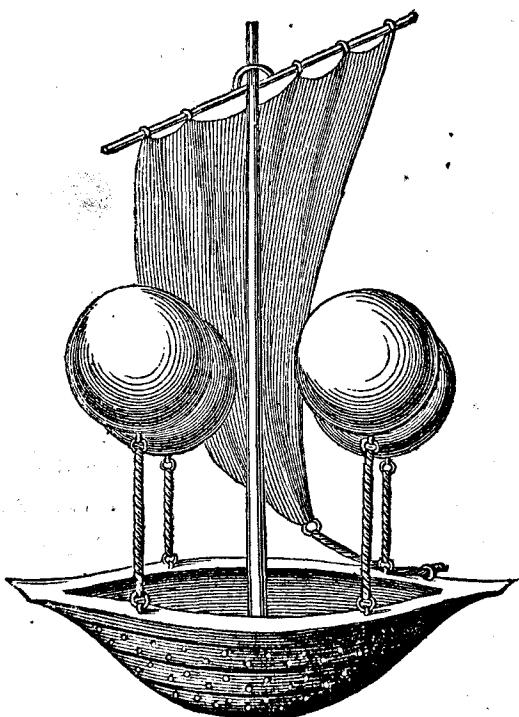


Fig. 12. — Navire aérien de Lana, d'après une gravure de l'époque.

comme on ne peut, jusqu'à présent du moins, déplacer une grande quantité d'air par une action mécanique, on a recours à un expédient qui consiste à employer des gaz plus légers que l'air.

La pensée d'inventer un appareil à l'aide duquel on put s'élever dans l'air paraît avoir, dès la plus haute antiquité, oc-

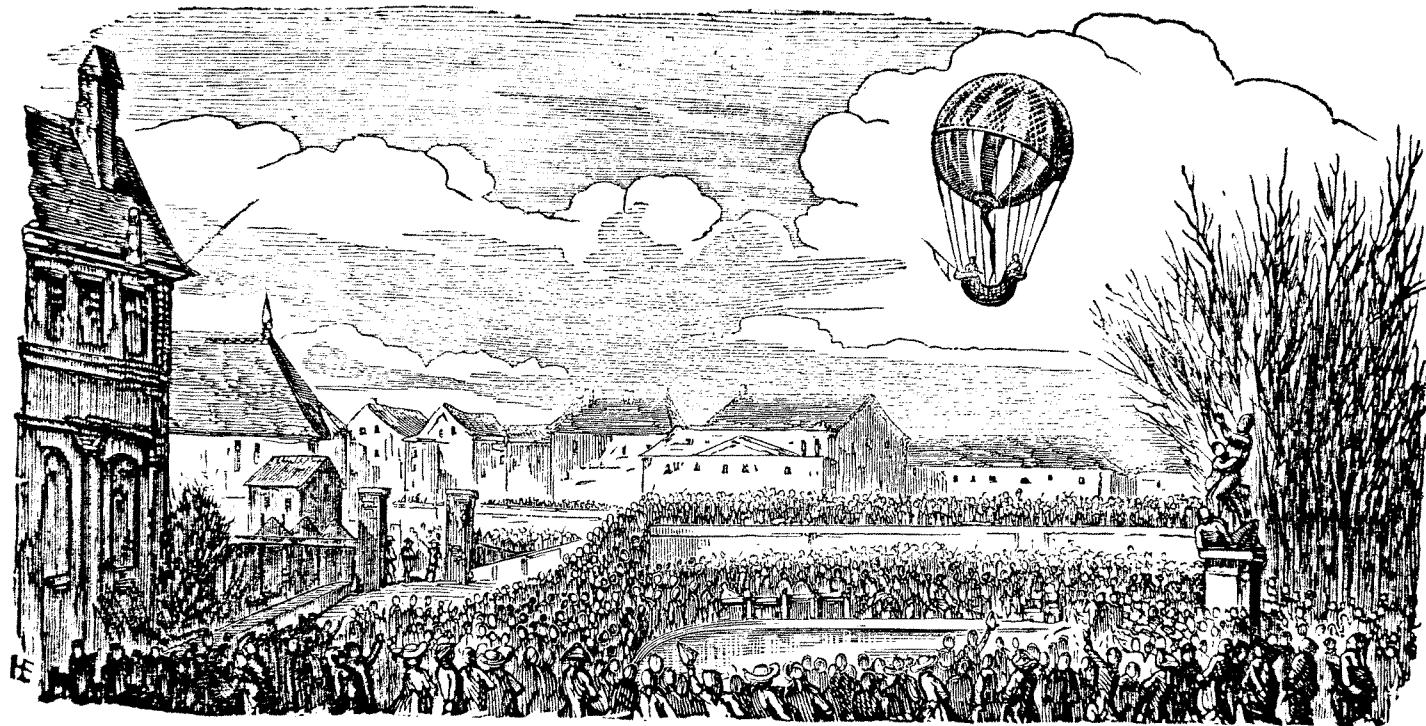


Fig. 13. — Première ascension au moyen du gaz hydrogène exécutée par Charles et Robert dans le jardin des Tuileries, le 1^{er} décembre 1783.

upé l'esprit humain. On en chercha d'abord le moyen dans quelque mécanisme se rapprochant des ailes des oiseaux. Tulu-Gelle, en parlant de la colombe du bois d'Orchytar, dit qu'elle se soutenait sans doute par des moyens d'équilibre, et que l'impulsion lui était donnée par l'air qu'elle recérait intérieurement.

Roger Bacon, vers 1292, s'était aussi ingénier à construire une machine pour atténuer le poids de l'homme, et lui donner le pouvoir de se diriger dans l'air comme les oiseaux. En 1670, le P. Lana s'était proposé de construire un navire aérien soutenu par quatre grands ballons en cuivre vides d'air. Le P. Galien publia en 1755, à Avignon, un livre intitulé : « *l'art de naviguer dans les airs* » dans lequel il proposa de faire un immense ballon rempli d'air pris dans la région de la grêle, afin que ce ballon fût plus léger et plus apte à s'élever. Enfin depuis la merveilleuse expérience de Montgolfier et de Charles, les Anglais revendiquèrent encore le mérite de l'invention des aérostats, et prétendirent que Cawendish, ayant découvert la gêreté de l'hydrogène, Blak avait rempli de ce gaz plusieurs bessies qui n'avaient pu s'enlever, en raison du poids trop considérable des enveloppes, etc. Quoi qu'il en soit, tous ces efforts, toutes ces expériences de laboratoire, ne laissaient en-evoir aucune application utile lorsque Montgolfier fit sa belle couverte, et donna son nom aux premiers aérostats. On dit que, brûlant un jour de vieux papiers, il s'aperçut qu'un sac flammé par son orifice s'élevait rapidement dans l'air, et s'y maintenait tant que l'orifice pouvait être chauffé. Il répéta plusieurs fois l'expérience et toujours avec succès, ce qui lui concevoir le plan de la première montgolfière. D'autres soutiennent que Étienne Montgolfier, après avoir lu attentivement les travaux de Priestley sur les densités différentes du gaz, fut frappé d'une idée subite en montant une côte : en empruntant, se dit-il, dans une enveloppe un gaz plus léger que l'air, on doit pouvoir enlever des fardeaux, des hommes peut-

être ! Cette pensée, communiquée à son frère Joseph, fut aussitôt discutée, élaborée, éclaircie et mise en pratique avec de petits sacs de papier ou de taffetas gonflés à l'aide du gaz hydrogène.

Quelle que soit la vraie de ces deux versions, ce qu'il y a de sûr, c'est que Joseph Montgolfier fit, dans ce but, avec de

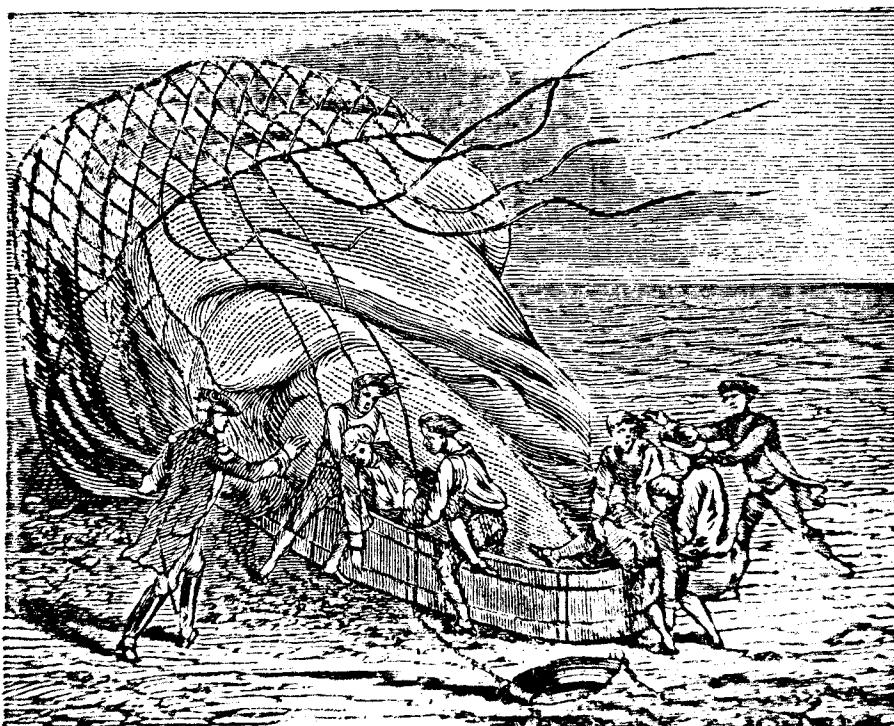


Fig. 14. — Mort de Pilâtre de Rozier et de Romain.

l'hydrogène, en 1782, à Avignon, une série d'expériences. L'hydrogène traversant trop facilement ses enveloppes, il pensa à employer un autre gaz, et se servit de la fumée produite par un feu de paille et de laine. C'est le 5 juin 1783, qu'il lança près d'Annonay, en présence des Etats du Vivarais assemblés, le premier ballon. Il avait cent dix pieds de circonférence, et était fait de toile couverte de papier.

L'expérience réussit à merveille et le bruit s'en répandit partout ; Montgolfier appelé à Paris lança en présence de la cour une montgolfière qui portait une cage contenant un mouton, un coq et un canard ; la descente eut lieu dans la forêt de Vaucresson sans que ces animaux aient aucunement souffert. C'est à la suite de cette expérience que la pensée vint, à certains génies aventureux, de la possibilité de se confier eux-mêmes aux hasards d'un voyage aérien. Montgolfier construisit, à cet effet, une énorme machine de 70 pieds de haut sur 46 de diamètre, richement ornée et sous laquelle était disposée une galerie de 25 pieds de diamètre. Au milieu était une ouverture où pendait avec des chaînes de fer un réchaud du même métal dans lequel pouvait entrer la paille nécessaire à la combustion. Avec ce ballon, qui était captif, Pilâtre de Rozier fit trois ascensions ; puis Giroud de Villette osa le premier l'accompagner et quelque temps après le marquis d'Arlandes en fit autant. Ces essais avaient lieu dans la cour de Réveillon. Quelques mois plus tard, des marquises, des comtesses faisaient des ascensions en ballon captif.

Mais tout ceci n'était qu'un jeu. Pilâtre et d'Arlandes osèrent bientôt s'élancer dans l'atmosphère. Le 22 novembre 1783, ils partirent du jardin de la Muette dans une montgolfière chauffée avec de la paille. Le feu ayant pris à l'enveloppe du ballon, les aéronautes coururent les plus grands dangers ; ils parvinrent cependant à éteindre ce commencement d'incendie par l'application d'éponges mouillées, et descendirent sans autre accident dans la plaine de Gentilly.

Le deuxième voyage aérien fut lieu le 1^{er} décembre de la même année, avec un ballon en taffetas enduit de caoutchouc, et gonflé avec l'Hydrogène. Charles et Robert qui le montaient partirent du Jardin des Tuileries et descendirent dans la prairie de Nesles.

Le troisième fut lieu à Lyon le 19 janvier 1784. Mongolfier l'ainé, Fontaine, Pilâtre de Rozier, le Prince de Ligne et trois

autres personnes de qualité, furent enlevés à 500 toises de hauteur par une énorme montgolfière de 126 pieds de hauteur sur 100 de diamètre, et chauffée avec de la paille. Ils descendirent tranquillement à une lieue de la ville. Depuis, ces ascensions ont toujours été en se multipliant. Il n'entre pas dans notre cadre de les raconter en détail, citons seulement comme curiosité celles de Blanchard et du docteur Jesseris qui traversèrent la Manche en deux heures et un quart le 7 janvier 1785.

Le 16 juin de la même année, Pilâtre de Rozier eut la malheureuse idée de s'élever avec un appareil double ; le ballon supérieure contenait de l'hydrogène, l'inférieur était une montgolfière.

C'était, comme le disait très-bien le physicien Charles, mettre le feu sous la poudre. L'explosion de l'appareil eut en effet lieu, et les curieux qui suivaient l'ascension ne purent que ramasser les corps broyés de Pilâtre et de Romain, son compagnon.

CHAPITRE IX

LES DRAMES DU CHARBON ET LES PUITS DE FEU

Toutes les matières dont nous nous servons pour l'éclairage ou le chauffage contiennent de l'hydrogène et du carbone. Vous savez que le produit de la combustion de l'hydrogène est de la vapeur d'eau. Vous savez également que le carbone ou charbon, en brûlant, donne, suivant les circonstances, de l'acide carbonique ou de l'oxyde de carbone, et, le plus souvent, un mélange de ces deux gaz.

Toutes les fois que le charbon brûle dans une atmosphère limitée et insuffisante, il se dégage du foyer une flamme bleue assez analogue à celle de l'hydrogène ; cette flamme est due à l'oxyde de carbone.

— L'oxyde de carbone est donc un gaz combustible ?

— Sans doute, et le produit de sa combustion, n'est autre que de l'acide carbonique.

Mais c'est un gaz excessivement vénéneux. Répandu en petite quantité dans une atmosphère confinée, il provoque

des maux de tête, des nausées, et amène promptement la mort.

Il agit surtout sur le système nerveux, amène la perte de sentiment, le vertige, une débilité extrême, des douleurs aiguës dans les différentes parties du corps, l'asphyxie et finalement la mort. Aussi est-ce toujours lui qui agit dans les cas d'asphyxie par la braise ou le charbon.

Ah ! vous ne connaissez que trop ses funestes propriétés ; chaque jour n'a-t-on pas à enregistrer de ces drames intimes, dans les mansardes ou ailleurs, où des malheureux, anéantis par la misère ou le chagrin, usent leurs dernières ressources pour acheter quelques litres de charbon dont la combustion imparfaite va les débarrasser d'une existence qui leur est à charge.

La braise de boulanger est un charbon éteint et en partie consumé. On croit en général que la braise enflammée n'offre pas le même danger que le charbon ordinaire ; c'est une erreur qu'il importe d'autant plus de dissiper que chaque année, — et ici nous ne parlons que des accidents, — elle coûte la vie à plusieurs personnes. C'est encore une erreur de croire qu'en plaçant un morceau de fer sur le brasier, ou en le couvrant de cendres on empêche la braise de produire des vapeurs malfaisantes. Quelques personnes pensent que pour éviter le danger, il suffit de quitter la chambre aussitôt que la braise est allumée et n'y rentrer qu'après que celle-ci est éteinte; c'est également une erreur.

Il convient donc d'aérer convenablement les cuisines et tous les endroits où l'on allume le charbon ou la braise afin de n'être pas incommodé.

L'acide carbonique, lui, se produit chaque fois que le charbon brûle avec un excès d'air. C'est un gaz incombustible et, par conséquent, impropre à la respiration. Comme il est beaucoup plus lourd que l'air, il tend naturellement à occuper les couches les plus basses d'une atmosphère qui n'est pas agitée.

De là un grand nombre de phénomènes naturels sur lesquels nous n'avons pas à insister ici et dont la Grotte du Chien est l'exemple le plus connu.

Ce gaz n'est pas délétère, mais comme l'oxyde de carbone accompagne le plus souvent sa formation, il en résulte

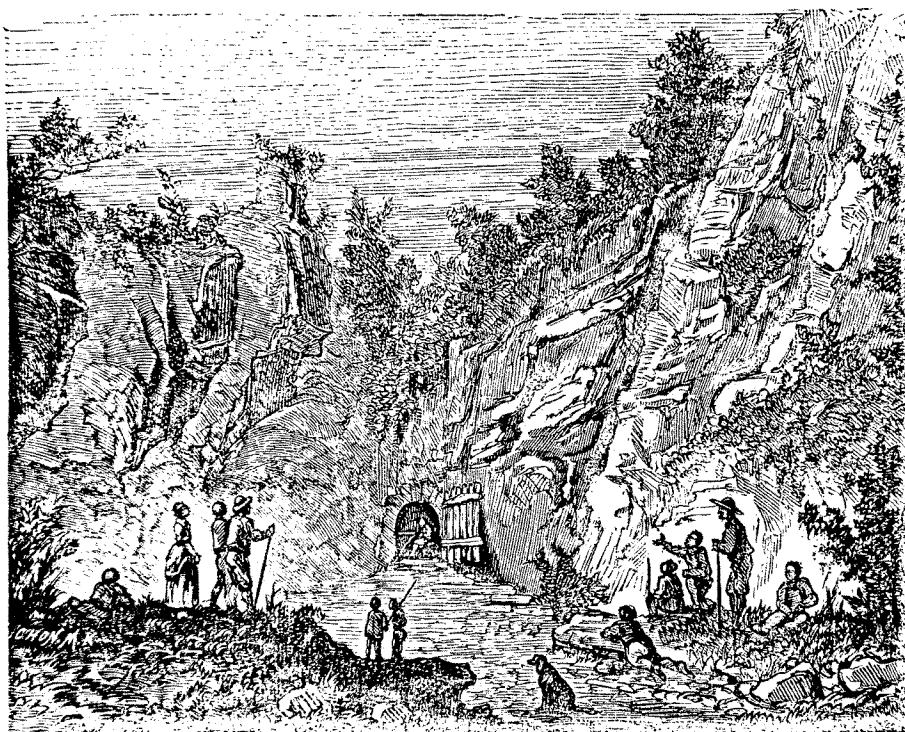


Fig. 15. — Entrée de la Grotte du Chien.

beaucoup d'accidents qu'on attribue à tort à l'acide carbonique.

L'usage des *braseros*, en Espagne, en Portugal, en Italie, en occasionne parfois de fort graves. Cela ne doit pas vous étonner, d'après ce que nous venons de dire.

Depuis longtemps déjà, les médecins ont également signalé les graves inconvénients que présente l'usage des chaufferettes.

Le poussier de charbon qu'on y brûle d'ordinaire à Paris détermine souvent de violents maux de tête surtout dans une pièce peu aérée ; les personnes délicates éprouvent tous les symptômes d'un commencement d'asphyxie, ou plutôt d'empoisonnement par l'oxyde de carbone qui résulte de la combustion incomplète du charbon.

Les chaufferettes qui possèdent des ouvertures trop larges, et, à plus forte raison, les chaufferettes primitives qui ne sont que de simples pots de terre sans couvercles, donnent une chaleur trop ardente et capable d'attaquer fortement la peau comme de fréquents exemples l'ont prouvé.

Ces inconvénients auxquels on peut ajouter la poussière et les dangers d'incendie, n'existent pas pour les tabourets chaudières ou chaufferettes simples à eau chaude, qui présentent en outre, l'avantage de conserver pendant un temps très-long une température constante et modérée.

Les combinaisons d'hydrogène et de carbone sont nombreuses et connues sous le nom générique d'hydrocarbures; elles sont toutes combustibles.

Celle que vous connaissez sous le nom d'hydrogène carboné se produit constamment pendant la décomposition spontanée des matières organiques et dans leur distillation à feu nu. Ce gaz existe aussi abondamment dans la nature. En effet, c'est lui qui constitue les *feux naturels*, qui se dégage des *salses* qui se répand dans l'intérieur des houillères, ou qui s'échappent de la vase des marais.

Dans une infinité de localités, telle que Pietra-Mala, sur la route de Bologne à Florence ; Barigazzo, près de Modène ; la péninsule d'Abschéron, en Perse ; les environs de la mer Caspienne ; la Chine, l'Indoustan, Java, les États-Unis d'Amérique etc., il sort de terre, lentement, mais d'une manière continue un gaz qui s'embrase parfois spontanément, mais le plus souvent accidentellement, et donne lieu à des flammes, hautes de 1 à 2 mètres, que le vent ne peut éteindre. Parmi ces flammes

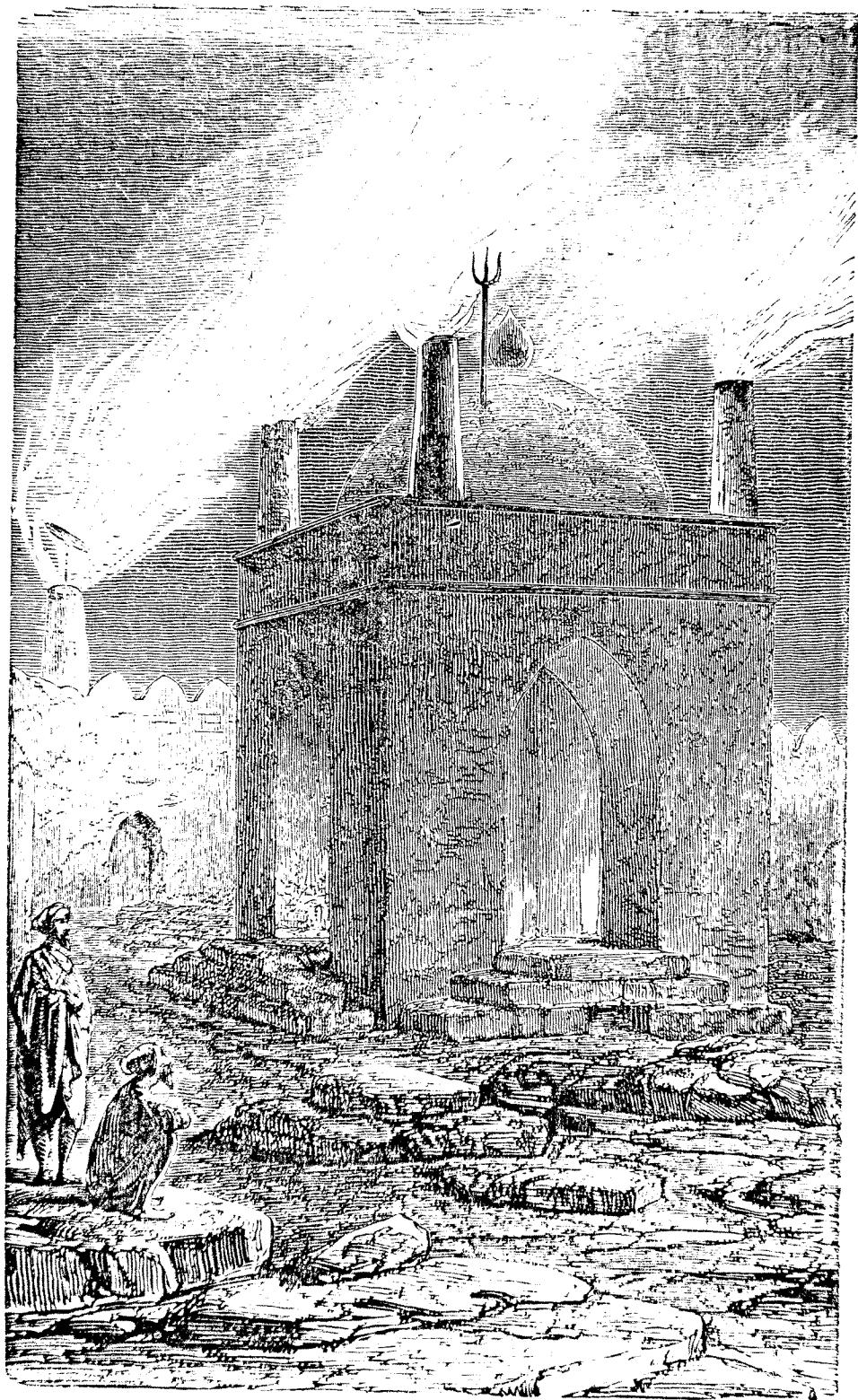


Fig. 16. — *L'Ateschjah*, source de feu près de Bakou.

les unes sont bleues et visibles seulement pendant la nuit ; les autres sont blanches, jaunes ou rouges, visibles le jour comme le sont celles du bois et de la paille. Elles répandent une odeur légèrement suffocante, et une chaleur assez forte pour être sensible à plusieurs mètres. Le terrain environnant est comme calciné et n'offre aucun vestige de végétation. Dans les contrées où ils existent, on met à profit ces feux naturels, en les employant à la cuisson des aliments, à la calcination de la pierre à chaux, à la fabrication des poteries, des briques, etc.

Il y a de ces feux qui brûlent depuis les temps les plus anciens, tels sont ceux du mont Chimère, sur les côtes de l'Asie-Mineure, cités par Pline, et reconnus de nouveau, en 1811, par le capitaine Beaufort. Auprès de Cumana, dans l'Amérique du Sud, les jets de gaz sortent par l'orifice des cavernes, et de Humboldt a vu parfois les flammes s'élever à plus de 30 mètres.

Mais c'est surtout aux environs de la mer Caspienne, particulièrement près de Bakou, que ces phénomènes se présentent en grand. La source de feu de Bakou, à laquelle on a donné le nom d'*Ateschjah* (demeure du feu) est l'objet d'une vénération si profonde, que l'on a construit un temple pour l'entretenir. Les Indous de la secte des *Guèbres* (adorateurs du feu), qui desservent le temple, font du gaz un objet de commerce assez lucratif. Ils le recueillent dans des bouteilles ou des vessies et l'expédient dans les provinces éloignées de la Perse et de l'Indoustan. Comme il conserve pendant longtemps sa propriété inflammable, cette espèce de prestige entretient la superstition des adorateurs du feu dans le même degré d'exaltation. Le gaz de Bakou est de l'hydrogène carboné mélangé à des vapeurs de naphte et à de l'acide carbonique.

Lorsque les gaz sortent de terrains situés au dessous d'eaux stagnantes ou d'eaux vives, ils brûlent à la surface du liquide sans que celui-ci participe en rien à ce phénomène. C'est là l'origine des *fontaines ardentes*, des *rivières inflammables*,

dont les anciens ont parlé comme des productions merveilleuses et surnaturelles.

On connaît aux États-Unis un grand nombre de sources brûlantes, surtout près de Canandaigua, capitale du comté d'Ontario. Le gaz apparaît en petites bulles, et ne s'enflamme que lorsqu'on l'approche du feu. Mais lorsqu'il sort directement du roc, il donne une flamme brillante et continue que des pluies d'orage peuvent seules éteindre. Il est impossible de voir sans surprise ce feu qui court sur les ondes, comme jadis le feu grégeois. La vive imagination des Grecs n'eût pas manqué de prendre pour le Phlégéthon, ou fleuve des Enfers, les ruisseaux américains avec leurs vagues enflammées. Ce phénomène est surtout remarquable en hiver lorsque la terre est couverte de neige et que la flamme qui en sort contraste avec la blancheur des frimas. Dans les temps très-froids la glace forme des espèces de tubes de 6 à 8 décimètres de hauteur, d'où le gaz s'échappe; on dirait alors des flambeaux fixés sur des can-délabres d'argent. Au milieu des ténèbres d'une nuit épaisse, c'est un spectacle à la fois bizarre et magnifique que celui de ces plaines hérissées de ces tubes de glace d'où sortent des gerbes de flamme qui colorent au loin la campagne. Les habitants qui vivent dans le voisinage de ces sources de gaz, ont placé à leur orifice des tuyaux de bois; l'autre extrémité de ces tuyaux vient aboutir au foyer de leur cuisine, et le feu fourni par le gaz suffit pour faire cuire leurs aliments. D'autres tuyaux conduisent le gaz dans le parloir ou salon de compagnie; la flamme qui en sort donne une lumière égale à celle de 4 à 5 bougies. La singularité de ces phénomènes attire une foule de curieux.

Dans les districts de Young-Hian et Wei-Yuan-Hian, en Chine, il existe de semblables feux naturels qui sortent de puits d'eau salée, répandus en grand nombre sur un rayon de 5 myriamètres environ, et qui sont exploités par les populations industrieuses du voisinage. Les Chinois, comme les Améri-

cains, font circuler le gaz dans de longs tuyaux de bambou et s'en servent à échauffer et à éclairer les usines employées à l'exploitation des puits salins, ainsi que les rues où ces usines se trouvent.

On a donné le nom de *salses*, volcans d'air, volcans vaseux, volcans de boue, à des mares formées par de l'eau salée reposant sur une couche argileuse plus ou moins imprégnée de matières bitumineuses, d'où il se dégage accidentellement de l'hydrogène carboné. Ce gaz occasionne des explosions d'autant plus fortes qu'il a éprouvé plus de difficultés à se faire jour à travers la vase, qui est toujours visqueuse et assez tenace. Il est mélangé d'air et d'acide carbonique, aussi ne peut-il s'enflammer comme le précédent.

Les salses sont assez répandues partout, il en existe de considérables en Italie, dans le Modénais, le Parmesan, notamment entre Arragona et Gирgenti, au lieu nommé Maccalaba ; on les rencontre également en Crimée, en Perse, dans l'Indoustan, à Java, etc.

Priestley et Cruikshank ont reconnu que l'hydrogène carboné se dégageait, pendant les temps chauds, de toutes les eaux stagnantes renfermant des matières organiques en décomposition. C'est pour cette raison qu'on le nomme souvent *gaz des marais*. Il sort également du sein des matières terreuses que le dessèchement des marais laisse à nu pendant l'été.

L'hydrogène carboné, quand il est pur, brûle avec une flamme bleue peu éclairante. Dans la nature il est rarement à l'état de pureté, et la coloration de la flamme dépend du gaz ou des vapeurs qui sont mélangées avec lui, et des substances qu'il peut entraîner mécaniquement.

L'hydrogène carboné qui se dégage dans les mines de houille, est connu sous le nom de *grisou*. Mélangé à l'air des galeries et enflammé accidentellement, il produit ces terribles explosions qui font chaque année tant de victimes et jettent dans les districts houillers l'épouvante et la désolation.

Diverses procédures, tous imparfaits, ont été proposés pour empêcher ou prévenir ces accidents. Le plus généralement en usage consiste dans l'emploi de la lampe de sûreté de Davy. Cette lampe est basée sur l'action qu'exercent les toiles métalliques sur les flammes.

Quand on place une toile métallique, convenablement serrée, au-dessus d'une flamme, on peut comprimer celle-ci sans qu'elle traverse le tissu, et si on présente obliquement cette toile à la flamme, on la coupe comme on pourrait le faire avec un couteau pour un corps solide, et l'on obtient deux portions de flammes séparées. Le gaz peut de nouveau s'enflammer au dessus de la toile et former ainsi deux flammes distinctes. Ces effets sont dus au refroidissement occasionné par la toile métallique qui abaisse la température des matières combustibles au-dessous du point où elles peuvent brûler. Si la toile atteint un degré de température assez grand pour rougir, la flamme n'est plus alors interceptée. Un seul des gaz connus, l'hydrogène phosphoré, est susceptible de s'enflammer à la température de l'atmosphère par le seul contact de l'air : la toile métallique ne peut donc avoir aucune influence sur sa combustion.

Il résulte de ces faits que si une atmosphère de gaz combustible mêlée avec de l'air, est séparée en deux parties par une toile métallique convenable, l'une doit brûler sans que l'autre éprouve d'altération, et que si, par exemple, une détonation avait lieu dans la première, elle ne se propagerait pas dans la seconde.

Il est évident que suivant que le gaz est plus ou moins combustible, la nature de la toile qui pourra le préserver de la combustion doit varier.

Une autre application non moins brillante qu'utile de l'effet des toiles métalliques sur les flammes, est due au chevalier Aldini, physicien italien. Elle consiste dans un appareil propre à garantir les pompiers de l'action de la flamme dans les incendies. Cet appareil préservateur se compose de deux vête-

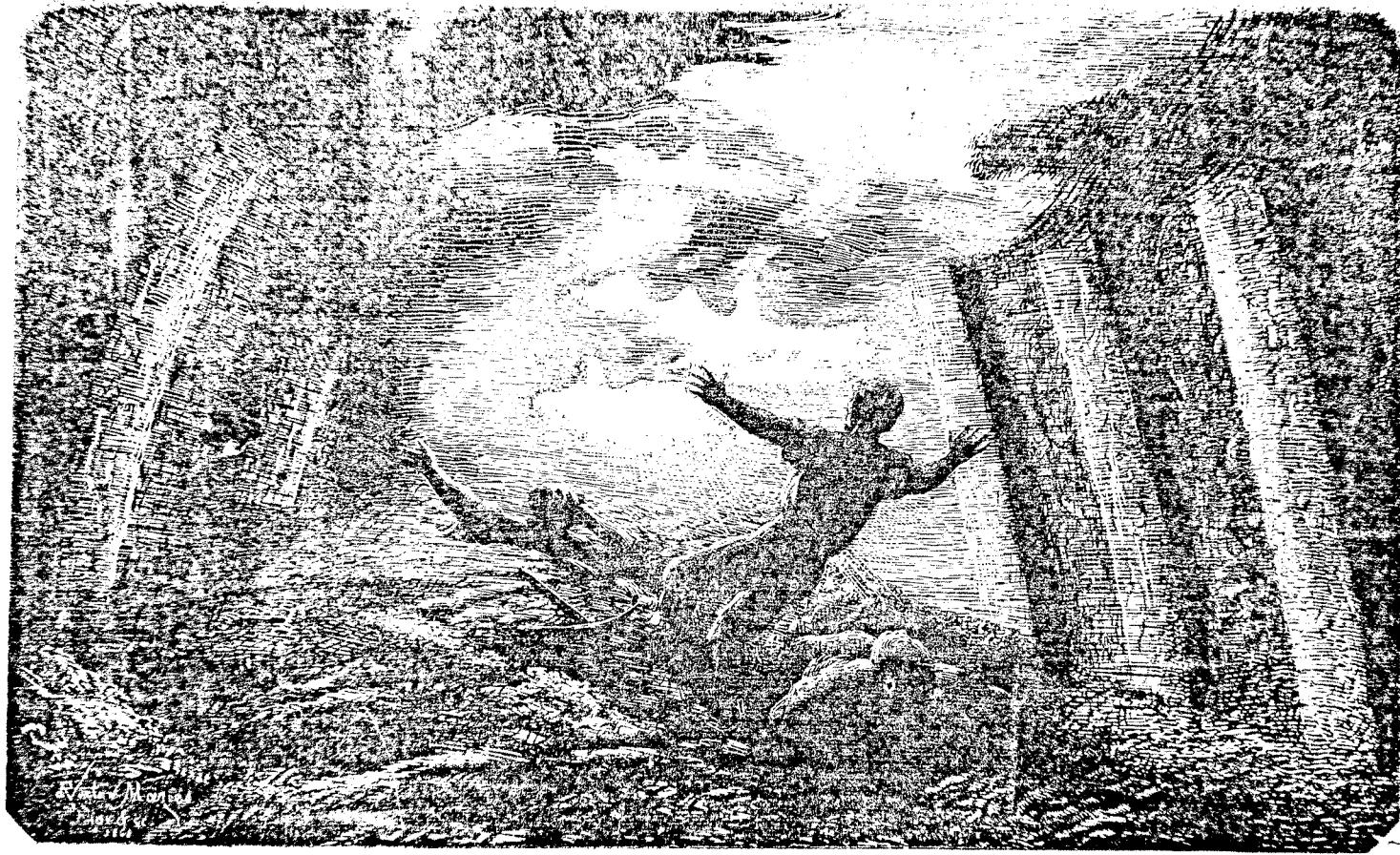


Fig. 17. — Une explosion de grisou.

ments : l'un d'un tissu épais d'amiante ou de laine rendue incombustible au moyen d'une dissolution saline ; l'autre en toile métallique de fil de fer recouvrant le premier. Le pompier revêtu de ces deux tissus peut supporter pendant un certain temps l'action des flammes sans en ressentir les effets funestes, puisque le tissu métallique extérieur refroidit ces flammes, et que l'amiante ou la laine ne transmet que très-faiblement la chaleur en raison de sa faible conductibilité.

Avec des gantelets faits d'après le même procédé, on peut tenir impunément pendant quelques instants des bois enflammés, des barres métalliques rougies, et plonger ses mains dans des liquides embrasés.

En 1838, M. Maratuch a proposé d'adapter à l'extrémité du tuyau des cheminées, un châssis portant une toile métallique qui arrête complètement les feux les plus intenses. On éviterait par ce moyen les feux de cheminées, toujours si fréquents et souvent si désastreux. Il serait à désirer de voir se généraliser un procédé aussi simple et aussi utile.

Puisque nous venons de parler de l'amiante, il n'est pas sans intérêt de dire un mot de cette substance dont peu de personnes connaissent la véritable nature.

On rencontre l'amiante, ou asbeste, en petits amas dans certaines roches primitives. Ses propriétés sont si singulières que les anciens, séduits par l'amour du merveilleux, ont enrichi son histoire d'une foule de fables qui ont acquis à cette pierre une célébrité qui s'est perpétuée jusqu'à nous. Pline la considérait comme un lin incombustible provenant d'une plante qui croissait sous le ciel brûlant de l'Inde.

Aujourd'hui l'analyse chimique a démontré que l'amiante était un minéral formé principalement de silice (*silex*) et de magnésie.

Ce minéral est très-répandu dans les Hautes-Alpes, les Pyrénées, l'Écosse, la Corse, et la partie de la Savoie connue sous

le nom de Tarantaise. C'est de ce dernier pays que viennent les plus longs filaments.

Les anciens filaient l'amiante et en faisaient des nappes, des serviettes, des coiffes, que l'on passait au feu quand elles étaient sales. La crasse et les matières étrangères étaient brûlées et on retrouvait le tissu d'amian te intact et parfaitement blanc. Ce procédé de blanchissement était, comme on le voit, très-prompt, très-économique ; il est fâcheux qu'il ne soit pas applicable à notre linge si cruellement maltraité par les blan chisseuses. Au reste, la signification du mot amiante, indique une chose qui ne peut se souiller.

Chez les Grecs et les Romains qui brûlaient leurs morts, on faisait avec l'amiante des linceuls dans lesquels on enveloppait les corps des rois afin de recueillir leurs cendres pures de tout mélange. On trouva, en 1702, à Rome, près de la porte Nœvia, une urne funéraire dans laquelle il y avait un crâne, des os brûlés et des cendres renfermées dans une toile d'asbeste d'une merveilleuse dimension. Elle avait 2 mètres de longueur sur 1 m. 60 de largeur ; on la voyait encore au Vatican il y a quelques années.

La mèche incombustible des anciens était en amiante, qui, suivant certains auteurs, brûlait dans l'huile sans se consumer. De là la fable des lampes perpétuelles. Le nom d'asbeste qui signifie inextinguible paraît provenir de cet usage.

CHAPITRE X

COMMENT ON SE PROCURE LE FEU

Aujourd'hui, si vous désirez avoir du feu, rien n'est plus simple que de vous en procurer. Vous prenez une allumette chimique, vous la frottez sur un mur, sur une table, voire même sur la manche de votre habit, si c'est votre goût, et aussitôt la flamme jaillit au bout de vos doigts. Dans un instant votre lampe va vous éclairer, votre foyer vous réchauffer.

En outre, rien n'est plus commun aujourd'hui que cette source permanente de feu, les allumettes chimiques; leur prix est insignifiant, tous les épiciers en vendent et toutes les maisons en possèdent une provision ; aussi en est-il de l'allumette comme de tous les objets abondamment répandus dans la consommation usuelle, bien peu de personnes l'honorent de leur attention, bien peu se préoccupent de sa constitution et de son histoire.

Il s'en faut, cependant, que notre allumette chimique ait toujours existé ; au contraire, la grande majorité des hommes

qui vivent actuellement ont assisté à sa naissance, la plupart se sont procuré du feu sans elle, seulement, grâce à sa commodité, elle a fait un chemin si rapide, l'emploi en est devenu si promptement général, qu'elle semble maintenant avoir été inventée il y a bien longtemps, et tout naturellement elle est tombée dans l'oubli destiné aux objets que l'on a sans cesse sous les yeux.

Toutefois, à côté du public qui oublie, il y a les inventeurs qui passent leur temps à penser aux choses oubliées, et l'industrie que l'instinct du progrès et de la concurrence tient sans cesse en éveil.

A-t-on fait du feu de tout temps? — Bien probablement, non.

Les premiers hommes qui habitérent le globe pouvaient aisément se passer de feu. Le climat des lieux qu'ils occupaient les dispensait de chercher à se chauffer, et leur nourriture, composée uniquement de végétaux qu'ils trouvaient tout accommodés par les soins du Créateur, n'exigeait pas qu'ils eussent recours, pour préparer leur repas, à la flamme d'un foyer artificiel. Quant au besoin de s'éclairer, lorsqu'ils étaient privés de l'éclat du jour, ils ont pu également pendant un temps plus ou moins long, ne pas l'éprouver, se contentant de régler la durée de leur repos sur celle des nuits.

D'ailleurs, combien de temps vécurent-ils sans connaître d'autre flambeau ni d'autre foyer que le soleil, sans se douter, qu'il put en exister d'autres? Combien de temps se passa-t-il avant que, pour la première fois, la foudre, tombée sur une forêt, leur révélât, dans un vaste incendie, une lumière et une chaleur qui n'étaient pas la lumière et la chaleur du soleil? Ou bien, quand, pour la première fois, aperçurent-ils la flamme de quelque volcan en éruption, ou la lueur d'un de ces feux naturels qui brûlent à la surface des marais et dont l'apparition est due à la formation sur le sol, d'un gaz susceptible de s'enflammer spontanément à l'air. Enfin, après que l'exis-

tence du feu eût été révélée, quand, pour la première fois, un homme conçut-il l'idée d'en produire à son gré ? Tout cela, l'histoire et la science ne nous l'apprennent pas.

Néanmoins, la première étincelle que fit jaillir la volonté d'un homme remonte à une époque bien reculée : rien n'est plus certain.

Maintenant, comment cette étincelle fut-elle produite ? Par quel procédé fut-elle obtenue ? C'est encore ce que nous ignorons.

A coup sûr, le premier moyen qui fut employé pour se procurer du feu, n'était pas fondé sur des idées scientifiques bien avancées. Il est vrai que, de tout temps, la méthode scientifique par excellence, la méthode éternellement bonne, l'observation, fut à la portée des hommes. De tout temps, en observant, ils purent, sinon se rendre compte théoriquement des effets produits à leurs yeux, du moins s'approprier les moyens d'arriver à la production de ces mêmes effets.

Le feu est chaleur et le frottement engendre la chaleur. Voilà ce que l'observation put leur apprendre, et, selon

apparence, c'est d'après ce principe qu'ils produisirent du feu pour la première fois. Le moyen qu'ils employaient doit être le même que, depuis, on a fréquemment trouvé en usage chez les peuplades sauvages. Ce moyen est décrit par Bernardin de Saint-Pierre, dans un passage de *Paul et Virginie*.

« Paul résolut d'allumer du feu à la manière des noirs : avec l'angle d'une pierre, il fit un petit trou sur une branche d'arbre bien sèche, qu'il assujettit sous ses pieds ; puis avec le tranchant de cette pierre, il fit une pointe à un autre morceau de branche également sèche, mais d'une espèce de bois différent ; il posa ensuite ce morceau de bois pointu dans le petit trou de la branche qui était sous ses pieds, et, le faisant rouler rapidement entre ses mains, comme on roule un moulinet quand on veut faire mousser du chocolat; en peu de moments

il vit sortir du point de contact, de la fumée et des étincelles. »

Il est bon d'ajouter que cette opération ne réussit qu'avec certaines espèces de bois convenablement choisies.

Un second moyen de se procurer du feu, dont l'emploi doit remonter également à une époque très-reculée, est celui qui consiste à faire jaillir une étincelle d'un morceau de fer en le frottant vivement contre un fragment de silex dont le bord est tranchant. On voit fréquemment des étincelles produites par le choc contre une pierre des outils qui sont entre les mains des ouvriers terrassiers. Le premier morceau de fer qui se trouva dans la main de l'homme a donc pu permettre d'observer ce fait et mettre ainsi sur la voie de cette façon d'obtenir du feu. Il est vrai que la découverte du fer a été faite longtemps après l'existence des premiers hommes ; mais elle n'en remonte pas moins à une haute antiquité historique; d'après le livre de Job, on connaissait et l'on savait exploiter le fer dans quelques contrées, dès les siècles qui se sont écoulés depuis le déluge jusqu'à la mort de Jacob.

Nous voyons le moyen dont nous parlons mentionné par Virgile dans le premier livre de l'*Eneïde*.

« Ac primum silici scintillam excudit Achates. »

« Et d'abord Achate fait jaillir une étincelle d'un caillou. »

Virgile, dans son langage poétique, n'était pas tenu d'exprimer en termes bien vigoureux le fait dont il parle ; mais il est permis aussi de croire qu'il n'avait pas une idée bien nette de l'analyse du phénomène.

Enfin un troisième moyen de produire du feu, dont l'emploi quoique bien postérieur à la découverte des deux précédents, apparaît cependant encore dans l'histoire de l'antiquité, consiste à concentrer en un seul point toute la quantité de chaleur solaire qui vient frapper les différents points de la surface d'un miroi-

sphérique, ou d'une série de miroirs plans disposés les uns à côté des autres, suivant des inclinaisons convenables.

Ce moyen est une application du phénomène physique de la réflexion.

Tout le monde connaît l'histoire des miroirs que construisit Archimède lors du siège de Syracuse par Marcellus, et qui ser-

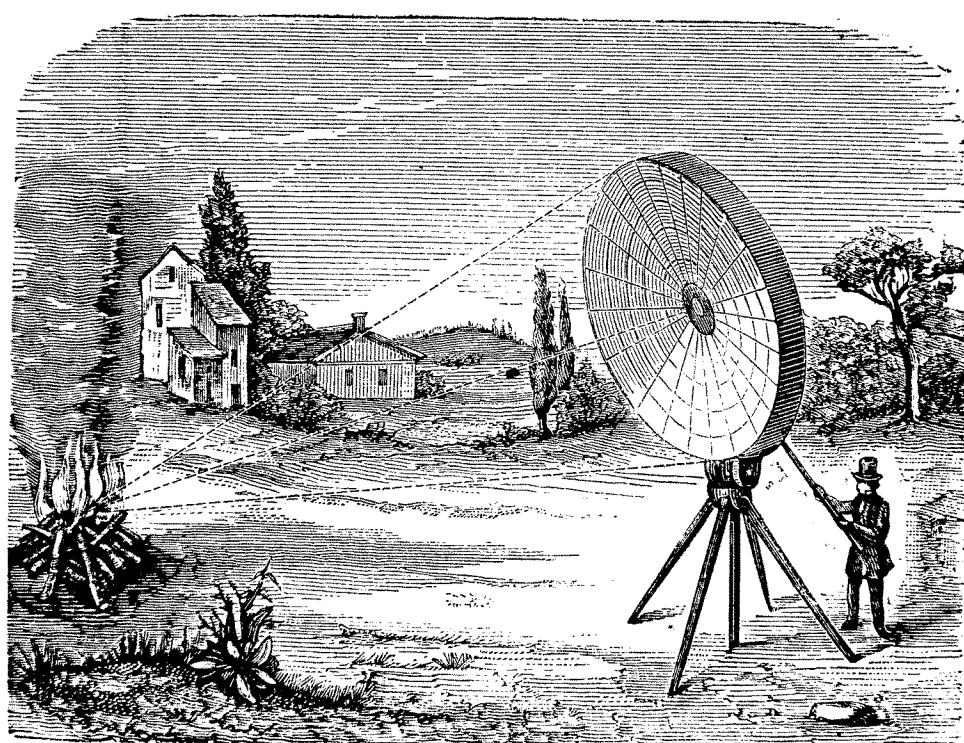


Fig. 18. — Grand miroir ardent de Buffon.

virent au savant géomètre à incendier la flotte des Romains. Il est vrai que ce fait semble presque incroyable. Mais il faut avoir soin de se reporter à l'époque où se passait l'événement (250 ans environ avant Jésus-Christ), pour se faire une idée de la distance qui devait séparer du rivage la flotte des assiégeants, et de ce que pouvaient être les bâtiments à incendier.

Au surplus, Buffon a fait une expérience qui vient jusqu'à un certain point confirmer l'exploit attribué à Archimède et en montrer la possibilité : l'illustre naturaliste construisit une sorte de vaste miroir ardent à l'aide d'un grand nombre de lames planes et étamées, longues de 22 centimètres sur 16 de large. Ces glaces pouvaient être orientées indépendamment les unes des autres, de telle sorte que les rayons solaires, réfléchis par toutes, vinssent concourir en un même point. Avec 128 glaces, par un soleil d'été, Buffon enflamma une planche de bois goudronné à 18 mètres de distance.

Peut-être était-ce à l'aide de ce moyen que déjà, à une époque antérieure à Archimède, on allumait le feu des Vestales, dont l'institution remonte au règne de Numa Pompilius (700 ans avant Jésus-Christ), c'est au moins ce qui paraît résulter de ces deux vers de Phèdre :

« Ita hodie, nec lucernam de flammâ Deum,
• Nec de lucerna fas est arcendi sacrum. »

« Ainsi aujourd'hui, il n'est permis ni d'allumer une lampe à la flamme des dieux, ni d'allumer le feu sacré directement à la flamme d'une lampe. »

On peut considérer ces deux vers comme une allusion à une manière d'allumer du feu qui aurait permis de s'approprier le feu du ciel.

Ces trois procédés sont, croyons-nous, les seuls qu'il soit permis de regarder comme ayant été connus des anciens, et, ce qu'il y a de remarquable, c'est qu'après ces trois procédés, il faut arriver presque jusqu'à nos jours pour en rencontrer de nouveaux.

Le *Briquet à silex* dont l'usage est si ancien et qui est encore en usage aujourd'hui, surtout dans les campagnes, est encore une application de la chaleur produite par le frottement. Le plus simple et le plus anciennement connu, se compose de

trois parties essentielles : une lame d'acier ordinairement façonnée en couronne ovale et plate ; un fragment de silex, ou *pierre à fusil*, dont les bords sont taillés en tranchant ; enfin d'une substance végétale, très-combustible et connue sous le nom d'amadou.

L'amadou est la chair d'un champignon, *l'agaric amadouvier*, qui croît sur les vieux chênes. On la divise en tranches peu épaisses qu'on dessèche, qu'on bat pour les amollir et les étendre en feuilles plus minces, et qu'on trempe ensuite dans une solution de salpêtre ou bien qu'on roule dans de la poudre très-fine pour les rendre plus inflammables. Rien n'est si vulgaire que l'usage du briquet, et cependant rien n'est si peu connu que sa théorie.

Dans le monde on se fait généralement la plus fausse idée de l'origine du feu que le briquet procure. Ouvrez un dictionnaire et vous y lirez que le briquet est une petite pièce d'acier dont on se sert pour tirer du feu du silex. C'est là un grossier contre-sens.

Lorsqu'on passe rapidement une lame d'acier sur le silex, les aspérités tranchantes de cette pierre tracent un sillon dans le métal, en détachent de petits copeaux que le frottement échauffe jusqu'à l'incandescence, et qui brûlent alors dans l'air en s'oxydant. C'est donc la combustion rapide des parcelles d'acier échauffées par le choc de la pierre qui détermine ces étincelles qui tombent sur l'amadou et l'enflamment. C'est la même cause qui fait jaillir le feu sous les pieds des chevaux ; leurs fers, en frottant vivement contre les pavés s'échauffent, se liment, et les parties métalliques qui s'en détachent brûlent vivement en absorbant l'oxygène de l'air. Le fer à l'état de division extrême, tel que celui que l'on obtient par la réduction de l'oxyde au moyen de l'hydrogène, brûle spontanément dans l'air sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir le choc. C'est ce que l'on nomme le *fer pyrophorique*.

Comme tout s'est raffiné sinon perfectionné, on connaît

aujourd'hui un grand nombre de briquets, dont la construction repose sur divers principes scientifiques. Le plus curieux sans doute est le briquet pneumatique, ou briquet à air comprimé, fondé sur la propriété que l'air possède, par l'effet d'une subite compression, de laisser tamiser du calorique. Il consiste le plus ordinairement en un cylindre métallique dans lequel on peut faire glisser, à frottement forcé, une tige appliquée sur un piston. Sur l'extrémité inférieure du piston, on attache une espèce de petit godet qui contient de l'amadou bien préparé et bien sec. Le piston, ramené à l'extrémité supérieure du cylindre, est poussé vers le bas par un mouvement brusque et instantané; l'air comprimé dégage du calorique, et l'amadou prend feu.

On a aussi le briquet rotatif. Figurez-vous l'archet d'un foret. Une petite roue d'acier et un petit cylindre sont fixés l'un et l'autre sur un axe commun. Le cylindre est creusé en gorge à sa surface pour enrouler la corde de l'archet. L'axe est retenu entre deux appuis placés aux deux extrémités; par ce moyen, il peut librement tourner sur ces points, et il entraîne dans sa rotation la roue qui lui est perpendiculaire. Pour produire du feu avec ce petit instrument, on fait tourner rapidement la roue d'acier au moyen de l'archet, et l'on présente en même temps à la circonférence, c'est-à-dire, sur le limbe de cette roue, un silex auquel est collé un morceau d'amadou; il jaillit bientôt de nombreuses étincelles et l'amadou s'enflamme.

Le briquet chimique, qui n'est plus guère qu'un jouet de laboratoire, est fondé sur la propriété que présente un jet d'hydrogène de se combiner avec l'oxygène de l'air et de s'enflammer, quand on le dirige sur de la mousse de platine. Le métal rougit d'abord, enflamme le gaz, et de l'eau se produit sans que le platine change d'aspect, augmente ou diminue de poids. Ce fait a été observé pour la première fois en 1823, par Dobereiner.

On s'est servi aussi pendant quelque temps du *briquet phosphorique* et des briquets oxygénés. Le premier se composait de trois pièces; une allumette soufrée, un petit flacon de plomb au fond duquel on plaçait un peu de phosphore et un morceau de liège. On plongeait l'extrémité soufrée de l'allumette dans le phosphore dont elle emportait, quand on la retirait, un petit fragment; on frottait ensuite cette extrémité contre le liège pour déterminer l'inflammation du phosphore. Les seconds, imaginés en 1820, étaient basés sur la propriété que possède l'acide sulfurique concentré d'enflammer au contact un mélange de chlorate de potasse, de résine, de soufre ou de sciure de bois.

Maintenant, à quelle époque, pour la première fois, fit-on, à l'aide d'une lentille transparente, converger plusieurs rayons de chaleur solaire en un point, comme on l'avait fait précédemment à l'aide des miroirs réflecteurs de façon à déterminer en ce point une élévation de température suffisante pour y produire le phénomène de l'ignition? C'est ce que nous ne saurions préciser.

Cependant la construction des premières lentilles en verre paraît remonter à Porta, l'illustre physicien napolitain qui inventa la *chambre noire*, c'est-à-dire à la fin du XVI^e siècle. C'est donc à partir de cette époque que l'on put découvrir, dans les lentilles faites d'une substance transparente, un moyen de se procurer du feu.

A ce sujet, on rapporte un fait assez curieux. Le capitaine Scoresby, étant en expédition dans les mers polaires, s'amusait, dit-on, à façonnner des lentilles avec des morceaux de glace. Il commençait par dégrossir les morceaux à la hache, puis les tenant d'une main avec un gant de laine, il les polissait à la chaleur de son autre main. Parfois il obtenait ainsi des lentilles d'une transparence remarquable, et alors il se plaisait à causer le plus grand étonnement à ses matelots en se servant de ces glaçons comme de lentilles ordinaires pour allumer sa pipe.

Quoi qu'il en soit de l'histoire des lentilles, en ce qui touche l'art de se procurer du feu, il est bien certain que, de même que les miroirs, elles ne constituaient jamais un moyen pratique bien usuel. Et cela s'explique, car leur emploi exige la présence des rayons solaires, dont, en réalité, nous sommes privés pendant la majeure partie du temps.

De nos jours, pour se procurer facilement du feu, on emploie surtout les allumettes chimiques inventées en 1833. On les fait généralement avec du bois de tremble, de peuplier, de saule, de bouleau très-sec, qu'on fend au moyen d'un couteau analogue à celui des boulanger, ou avec des machines spéciales, en petites bûchettes. Ces bûchettes une fois obtenues sont disposées en paquets ou bottes dont on plonge une extrémité d'abord dans un bain de soufre fondu, puis ensuite dans une pâte faite avec de l'eau, du phosphore, de la gomme et une matière colorante, généralement du minium ou du bleu de Prusse. On fait sécher ces allumettes à une douce chaleur. En frottant alors l'extrémité sur un corps rugueux, le phosphore prend feu; ce dernier se communique au soufre et finalement à la matière ligneuse elle-même. Mais on a été fort longtemps avant que les allumettes aient atteint le degré de perfection qu'elles ont aujourd'hui. Malgré tous les soins qu'un inventeur puisse apporter à une découverte, il est rare qu'il la complète de prime abord. Ce n'est que par l'expérience et la pratique qu'il est possible de se rendre compte dans une invention de ce qu'il y a de défectueux ou de ce qui lui manque, et que l'on peut successivement lui apporter les améliorations qui permettent de rendre les moyens de fabrication plus prompts et moins coûteux, sans rien changer au caractère primitif du produit. C'est ce qui est arrivé pour les allumettes qui ont mis trois siècles à devenir ce qu'elles sont aujourd'hui, et encore il a fallu pour cela toutes les ressources et les progrès de la chimie moderne.

Depuis quelques années on fabrique avec le phosphore rouge ou phosphore amorphe, des allumettes dites de sûretés, qui ne

peuvent s'enflammer que sur une surface préparée à cet effet. L'extrémité de l'allumette est plongée dans une pâte contenant des sels oxydants tels que le chlorate de potasse, le salpêtre, le nitrate de plomb, etc., mais ne présente aucune trace de phosphore. Celui-ci, dans sa modification rouge, entre seulement dans la composition de l'enduit qui recouvre le frottoir.

On comprend qu'avec ces allumettes qui ne peuvent s'enflammer que dans certaines circonstances, les chances d'accidents d'incendies et les suites souvent funestes qui en sont les conséquences, soient notablement diminuées.

Nous allons dans les chapitres suivants dire quelques mots du soufre et du phosphore, substances qui ne s'écartent pas de notre sujet, qui sont d'ailleurs de la plus haute importance, et dont nous ne saurions nous passer aujourd'hui.

CHAPITRE XI

SOUFRE, SOLFATARES ET HYDROGÈNE SULFURÉ

Vous connaissez tous le soufre, aussi ses propriétés extérieures nous arrêteront peu. On sait qu'à la température ordinaire c'est un corps solide, d'un jaune citron, sans odeur et très-friable. Il fond à la température de 112 degrés centigrades, bout et se volatilise entièrement à 444 degrés centigrades, en produisant une vapeur incolore.

Tout le soufre employé dans l'industrie provient des solfatares ou soufrières.

Solfatara est le nom qu'on donne en Italie à tout cratère de volcan devenu moins actif qu'une montagne projetant du feu, et n'exhalant que des gaz qui décomposent et dissolvent les roches de diverses manières. Les plus célèbres soufrières se trouvent en Italie, aux Antilles, en Asie, en Islande, au Japon et à Java.

A l'Ouest de Naples, sur la côte de Pouzzoles, on trouve vingt-sept cratères dans la plaine connue des anciens sous le nom de *Champs Phlégréens*, et appelée encore aujourd'hui *Campi Fle-*

grei. L'un de ces cratères, qui depuis 655 n'a point eu d'éruption, est ce qu'on appelle la solfatare de Pouzzoles, à environ deux kilomètres du lac d'Agnano et de la fameuse grotte du Chien. C'est un bassin long d'environ 417 mètres sur 333 mètres de large, entouré presque de tous côtés par des collines couvertes de châtaigniers, qu'on appelle *Monti Leucogei*. Il présente une surface blanchâtre, chaude seulement en quelques endroits, et en d'autres brûlantes, et rejette incessamment du soufre liquéfié et des vapeurs ammoniacales et sulfureuses. L'écho sourd et souterrain, qu'on entend surtout distinctement quand on jette une pierre dans le gouffre béant, qui se trouve à peu près au centre de la solfatare, prouve d'une manière irréfragable que tout cet espace est profondément miné, et que probablement il n'est recouvert que d'une mince écorce terrestre. Les géologues s'accordent à dire que ce feu intérieur devra finir par consumer à son tour cette couche extérieure, qui disparaîtra quelque jour pour ne plus laisser voir qu'un lac de feu. Il est indubitable que cette solfatare est un volcan en train de s'éteindre, et qui a dû être en activité bien avant toutes les éruptions du Vésuve que mentionne l'histoire.

Il existe également en Sicile un grand nombre de solfatares; les principales sont celles de Girgenti, de Caltanizetta, de Licata, de Centorbi, de Sommatino, de Catholica, de Coltasesbeta, etc. Elles produisent annuellement 52 à 55 millions de kilogrammes de soufre brut. Le minerai est disséminé en amas irréguliers, dans un terrain de craie, et contient de 30 à 50 pour cent de soufre. Son exploitation et son traitement occupe environ 20,000 personnes sur une population de 2 millions d'habitants.

Le soufre brut arrive à Marseille, au Havre, à Rouen où on le raffine avant de le livrer au commerce. Il présente une coloration jaune, jaune verdâtre, brune ou grise suivant les substances qui le souillent.

La soufrière du Morne-Garou, dans l'île Saint Vincent, l'une

des petites Antilles, a près de cinq kilomètres de circonférence, 166 mètres de profondeur, et à son centre, un cône dont le sommet est couvert de soufre. Celle de la Guadeloupe est à 1600 mètres d'élévation et vomit continuellement de la fumée et quelquefois même de la flamme. Plusieurs montagnes de la

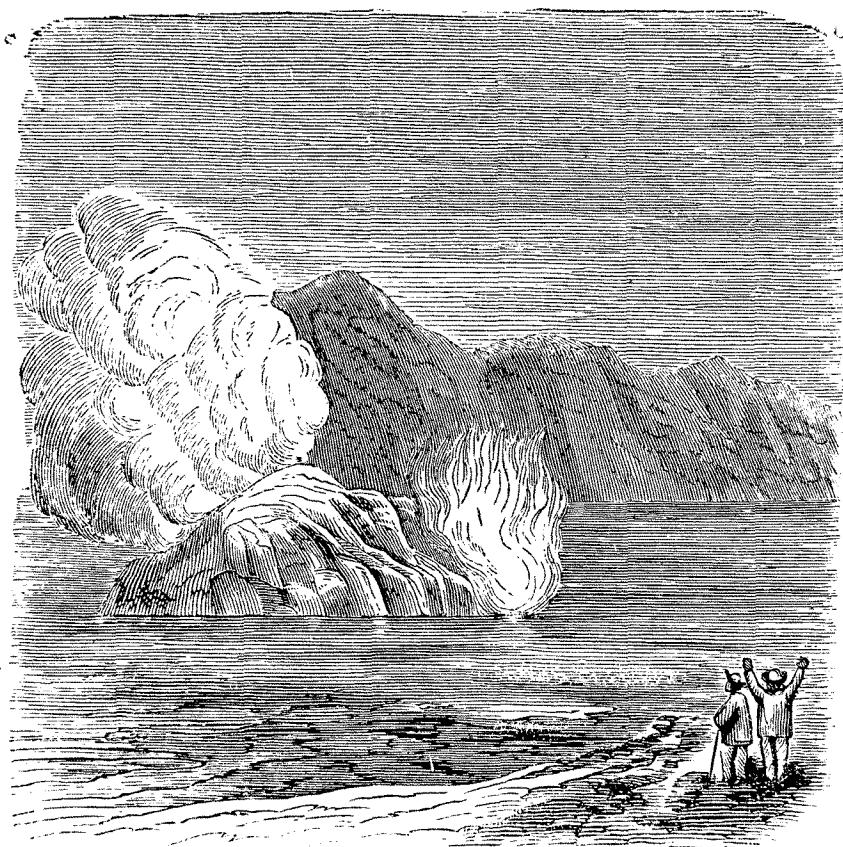


Fig. 19. — Une solfatare.

Dominique (Antilles anglaises) contiennent également des soufrières qui projettent sans cesse des vapeurs sulfureuses et dont les environs sont si chauds qu'on ne peut y marcher. La soufrière de l'île anglaise de Monserrat présente les mêmes phénomènes. La vallée empoisonnée de Java, dont nous avons

déjà parlé, est également un ancien cratère éteint exhalant des torrents d'acide carbonique.

La plus considérable de toutes les soufrières connues est celle d'Ouromtsi, située en Chine, à l'ouest de la ville de ce nom, presqu'au centre de l'Asie, au nord du Bogdo-Ola, le plus élevé des massifs des monts Thiang-sang, entre le volcan Petschan à l'Ouest, et le volcan Hotschéou à l'Est. Les habitants l'appellent la plaine brûlante. Elle a cinq myriamètres de circuit et est couverte de cendres en agitation perpétuelle. Si on y jette le moindre objet, il se produit aussitôt une flamme qui consume tout: si on y lance une pierre, il s'en dégage une fumée noirâtre. Les oiseaux se gardent bien de voler dans cette région mortelle.

Le soufre brûle dans l'air avec une flamme bleuâtre, en répandant une odeur suffocante et caractéristique. Il se combine dans ce cas à l'oxygène de l'air en produisant un composé gazeux, l'acide sulfureux, gaz complètement impropre à entretenir la combustion. De là son emploi dans l'extinction des feux de cheminées.

Ce gaz se produit et se dégage en grande quantité dans le voisinage des montagnes soumises à l'action des feux souterrains. Tous les volcans en activité, en exceptant ceux de l'Équateur, en exhalent de leurs cratères, mais surtout pendant et après les éruptions. Dans les soufrières le dégagement est à l'état permanent. C'est en partie l'acide sulfureux qui rend l'approche de ces lieux si dangereux en raison de la suffocation qu'il détermine. On lui attribue la mort de Pline le naturaliste, qui périt pour avoir voulu examiner de trop près la fatale éruption du Vésuve du 24 août de l'an 79 de l'ère chrétienne, qui le même jour engloutit dans un déluge de cendres Herculanum, Pompéia et Stabia.

L'acide sulfureux a une odeur piquante et désagréable, il irrite la gorge, provoque la toux et l'éternuement, fait couler les larmes et amène bientôt l'asphyxie et la mort.

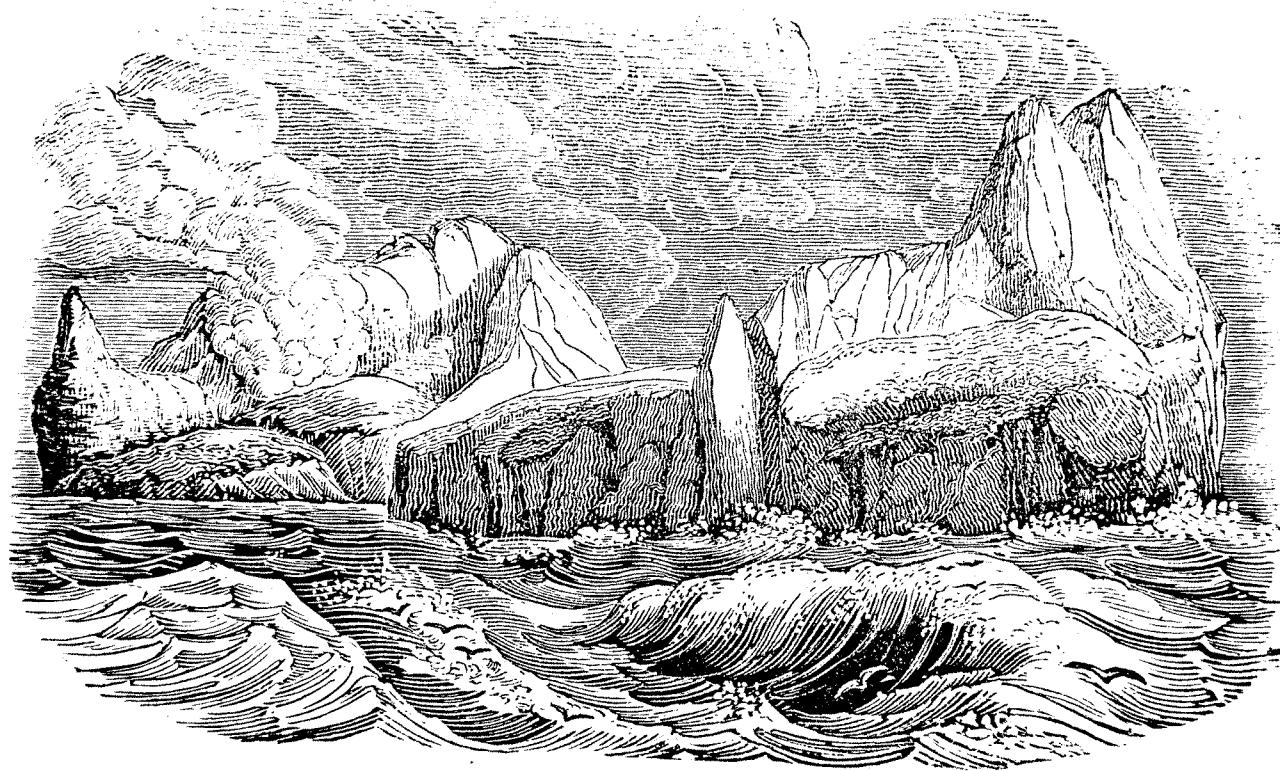


Fig. 20. — L'île de soufre au Japon.

Le soufre s'unissant à l'hydrogène, un composé gazeux qui se rencontre très-fréquemment dans la nature, c'est l'acide sulphydrique ou hydrogène sulfuré. Il existe dans tous les endroits où il y a eu des sulfures métalliques ; il se dégage d'une manière permanente des entrailles de la terre dans les localités volcaniques, notamment aux environs du lac d'Agnano, et sur la solfatare de Pouzzoles.

Toutes les fois qu'on perce des puits artésiens dans des bancs lemarne ou d'argile, il se dégage en abondance de l'hydrogène ulfuré. C'est ce qu'on a observé dans les environs de Paris. En 1833, à Gajarino, près de Conegliano, gouvernement de Trieste, il sortit d'un puits que l'on forait, et qui avait alors une profondeur de 28 mètres, une si grande masse de ce gaz, qu'il en résulta de violentes éruptions de boue sableuse et une colonne de flammes de 2 mètres de large sur 10 mètres de haut.

L'hydrogène sulfuré se forme sous nos yeux dans une foule de circonstances. C'est un des produits constants de la putréfaction des matières organiques qui renferment du soufre au nombre de leurs éléments ; de là son dégagement permanent dans les fosses d'aisance, dans les charniers infects où l'on assemble les immondices des villes, dans la vase des marais des fossés, dans les canaux où séjourne l'eau de mer, etc. C'est également ce gaz qu'exhalent les œufs pourris. Il prend aussi naissance dans les eaux soustraites au contact de l'air, qui contiennent tout à la fois des matières organiques et du calcaire de chaux ou de plâtre. C'est pour cela que les eaux naturelles putréfient dans les citernes mal construites et les tonneaux mal fermés. Le même phénomène se produit aux environs des îles stagnantes et salées où se trouvent des matières organiques et des sulfates. C'est ce qui arrive constamment dans les maremmes de l'Italie, aux embouchures de plusieurs rivières sur la côte d'Afrique, et il est rationnel de supposer que l'hydrogène sulfuré joue un rôle important dans l'insalubrité de ces localités.

La présence de ce gaz dans l'atmosphère est donc incontestable, et sa présence s'accuse par bien des faits, entre autres par la coloration grise et noire des peintures à l'huile, et des objets en or, en argent, en cuivre, ou en plomb.

C'est également à l'hydrogène sulfuré qu'il faut rapporter l'origine du soufre qu'on rencontre dans certaines plantes, telles que le raifort, les radis, le cresson, le cochléaria, les navets, la graine de moutarde, les oignons, etc., et qui croissent dans des milieux dépourvus de soufre et de sulfate.

Ce gaz éteint les corps en combustion ; il est irrespirable et tellement délétère, qu'on a peine à concevoir la rapidité de son action. L'animal qui le respire tombe comme frappé par un boulet ; aussi cause-t-il presque journalement la mort ou tout au moins des accidents très-graves parmi les ouvriers vidangeurs. Il n'est même pas nécessaire de respirer le gaz pour en subir les mortelles atteintes. MM. Chaussier et Nyston ont constaté, en effet, qu'il suffisait que le corps d'un animal ou simplement un de ses membres soit plongé dans une atmosphère d'hydrogène sulfuré pur, pour qu'il périsse en moins de 15 à 20 minutes.

L'hydrogène sulfuré brûle avec une flamme bleue ; il peut former avec l'air des mélanges détonants et a souvent donné lieu à des explosions accidentelles dans des fosses d'aisance mal aérées. Quand il brûle dans un excès d'air, les produits de la combustion sont de la vapeur d'eau et de l'acide sulfureux. Quand la quantité d'air n'est pas suffisante, il y a, en outre, un dépôt de soufre. Dans ces deux cas, l'odeur fétide de ce gaz est remplacée par l'odeur suffocante et caractéristique de l'acide sulfureux, c'est-à-dire du soufre qui brûle.

CHAPITRE XII

LA COMBUSTION DU PHOSPHORE

L'existence du phosphore, de ce corps si singulier et aujourd'hui, pour ainsi dire, indispensable dans l'économie domestique, avait échappé aux anciens chimistes.

En 1669, un marchand de Hambourg, du nom de Brandt, adonné à l'alchimie et poursuivant la recherche de la pierre philosophale, afin de réparer les désastres de sa fortune, fut l'heureux auteur de cette découverte capitale qui, si elle ne l'enrichit pas, le sauva du moins de l'oubli.

Kunckel, chimiste très-distingué de Wittemberg, se trouvant par hasard à Hambourg et ayant connu la découverte de Brandt, se mit en rapport avec lui et fit tous ses efforts pour lui arracher le secret de la préparation de ce corps extraordinaire, luisant constamment dans l'obscurité; mais il ne put rien obtenir. Dans cet intervalle il avait écrit à l'un de ses amis, Krafft, conseiller de l'électeur de Saxe, s'occupant de sciences et notamment de chimie, pour lui faire part de toutes ces nouvelles; celui-ci, sans lui répondre, accourt immédiatement à Hambourg et achète le secret pour 200 thalers (environ

800 francs). Kunckel ayant appris la déloyauté de son ami, et indigné de sa conduite, résolut alors de chercher le singulier corps dont les propriétés merveilleuses excitaient si vivement sa curiosité. Quoiqu'il ne sut rien autre chose du procédé de Brandt, sinon qu'il y employait de l'urine, il parvint enfin à en retirer le phosphore, dont il communiqua gratuitement le mode d'extraction à plusieurs personnes, et entre autres à Homberg, en présence duquel il fit, pour la première fois, l'opération, en 1679.

On peut donc regarder ce chimiste comme le véritable auteur de la découverte du phosphore, car ce n'est point au hasard comme Brandt, mais à la suite d'un travail persévérant de plusieurs semaines, qu'il dût la connaissance du nouvel élément.

Alchîld Béchild, alchimiste arabe du douzième siècle parle, dans un petit traité manuscrit conservé à la Bibliothèque impériale de Paris, d'une escarboucle artificielle, ou d'une espèce de lave, obtenue par la distillation des urines avec de l'argile, de la chaux et des matières organiques charbonnées. Il n'est pas impossible qu'en employant ce procédé avec certaines précautions, Alchîld Béchil eût obtenu du phosphore auquel il aurait donné le nom d'escarboucle.

Gahn, chimiste suédois, découvrit en 1769, le phosphore dans les os des animaux; Scheele, son compatriote et son ami, trouva bientôt un moyen facile de l'extraire en quantité considérable de la cendre de ces matières. C'est depuis cette époque que le phosphore est entré en réalité dans le domaine industriel. Le procédé actuel de fabrication n'est autre que celui de Scheele modifié et perfectionné par les chimistes français.

Le phosphore est un des plus singuliers corps simples, par l'ensemble de ses propriétés et sa manière d'être. Son nom, qui signifie porte-lumière, rappelle un de ses caractères les plus remarquables, celui de répandre de la lumière dans l'obscurité.

Il a l'apparence de la cire blanche, et présente une légère

odeur aliacée. C'est un des corps les plus fusibles, puisqu'il se liquéfie complètement à 44 degrés; il se vaporise à 290 degrés.

A la température ordinaire, il répand dans l'air des vapeurs blanches d'une odeur d'ail, et une lueur blanchâtre qui n'est visible que dans l'obscurité. Cette propriété est bien connue des enfants qui s'amusent à tracer avec un bâton de phosphore sur des surfaces noircies, des caractères qui brillent alors de cette lueur blafarde qu'on appelle lumière ou flamme phosphrique.

Le phosphore s'enflamme très-facilement par le frottement, ou même par le simple contact d'un corps un peu rugueux, tel par exemple que du papier gris grossier. Aussi le maniement de ce corps dans l'air n'est-il pas sans danger. Si on le tient trop longtemps entre les doigts, sans le refroidir par l'immersion dans l'eau, la chaleur de la main en détermine promptement l'inflammation, et l'on court le risque d'être brûlé très-profondément. Un droguiste de Lyon est mort, en moins de vingt-quatre heures, des suites nombreuses de brûlures qu'il reçut en pesant, hors de l'eau, plusieurs kilogrammes de phosphore qui s'enflammèrent immédiatement.

Ce corps est un poison dangereux, amenant rapidement la mort, à la dose de deux grammes pour les chiens et de trois centigrammes pour les moineaux.

En 1849, Schrotter, chimiste de Vienne, en soumettant le phosphore pendant dix jours à une température de 230 à 250 degrés, dans une atmosphère d'acide carbonique, obtint une modification remarquable de ce corps. De blanc le phosphore devint rouge, perdant à la fois ses caractères vénéneux et sa grande facilité d'inflammation. Cette modification moléculaire connue sous le nom de phosphore rouge ou phosphore amorphe, a été utilisée depuis sur une grande échelle, pour la fabrication des allumettes, dites de sûreté, dont nous avons déjà dit un mot dans un chapitre précédent.

Le phosphore brûle dans l'air avec une flamme brillante en

formant, par sa combinaison avec l'oxygène, de l'acide phosphorique. Cet acide se rencontre fréquemment dans la nature à l'état de combinaison avec des oxydes métalliques ; on le trouve rarement à l'état de liberté. C'est un corps fixe dont nous n'avons pas à nous occuper ici.

Par son union avec l'hydrogène, le phosphore donne lieu à un gaz assez intéressant, qu'on appelle hydrogène phosphoré ou phosphure d'hydrogène. Ce gaz jouit de la singulière propriété de s'enflammer spontanément.

En 1669, Bayle, qui travaillait à la préparation du phosphore, avait déjà remarqué la production de ce gaz, mais il n'en connut pas la nature ; Gengembre, chimiste français, la détermina le premier en 1793. Ce gaz très-répandu dans la nature, comme nous le verrons tout à l'heure, s'obtient très-faisilement dans les laboratoires en projetant dans de l'eau un composé de phosphore et de chaux, qu'on appelle phosphure de calcium.

Schmeisser, professeur de chimie à Hambourg, se trouvant

à Londres peu de temps après la découverte du phosphure de calcium, fit voir, dans une expérience publique, la facile décomposition de ce corps par son immersion dans l'eau, et la combustion spontanée du gaz qui en résultait : « Il faudra, s'écria un des spectateurs, renvoyer tous ces Allemands, sans quoi ils finiront par mettre le feu à la Tamise. »

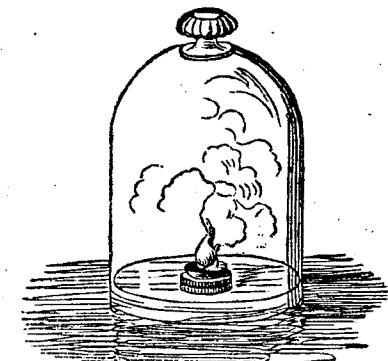


Fig. 21. — Combustion du phosphore dans l'eau.

L'hydrogène phosphoré a une odeur fétide qui ressemble assez à celle du poisson pourri.

Le phosphore est un des éléments de la matière cérébrale, des nerfs et de quelques autres parties de l'organisme. Par la

décomposition lente de ces substances au sein de la terre humide, une quantité plus ou moins grande de gaz hydrogène phosphoré prend naissance et vient se répandre dans l'atmosphère, dès qu'il trouve à se glisser entre les fissures que présente le sol. Alors il s'enflamme et produit ces feux subits et vacillants que les gens des campagnes voient avec tant d'inquiétude et de terreur pendant la nuit, qu'ils ont nommés *feux-follets, feux ardents, flambards*, etc., et dont nous allons nous occuper dans le chapitre suivant.

CHAPITRE XIII

LES FEUX-FOLLETS

Les feux-follets sont de petites flammes peu éclairantes, légères, capricieuses, d'une excessive mobilité, qui marchent, volent, dansent à peu de distance du sol, à environ deux mètres, et rasent quelquefois le limbe de la terre.

Elles se plaisent dans les lieux sinistres, sur les anciens champs de bataille, dans les cimetières, au pied des gibets, dans les fondrières, dans les marais dont la perfide verdure, au moment du crépuscule, simule une prairie aux yeux du voyageur trop confiant. Les poursuit-on, elles fuient ; les fuit-on, elles vous poursuivent.

Elles apparaissent tantôt comme la lumière d'une chandelle, tantôt comme une poignée de verges brûlant dans l'air. Elles offrent quelquefois une lueur plus pure, plus brillante que celle d'une bougie, quelquefois assez obscure, d'une couleur pourpre ou de celle de la flamme bleue du punch.

Souvent elles roulent à la manière des vagues, souvent elles resplendissent et s'épanouissent comme des étincelles ; mais

elles sont inoffensives et ne brûlent pas. Dans leurs caprices, elles se dilatent ou se condensent. Quand le follet est proche, il brille moins qu'à une certaine distance. Le savant anglais Desham dit en avoir vu qui dansait sur la tête d'un chardon pourri, et qui prit la fuite à son approche. Le célèbre physicien Beccaria, assure que l'un d'eux poursuivit un voyageur pendant plus d'un mille. Daniel raconte, dans son *Histoire de France*, que le roi Charles IX étant à la chasse dans la forêt de Lions, en Normandie, on vit paraître tout à coup un spectre de feu qui effraya tellement sa suite qu'elle le laissa seul. Le roi se jeta sur cette flamme l'épée à la main, et elle prit la fuite.

Dans les vastes marais des États-Unis, notamment dans la vallée où coule le Connecticut, ces lueurs passagères sont bien plus fréquentes que dans aucune partie de l'ancien continent, et, en Amérique, aussi bien qu'en Europe, ces feux-follets sont une source de superstitions populaires, une cause de déceptions et de périls pour le voyageur égaré pendant la nuit dans ces contrées marécageuses.

Le mouvement en avant et le mouvement de recul de ces petites flammes est facile à expliquer : lorsqu'un homme, se trouvant auprès d'un feu-follet, fait un mouvement rapide pour le fuir, il produit derrière son dos un vide que l'air environnant vient remplir avec précipitation en entraînant avec lui la légère flamme phosphorescente ; plus la course du fuyard est prolongée et rapide, plus le vide se fait derrière lui, et plus l'air se précipite dans le vide avec le feu-follet. Mais si, au lieu de fuir, on lui court sus, on pousse l'air devant soi, et on chasse cette petite flamme en la forçant de suivre le mouvement de recul de l'air.

Non loin de l'Achéron, appelé Mauropotamos ou fleuve noir, dans l'Épire, se trouve le marais Achérusien, où l'on voit voltiger continuellement des flammes phosphorescentes. C'est ce phénomène naturel dont ils ne pouvaient connaître la cause,

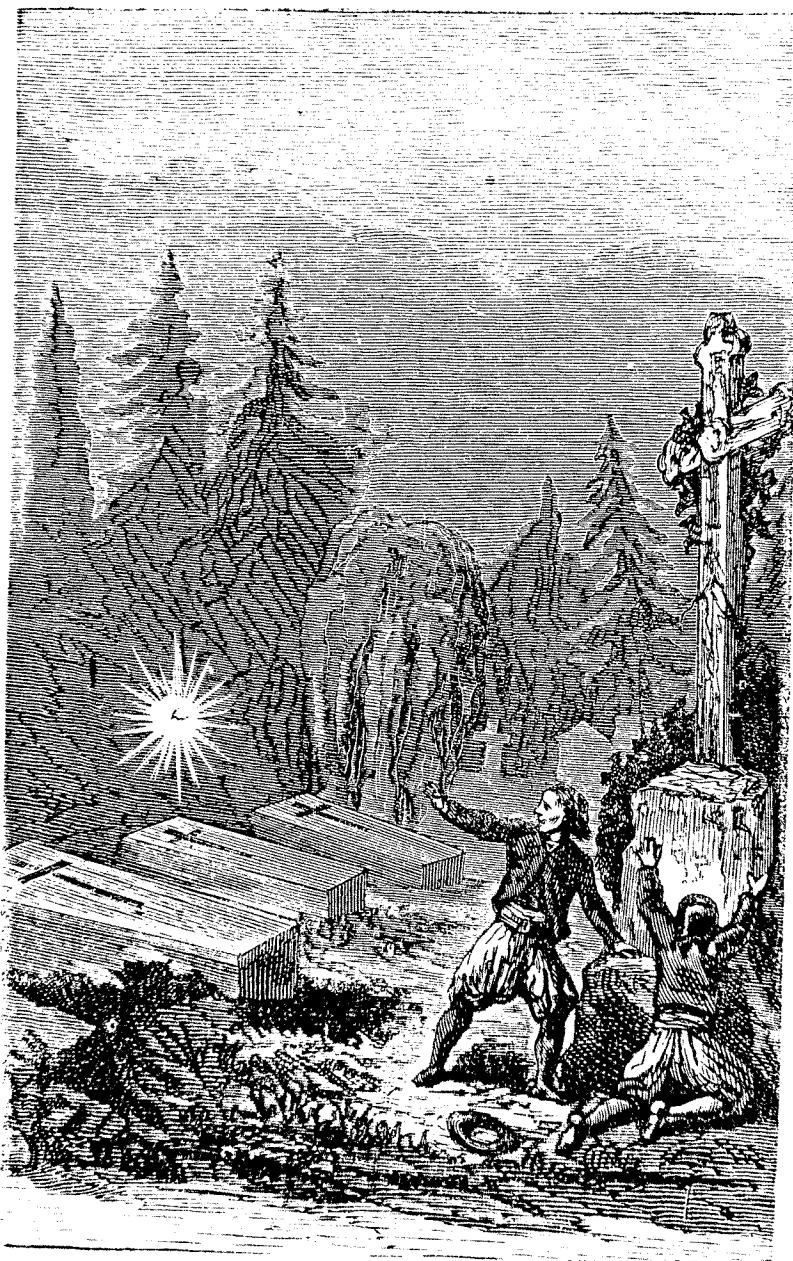


Fig. 22. — Les feux-follets.

qui avait donné aux anciens l'idée d'entourer les Enfers d'un fleuve de feu qu'ils nommaient Périphlégeton.

Les feux-follets sont, nous l'avons dit, la frayeuse des villageois, des voyageurs superstitieux, des femmes et des enfants. On croit au hameau que ce sont les âmes des excommuniés, des damnés même, qui entr'ouvrent les limbes de la terre et en sortent pour venir tourmenter les vivants. Quelques-uns, non moins crédules, pensent que les follets sont des esprits, bons et inoffensifs, qui affectionnent certaines maisons dont ils enrichissent le maître. Ils aiment à balayer, jardiner, panser les chevaux, peigner et tresser leur crinière ; ils vont même dans leur dévouement jusqu'à dérober pendant la nuit l'avoine des voisins pour la donner au cheval de cet heureux maître. Tel est le follet mogul de La Fontaine.

Il y a des bonnes femmes qui croient qu'ils bercent les petits enfants pour les endormir. S'ils sont quelquefois malins, toute leur espièglerie consiste à détourner le voyageur du sentier qu'il suit, à l'égarer, puis à ricaner, sans lui faire d'autre mal ; il en est même qui vont jusqu'à raser les gens, la nuit, pendant qu'ils dorment. Dans le Nord les superstitions attachées au follet ont pris la teinte sombre du climat. Le berger scandinave croit qu'à l'endroit où l'un de ces esprits s'est arrêté, on trouve le gazon brûlé le matin, et que jamais il ne repousse ni herbe, ni fleur sur ce lieu maudit.

Les Japonais et les Chinois ont eu les premiers une idée vraie de la nature des feux-follets. Voici un passage curieux de l'encyclopédie japonaise San-Thsaithou-Houi, qui le prouve : « Le feu-follet naît du corps des hommes et des animaux morts. »

La phosphorescence des poissons morts, bien connue de tout le monde n'est pas plus un prodige que l'apparition des feux-follets. Elle est due à l'émission lente du gaz hydrogène phosphoré qui provient de la putréfaction de leur lait, matière très-riche en phosphore.

CHAPITRE XIV

POUDRES ET COMPOSITIONS INCENDIAIRES

La poudre à canon est un mélange intime de salpêtre, de soufre et de charbon, dont les usages sont bien connus de chacun. On prétend que les Chinois connaissaient la poudre et se servaient du canon dans leurs guerres plusieurs siècles avant notre ère. Cette assertion ne s'appuie pas sur des faits positifs, et l'époque de la découverte de la poudre reste encore incertaine. Cependant les historiens s'accordent à dire que la poudre fut pour la première fois employée en 1338 dans les guerres de l'Europe.

Une question pleine d'intérêt se présente ici. La poudre à canon qui a eu une si grande influence, non-seulement sur le sort des empires, mais sur la marche de la civilisation, et qui a fait faire à l'homme un si grand pas vers l'égalité, est-elle un produit du hasard? Quelle est son origine? Elle a été sans doute le produit du développement naturel de l'art des compositions incendiaires, imaginées depuis longtemps, et surtout en usage en Asie et en Afrique.

Les hommes, dès qu'ils s'étaient fait la guerre, avaient cherché à se nuire par le moyen du feu : dans la défense des villes, les huiles bouillantes, la poix fondu, furent employées contre les assaillants dès la plus haute antiquité. On chercha à lancer ces matières incendiaires, et l'on mélangea celles qui offraient une combustion vive ; en y joignant des gommes ou des poix, on forma des mastics qui s'attachaient aux objets sur lesquels ils tombaient, et qui pouvaient les enflammer s'ils étaient combustibles. On lança les *pots à feu* avec des machines ; des pelotes formées d'étoupes trempées dans ces compositions, étaient attachées aux flèches et aux dards, qui prenaient alors les noms de *malléoles* et de *falaroques*. Les écrivains grecs et latins de l'antiquité, Thucydide, Enéas, Végèce, Ammien-Marcelin, parlent de ces projectiles incendiaires ; ils leur attribuent la propriété d'être inextinguibles par l'eau, et de ne pouvoir être éteints que par le sable et le vinaigre. Il serait trop long d'expliquer les causes et l'origine de cette croyance.

Cette branche de l'art de la guerre, sans tomber entièrement en désuétude, resta fort longtemps sans faire en Europe de progrès notables. Il n'en était pas de même en Asie et en Afrique, où, déjà pratiquée à l'époque de l'invasion d'Alexandre, elle était favorisée par la chaleur et la sécheresse du climat. Mais ce qui fit surtout faire à l'art des compositions incendiaires un pas immense, ce fut l'emploi du salpêtre. La propriété distinctive de cette substance est de *fuser* quand elle est en contact avec des charbons ardents.

En Chine, où on la trouve à la surface du sol, les habitants, remarquant ce phénomène, la mélangèrent avec des substances inflammables. Dans l'Hellénie, dès l'an 670 de notre ère, elle avait donné naissance au feu grégeois. Les Arabes s'en servirent contre les chrétiens, et plusieurs chroniqueurs, entre autres le sire de Joinville qui accompagnait saint Louis dans son expédition sur les bords du Nil, racontent très-naïvement la frayeur incroyable dont les croisés furent saisis à

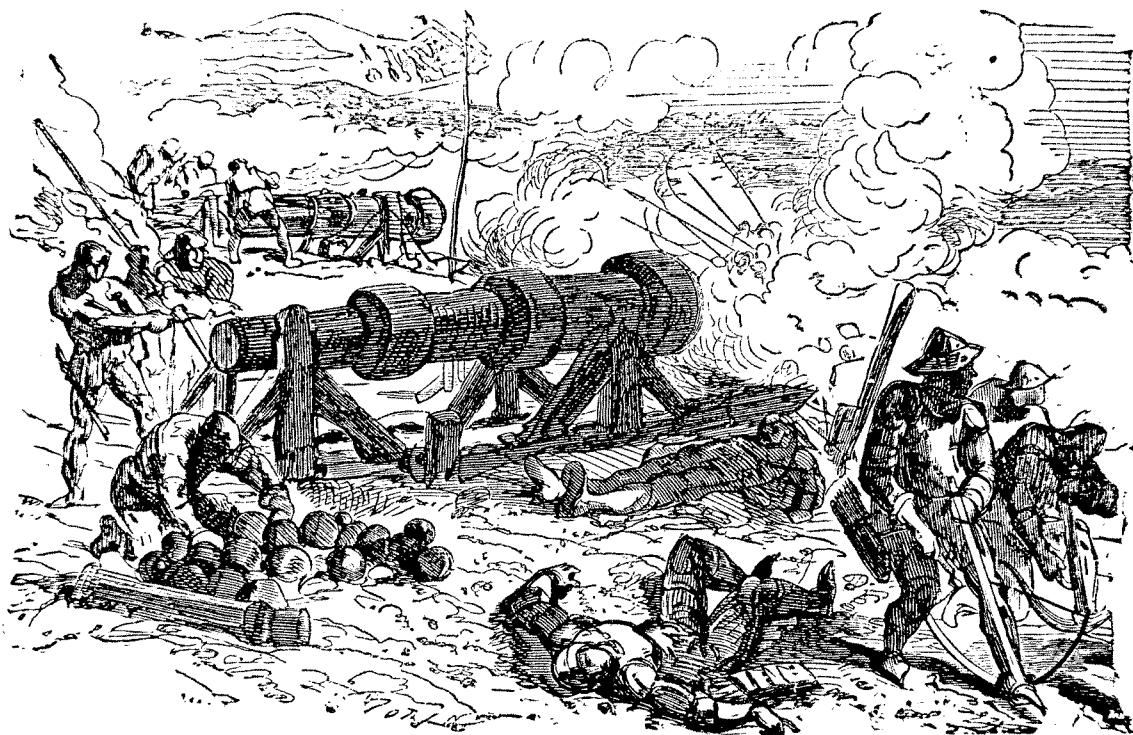


Fig. 23. — Les premiers canons à la bataille de Crécy.

l'aspect des ravages de ce terrible agent de destruction.

Ces compositions incendiaires devinrent chez les Arabes du XIII^e siècle le moyen principal de faire la guerre ; ils les attachaient à leurs lances, à leurs flèches, à leurs boucliers, et les lançaient avec toutes leurs machines. Ils firent usage de compositions formées de salpêtre, de soufre et de charbon, à peu près dans toutes les proportions imaginables, parmi lesquelles se trouvait celle dont nous nous servons aujourd'hui pour notre poudre. Cependant chez eux ces compositions ne faisaient que brûler vivement où fuser, et ne détonaient pas. Quelle en était la cause ? C'est que le salpêtre qu'ils employaient était impur, et que sa combustion, pour cette raison, n'était pas assez prompte pour produire le bruit que nous appelons explosion.

Toutefois on aurait tort de croire qu'au moment où l'on commença à faire usage de la poudre à canon, cette poudre eût une explosion aussi vive que celle dont nous nous servons aujourd'hui ; il s'en fallait de beaucoup, car l'art de la purification du salpêtre, encore peu avancé, n'a cessé de faire depuis cette époque des progrès dont l'influence est passée presque inaperçue. La poudre de ces premiers temps n'ayant qu'une explosion lente, n'aurait pas pu imprimer à des petites balles comme celles de nos fusils actuels, une vitesse suffisante pour percer les armures ; aussi les premiers engins de ce genre, dont on retrouve l'emploi à la bataille de Crécy, furent-ils des canons très-volumineux.

Le nouveau principe de force qui devait dans l'avenir produire de si grands résultats, présentait cependant un grave inconvénient, celui d'agir comme agent de destruction sur l'enveloppe elle-même qui le renfermait, de tendre, en un mot, à la *bris*er. Ici nous devons admirer la marche de l'art humain. Si le salpêtre, employé d'abord, eût été pur, les premières bouches à feu étant très-grossières et peu solides eussent été inévitablement brisées en éclats du premier coup, ce qui eût fait renoncer, pour bien des siècles peut-être, à se servir d'une

force qu'on n'eût pas su dompter. Il fallait donc l'accord de l'imperfection des machines et de l'imperfection de la poudre pour que l'homme pût apprivoier à son usage cette force nouvelle.

Ici encore une question. Comment l'esprit humain passa-t-il de la connaissance de l'explosion à l'idée de faire usage de cette force nouvelle pour lancer des projectiles? C'est là une question dont la réponse est en parfait accord avec la tradition. On retrouve pour les premières, pour les plus anciennes préparations de la poudre, des préparations à l'aide du feu, c'est-à-dire qu'il est prescrit de faire fondre ensemble, pour les biens mélanger, du salpêtre, du soufre et du charbon. Ces préparations sont fort dangereuses, et il est probable qu'on les prescrivait pour la fabrication de la poudre avant d'en connaître d'autres, parce que ce fut en les pratiquant que l'on fut conduit à la connaissance de la force de l'explosion et à l'idée de l'employer pour lancer des projectiles.

Ainsi se trouve vérifiée, dans un de ses éléments essentiels, la tradition qui rapporte qu'un alchimiste nommé Schwartz ayant mélangé du salpêtre, du soufre et du charbon dans un mortier qu'il recouvrit d'une pierre, une étincelle, qui vola par hasard, mit le feu à la composition, et fit voler par son explosion la pierre à une distance considérable. Il n'était même pas besoin d'étincelle pour produire une explosion, la chaleur du feu suffisait. La création de la force même de la poudre a été le résultat du travail de l'esprit humain appliqué pendant plusieurs siècles à l'art des compositions incendiaires. L'homme est arrivé ainsi à un résultat tout autre que celui qu'il cherchait; en voulant augmenter de plus en plus la vivacité de la combustion, il a fini par créer une force inattendue, qui a bientôt dépassé celle qu'il employait à la guerre, et qui a presque fait oublier entièrement l'art même d'où elle était sortie, en diminuant beaucoup ses applications.

Nous devons remarquer que les pays situés à l'occident de

l'Europe restèrent étrangers à l'art des feux de guerre jusqu'à l'emploi de la poudre à canon. L'opinion générale attribuait à la magie, c'est-à-dire à un pouvoir infernal, cet art effrayant; et les lois de l'Église défendaient d'en faire usage. Un moine anglais, d'un génie hardi, Roger Bacon niait que cet art fût le produit de la magie, et conseillait aux chrétiens de le cultiver pour s'en servir contre les infidèles; mais une dure et longue captivité lui fit expier le tort d'avoir devancé son siècle et d'avoir tenté de le diriger vers l'avenir qu'il entrevoyait.

Malgré la découverte de la poudre, malgré l'invention des fusées et des autres agents d'incendie et de destruction dont sont en possession les armées modernes, le *feu grégeois* du Bas-Empire n'a pas perdu de son prestige; peut-être est-ce à cause du mystère dans lequel il est resté depuis qu'on en a perdu la recette. La composition de cette substance qui prenait feu lorsqu'on la mettait en contact avec de l'eau, était à Constantinople un secret d'État. L'empereur seul le possédait, et, en temps de guerre, il le communiquait à des officiers de confiance qui usaient de sa terrible puissance contre l'ennemi.

On attribue la découverte du feu grégeois à Marcus Gracchus, qui vivait au deuxième siècle de notre ère; selon quelques historiens, elle serait due à Caslinicus, architecte d'Héliopolis, ce dernier cependant ne fit, paraît-il que l'employer avec le plus grand succès à la fin du septième siècle, dans une guerre où il brûla toute la flotte des Sarrasins. L'empereur Héraclius n'en tira pas un moins bon parti contre les Seldjoucides, de 610 à 618, et un certain Grégorius s'en servit pour incendier la flotte musulmane qui assiégeait Constantinople. Cependant le secret, quelque bien gardé qu'il fût, passa aux Sarrasins qui, pendant les Croisades, firent sentir aux chrétiens les redoutables effets du feu grégeois.

Des machines grandes et petites à ressorts, des sarbacanes, des siphons à main, comme les appelaient les Grecs, des espèces de mortiers que les Latins nommaient *phialæ*, étaient,

dit le général Bardin, les moyens de projection du feu grégeois ; il se tirait par masses enflammées, par pelotes de toutes grosseurs, depuis la dimension d'une olive jusqu'à celle d'un tonneau. Une trace lumineuse, comparable à la queue d'une comète, sillonnait à leur suite l'espace.

Des machines de jet qui viennent d'être mentionnées, quelques-unes *seringuaient*, en manière de pompes foulantes, le feu alimenté par des matières liquides huileuses. D'autre engins dirigeaient vers le but, le feu sous forme *d'astioche*. Ces astioches étaient des ampoules ou des vases de terre entièrement remplis du feu inextinguible, et comparables aux grenades et aux bombes des modernes.

On retrouve le feu grégeois employé, en 1098, par la flotte d'Alexis Comnène opposée aux Pisans. Au siège de Montreuil-Bellay, en 1148. Plantagenet se servait également du feu grégeois dont le secret avait pénétré en France à la suite de la croisade de l'année 1096. On combat encore à coups de feu grégeois au siège de Saint-Jean d'Acre, en 1191 ; à l'attaque des Anglais à Dieppe, par Philippe Auguste en 1193 ; au siège de Beaucaire en 1216.

On a avancé qu'en 1702, Paoli, chimiste célèbre de Rome, avait offert à Louis XIV de faire revivre plus terrible ce feu grégeois. On a dit qu'en 1766, Torre, artificier renommé, avait voulu vendre à Louis XV ce même secret. Rien de tout cela n'est bien prouvé. Ce qui paraît à peu près certain, c'est que ce feu se composait surtout de poix, d'asphalte, de naphte et autres substances aussi inflammables.

De nos jours le général anglais Congrève a surtout travaillé à faire revivre ce procédé ou des procédés analogues. L'armée autrichienne s'en est beaucoup occupée, et la France est entrée dans la même voie. On a pu voir, en 1854, brûler sur le bassin du Palais-Royal, une composition incendiaire de la nature du feu grégeois.

CHAPITRE XV

POUDRES FULMINANTES, FEUX D'ARTIFICE ET FUSÉES

Sous les noms vulgaires de *fulmi-coton*, *coton-poudre*, papier-poudre on désigne un nouveau produit explosif, qui vers la fin de l'année 1846 fit son apparition dans le monde scientifique, où on le désigne sous celui de *pyroxiline*. On l'obtient en trempant certaines matières ligneuses dans de l'acide azotique, ou dans des mélanges d'acide sulfurique et d'acide azotique, d'acide sulfurique et de salpêtre, et laissant sécher après un lavage complet à l'eau pure. C'est en réalité Pelouze qui en a donné la recette dès 1838, tout en ignorant que son papier-poudre, brûlant soudain, pût détonner comme la poudre ordinaire et la remplacer, il ne le croyait propre qu'à former des cartouches promptes à s'embraser et pouvant ainsi rendre la poudre à canon plus efficace, plus puissante. Pelouze n'a donc fait que charger la pièce, et c'est un chimiste allemand, Schoenbein qui l'a tirée en 1846. L'annonce de cette découverte produisit une vive sensation ; mais l'en-gouement dont le fulmi-coton fut d'abord l'objet, ne tarda pas à

faire place à des sentiments plus vraisemblables ; la nouvelle découverte, si belle qu'elle put être, fut depuis réduite à sa juste valeur, et de longtemps encore, sans doute, le fulmi-coton ne parviendra à détrôner la poudre à canon. On reconnaît que l'emploi en peut être utile et économique dans les carrières, dans les mines et dans quelques autres applications pratiques de ce genre ; mais quant à s'en servir pour les usages de la guerre, il n'y faut pas songer encore.

Les explosions terribles qui, depuis quelques années, sont

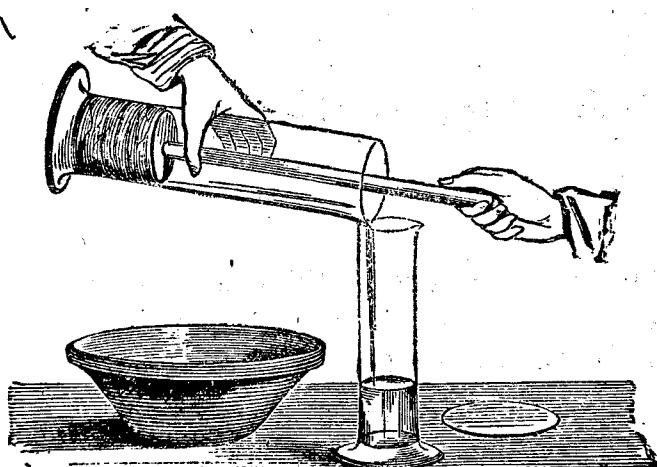


Fig. 25. — Fabrication du fulmi-coton dans les laboratoires.

venues jeter la désolation sur divers points du globe, et tout récemment encore, dans le port de San-Francisco, ont appelé l'attention sur une matière jouissant de propriétés balistiques très-considérables. C'est la *nitro-glycérine*, découverte en France, il y a une vingtaine d'années, par Sombrero, chimiste italien. C'est un composé de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote, se présentant sous la forme d'une huile jaune ou brunâtre plus lourde que l'eau. Qu'on la répande sur le sol, et qu'on en approche un corps en combustion, elle s'enflammera

difficilement, ne brûlera qu'en partie. Au premier abord, ce liquide semble le plus inoffensif du monde. C'est que ce n'est pas dans ces conditions que son caractère se révèle. Mais imprimez-lui un choc violent, aussitôt ses propriétés fulminantes se révèlent, sa puissance est effrayante. Ce corps en faisant explosion se dilate dans la proportion de 1,100 fois son volume, mais en raison de la chaleur développée, cette dilatation va jusqu'à 10,400 fois son volume.

On obtient la nitro-glycérine en traitant la glycérine par un mélange d'acide sulfurique et d'acide azotique. Elle a été pour la première fois appliquée à l'industrie, en 1865, par M. Nobel, ingénieur suédois. Jusqu'à présent on n'a pu l'appliquer qu'à l'exploitation des mines, et, en raison des dangers qu'offre son transport, il serait fort prudent de ne la préparer que sur les lieux mêmes où l'on veut l'employer.

En mélangeant la poudre ordinaire avec certaines substances organiques et avec des sels métalliques de différentes matières, on obtient ces feux colorés et brillants, connus sous le nom de *feux d'artifice* et de *flammes de Bengale*, et qui font l'objet d'un art spécial, la Pyrotechnie.

On adjoint généralement à la poudre des limailles métalliques, l'antimoine pulvérisé, l'ambre, le sel commun, le noir de fumée, etc., suivant les effets et les couleurs que l'on veut obtenir. Ainsi, le soufre, lorsqu'il prédomine, donne un bleu clair, le fer produit des étincelles dont l'éclat a fait nommer *feu brillant*, la composition dans laquelle il entre; la limaille d'acier donne un feu encore plus éclatant avec des rayons ondulés; la limaille de cuivre produit un feu verdâtre, et celle de zinc une coloration d'un beau bleu. La tournure et les copeaux de fonte brûlent en fleurs éclatantes comme celles du jasmin. Pour obtenir une belle couleur jaune, on emploie le succin, la poix résine, le sel marin. Le mica lamelliforme, vulgairement appelé *or de chat*, produit des rayons de feu couleur jaune d'or; le noir de fumée développe une couleur très-

rouge et une coloration rose dans les compositions où le salpêtre domine ; le lycopode donne également une couleur rose. Les flammes de Bengale, ainsi nommées parce que leur usage nous est venu de l'Inde, sont des mélanges de soufre, de salpêtre, d'antimoine et de différents sels suivant les colorations qu'on veut obtenir. On en fait un heureux emploi pour l'illumination des parcs, des grands monuments à jour, et dans l'art de la mise en scène.

Parmi les feux qui s'élèvent dans l'air, les *fusées volantes* qui partent avec une vitesse prodigieuse, sont une des plus belles pièces d'artifice. Employées avec profusion, elles forment ces immenses bouquets qui couronnent ordinairement les fêtes pyrotechniques.

Pour qu'ils paraissent dans tout leur éclat, les feux d'artifice ne doivent être tirés que la nuit. Ils forment avec les illuminations un des spectacles les plus recherchés dans les fêtes publiques. Autrefois, on les réservait pour les grandes solennités, mais les choses ont bien changé depuis. La matière des feux d'artifice est devenue presque une marchandise courante. Il y a de nombreux dépôts de ces objets dans Paris et dans les principales villes, trop même peut-être pour la sûreté publique. Il n'est pas de bourgeois un peu aisé qui ne brûle quelques flammes de Bengale, ou quelques chandelles romaines pour le baptême de son héritier présomptif, ou le mariage de sa fille. En un mot, aujourd'hui on va chercher un feu d'artifice comme on cherche un pâté. Il y en a de tout prix, pour la petite propriété comme pour les fêtes splendides.

Les premières fusées datent, paraît-il, de l'année 1465 ; voici, du moins, une anecdote qui semble le prouver :

Deux jours après la bataille de Montlhéry, le comte de Charolais se reposait à Étampe avec son armée. Charles de France, duc de Berry, vint le rejoindre, et il y eut alors dans la ville de grandes réjouissances en l'honneur des confédérés.

Pendant que les rues étaient encombrées d'habitants et de

soldats qui se livraient à toutes sortes de divertissements, le duc et le comte, sortant de table, se tenaient à une fenêtre, et *parlaient eux deux de très-grande affection*, dit Philippe de-Commines. Tout-à-coup un ruban de feu, qui semble prendre naissance au faîte d'une maison voisine, traverse les airs et vient en serpentant s'évanouir, en faisant explosion, entre les deux princes. A peine ce premier feu était-il éteint, qu'on en voit briller un second, puis un troisième, toujours serpentant et toujours faisant explosion. Grande rumeur : le duc et le comte se regardent ébahis ; vont-ils être victimes de quelque trahison ? Sont-ils le point de mire de quelque machine infernale ? Louis XI, pour perdre ses ennemis, n'est pas homme à reculer devant l'infamie des moyens. Le comte de Charolais appelle un de ses officiers et lui ordonne de faire prendre les armes à ses archers et aux gens de sa maison. Le duc de Berry, de son côté, donne un ordre semblable, en quelques minutes on voit se réunir devant la porte trois cents hommes d'armes et un plus grand nombre d'archers. On cerne la maison d'où les feux sont partis ; on en fouille tous les appartements ; enfin, on découvre, blotti dans un coin du grenier, un pauvre diable qui tremble de tous ses membres. Il est conduit sur le champ aux pieds des deux princes :

— Est-ce toi qui as lancé ce feu dont nous avons failli être atteints ?

— Oui, messeigneurs.

— Ton nom ?

— Jean Bouteufe.

— Qui t'a payé pour attenter ainsi à notre vie ?

— L'idée d'attenter à votre vie n'est jamais entrée dans mon esprit, messeigneurs ; les feux dont vous parlez étaient incapables de vous faire ni brûlures, ni blessures ; et je ne les ai inventés que pour vous témoigner à ma façon, combien, au contraire, je vous souhaite une longue et heureuse existence.

— Les preuves de ta sincérité ?

— Les voici, messeigneurs.

Jean Bouteufe tira de sa poche une demi-douzaine de tubes en carton remplis de poudre auxquels il mit le feu, et qu'il lança dans toutes les directions, sur les soldats et sur le peuple, sans qu'il en résultât aucun accident.

Aussitôt les inquiétudes furent dissipées, les soupçons s'évanouirent ; hommes d'armes et archers se débarrassèrent en riant de leurs armes devenues inutiles.

Le duc de Berry et le comte de Charolais, ayant demandé d'autres expériences, prirent grand plaisir à ce divertissement d'une nouvelle espèce, et ils récompensèrent généreusement l'ingénieux inventeur des fusées, maître Jean Bouteufe.

CHAPITRE XVI

LES INCENDIES. — FEUX DE CHEMINÉE

C'est un spectacle bien majestueux et bien terrible que celui des ravages du feu. Une maison, un hameau, et une ville tout entière dévorés par les flammes, le bruit des poutres qui craquent, des toitures qui s'écroulent, la désolation des habitants qui fuient, quand l'incendie ne les a point surpris dormant et étouffés dans des tourbillons de feu et de fumée, le tumulte inséparable des premiers moments de danger, les efforts que l'on fait pour arracher à la mort une personne dont la vie est en péril, et des effets précieux à la destruction; les cris d'alarme et l'effroi de tous; la flamme qui se précipite en langues ondoyantes par les portes, par les fenêtres, par les tuiles ou les ardoises du toit, par les crevasses qu'elle s'est creusées dans les murailles calcinées, et qui semble vouloir envahir tout ce qui peut l'alimenter. Quel tableau! Et cependant d'ordinaire le secours de l'homme arrête ce terrible agent de dévastation auquel il semble que rien ne puisse s'opposer. Et souvent une seule étincelle a produit tout cela. Combien de

terreurs ne doit pas réveiller chaque incendie! Combien ne doit-il pas faire redouter la moindre imprudence, la moindre négligence à celui dont la vie, dont la propriété peut être ainsi consumée en quelques instants? Mais, si l'aspect d'une maison, d'une ville embrasée, peut éveiller dans l'âme de tels sentiments, combien celui d'un de ces vastes incendies qui dans le continent américain, dévorent les savanes immenses ou s'alimentent durant des années dans d'immenses forêts vierges doit-il produire d'impression! Combien doit se glacer le courage du navigateur lancé dans l'immensité des plaines océaniques lorsqu'il a à disputer sa frêle demeure aux fureurs du feu! Le cœur se fend à songer à ses angoisses et à ses souffrances.

L'incendie est un des grands fléaux de la guerre. La vengeance politique et religieuse en a aussi trop souvent allumés. Dans les pays musulmans les incendies sont fréquents; les Orientaux se préoccupent même à peine de les éteindre. L'Anglo-Américain s'en affecte également peu. Les constructions en bois et en chaume donnent lieu à beaucoup de ces accidents. L'emploi de plus en plus général de matières combustibles ou explosibles est aujourd'hui une cause, malheureusement trop fréquente, d'incendies presque toujours très-dangereux. Cependant à mesure que la richesse s'étend, on prend plus de précautions pour prévenir les incendies et s'en rendre plus promptement maître.

Mais malgré la plus grande prudence, il y a bien des cas où l'incendie vient défier la volonté humaine. Qu'une étincelle, échappée du foyer d'une locomotive, tombe sur l'herbe sèche d'une forêt que le train traverse, voilà la forêt en flamme; et ce n'est pas chose facile que de maîtriser le feu qui dévore ces arbres desséchés par les ardeurs d'un soleil d'été. On ne peut y parvenir qu'en creusant de larges tranchées qui isolent les différentes parties de la forêt. Mais la part du feu est toujours très-grande, car les secours sont généralement lents à arriver, et l'on comprend qu'il faille beaucoup de temps et un grand

nombre de travailleurs actifs pour arriver à faire des tranchées suffisamment protectrices.

Ces sortes d'incendies sont assez fréquentes dans les taillis résineux des Landes, et cela se conçoit facilement. Aussi, dans les nouvelles plantations de pin maritime que l'on poursuit activement dans ce malheureux pays, a-t-on bien soin de diviser les semis en carrés isolés les uns des autres.

Les fermentations spontanées sont également la cause d'incendies très-fréquents. Chaque année, vers la fin de l'automne, il n'est pas rare de voir des fermes et même des villages entiers détruits par la combustion spontanée du *regain* (soin d'automne), surtout quand ce dernier a été rentré humide, ce qui arrive le plus souvent, eu égard à la saison.

Dans les grandes fabriques, dans les filatures, où l'on emploie beaucoup de chiffons pour entretenir le graissage des machines, il se développe, fort souvent aussi, dans les tas de ces chiffons huileux des combustions spontanées qui amènent les plus grands désastres, et privent, pour ainsi dire, périodiquement des milliers d'ouvriers de leur salaire journalier.

Les feux qui se développent très-fréquemment dans les cheminées peuvent être éteints dans la plupart des cas, avec beaucoup de facilité, quand on s'y prend à temps. Si on a à sa disposition de la fleur de soufre, au lieu d'enlever le feu de l'âtre, on l'y étale, on y jette une à deux livres de soufre, et l'on ferme immédiatement et exactement l'ouverture de la cheminée avec une porte, une table ou tout autre objet semblable que l'on a recouvert avec un drap, une couverture, un rideau, etc.; il se forme de l'acide sulfureux, gaz qui, nous le savons, est impropre à continuer la combustion. Le feu peut disparaître par ce seul moyen. On peut aussi couvrir la cheminée avec un drap mouillé, que l'on maintient sur la tablette au moyen de quelques corps pesants, et, saisissant le drap par le milieu avec la main, on le fait pénétrer dans la cheminée, et on le retire rapidement en dehors pour produire l'effet d'une

pompe ; on fait ainsi tomber la suie embrasée, que l'on éteint en y jetant de l'eau, et on continue de cette manière jusqu'à ce qu'il ne tombe plus de feu.

Il est facile de comprendre que, pour des feux autres que des feux de cheminée, lorsqu'il s'agit de préserver des habitations, de sauver des familles, de garantir de grands amas de marchandises ou des matériels considérables, il faille employer des moyens bien divers et bien plus énergiques.

La première pensée qui arrive à l'esprit lorsque l'on veut éteindre une flamme, est de jeter dessus un corps liquide non combustible. C'est, sans contredit, l'eau qui se trouve le plus facilement à la portée de chacun, et c'est aussi ce liquide qu'on emploie dans la plus grande partie des cas. Si l'incendie n'est pas grave, quelques seaux d'eau suffisent la plupart du temps. Mais quand le danger devient imminent, il faut pouvoir jeter sur le foyer incandescent de grandes masses d'eau. Pour cela on se sert de pompes spéciales, désignées sous le nom de *pompes à incendie*.

Les conditions à remplir pour les pompes à incendie sont toutes particulières ; tandis que pour les autres machines élévatrices, on doit s'attacher, en vue d'une bonne utilisation du travail moteur, à donner à l'eau la moindre vitesse possible, ici, au contraire, cette vitesse est le principal but qu'on se propose ; il faut lancer l'eau à une grande hauteur, et de telle sorte que le jet puisse vaincre la résistance de l'air sans se résoudre trop tôt en gouttelettes. La vitesse de sortie, pour des dimensions et un nombre de coups donnés, dépend du diamètre de l'orifice de la lance, et il faut proportionner ce diamètre au volume d'eau à lancer et à la distance du jet.

En Amérique, en vue de faciliter l'accroissement de vitesse de l'eau, on préfère les pompes rotatives ; elles satisfont bien à cette condition, mais elles ont l'inconvénient de mal se prêter à l'action simultanée d'un grand nombre d'hommes. En Europe, les pompes à mouvement alternatif sont à peu près les seules

employées; le mode de manœuvre le plus général étant la *brimballie*, aux deux extrémités de laquelle peuvent se grouper facilement plusieurs personnes. Comme il est important d'avoir un jet continu, les pompes sont, soit à un seul cylindre à double effet, soit à deux corps à simple effet; cette dernière disposition offre cet avantage que la visite des organes se fait facilement, les cylindres étant ouverts par le haut. Il est essentiel que les garnitures de pistons soient parfaitement étanches à cause de la pression considérable qu'ils ont à vaincre. Un réservoir d'air au refoulement est également indispensable pour régulariser le jet.

Dans les pompes à incendie employées à Paris et dans un très-grand nombre d'autres villes, on est resté à ce type de deux corps verticaux ouverts par le haut et réservoir d'air au milieu, le tout contenu dans la caisse où on apporte l'eau (ce qui rend inutile le réservoir d'air à l'aspiration), transmission directe du mouvement du balancier aux pistons. Pour les petits modèles, l'ensemble est porté sur un châssis en bois. Les grands appareils sont montés sur un chariot trainé par des hommes ou des chevaux, pour le transport aux points incendiés.

Les pompes à incendie à vapeur, qui ont pris naissance en Amérique, ont été ensuite adoptées en Angleterre. Un point capital dans les engins de cette espèce, est la nécessité d'avoir une chaudière pouvant produire une quantité suffisante de vapeur dans le moins de temps possible, et c'est à cela en effet que ce sont attachés tous les constructeurs. Il faut également que cette chaudière puisse se mettre en pression en quelques minutes et tout en courant à l'incendie; la suspension doit être combinée de manière à produire peu d'oscillations; les pistons doivent avoir une grande course et un grand volume d'eau doit être lancé par coup, ce qui permet de diminuer la vitesse.

A Paris, le système employé pour l'extinction des incendies

laisse beaucoup à désirer, et est inférieur aux systèmes en usage à Londres, à Berlin, à Vienne, à Saint-Pétersbourg, et dans quelques autres grandes villes de l'Europe.

A coup sûr, s'il est une admirable organisation, en tant que corps d'élite, c'est celle des pompiers parisiens. Triés avec discernement, rompus à toutes les fatigues, prêts à tous les sacrifices, ces modestes héros ne cherchent que les occasions de se signaler. Pourquoi faut-il que leur ardeur soit trop souvent trahie par un outillage véritablement incomplet et primitif ? Les postes sont souvent éloignés du lieu du sinistre ; les pompiers obligés de trainer à bras et au pas de course leurs engins, arrivent essoufflés, exténués, ruisselants de sueur, et souvent un peu tard sur le foyer de l'incendie. Tous ceux qui sont témoins de ces grands incendies qui viennent de temps à autre éclater dans la capitale, et porter la terreur dans des quartiers entiers, restant sous une impression vraiment pénible, en même temps que ces réflexions se présentent à leur esprit. Comment partout à l'étranger les pompes sont traînées à quatre chevaux, et la France s'obstine à consacrer le système arriéré qui épouse le pompier avant le combat même et retarde les secours alors même que de leur promptitude dépend souvent le salut d'une maison ou d'un quartier ! Pourquoi imposer ce surcroit inutile de fatigues à des lutteurs intrépides à qui toutes leurs forces seront tout à l'heure nécessaires ? Pourquoi n'avoir pas toujours des attelages prêts ? Pourquoi aussi ne pas étudier les nouveaux modèles de pompes à vapeur qui font merveille en Amérique et à Londres, une de ces pompes versant à elle seule autant que dix des nôtres réunies ?

A Berlin, le système d'organisation est peut-être le plus parfait et le plus rassurant pour la population d'une grande ville. Comme à Paris, on trouve à Berlin, dans chaque quartier, un ou même deux postes de pompiers. Ces postes se composent :

De grands tonneaux, toujours remplis d'eau;

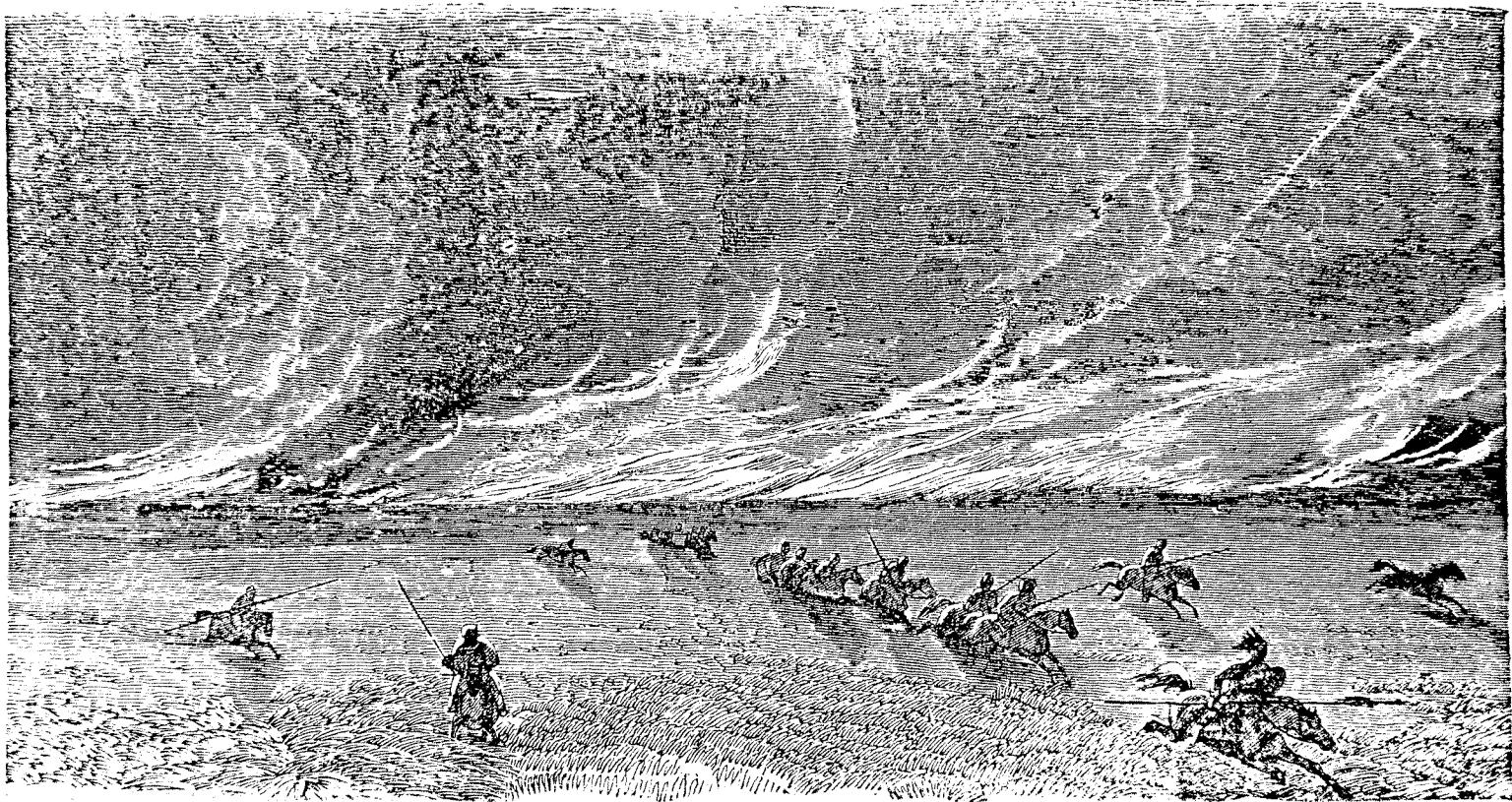


Fig. 37. — La Savane au feu.

de leurs supérieurs. Tout cela se fait dans un grand silence, et il arrive souvent qu'on apprend, le matin en se réveillant, qu'il y avait le feu à côté ou vis-à-vis dans la nuit, sans qu'on ait pu entendre le moindre bruit.

Les pompes, omnibus, voitures à tonneaux, etc., traversent les rues avec une grande rapidité, et avertissent, par des sonnettes, les passants et les autres voitures, pour que les rues soient libres. Chaque voiture est obligée de se ranger sur le côté de la rue et de laisser passer les pompes. C'est une loi sans exception, même pour les voitures du roi.

Une bonne organisation de ce genre est désirable partout pour la sûreté publique et utile pour les compagnies d'assurances, qui devraient fournir, du moins en partie, l'argent nécessaire.

Il faut cependant rendre cette justice, que le système d'extinction des incendies qui éclatent dans des caves est, à Paris, très-perfectionné. Ces incendies sont devenus bien plus fréquents depuis quelques années à cause des emmagasinements du pétrole.

La fumée seule produite dans les caves par le bois et un grand nombre d'autres corps analogues suffit déjà pour fatiguer la respiration, et mettre bientôt un individu dans l'impossibilité de rester dans un lieu incendié; mais comme souvent il se produit en même temps des gaz et des vapeurs nuisibles, et que la combustion enlève à l'air sa partie respirable; qu'en outre la chaleur elle-même serait un obstacle à la station continue à proximité d'un point incendié, un moyen qui permettrait à un homme de respirer librement de l'air pur, sans gêner aucun de ses mouvements, et le soustrairait en partie à l'action de la chaleur, permettrait de porter des secours dans beaucoup de cas où tous les efforts eussent été infructueux : ces conditions, l'appareil imaginé par le colonel Paulin les remplit complètement. Il offre surtout ceci d'avantageux qu'il donne à celui qui en est revêtu toute sécurité, qu'il est

facilement transportable, et qu'il peut être employé également pour pénétrer dans des puits, des lieux profonds ou infects, où tout homme aurait perdu la vie.

Ces appareils sont de véritables scaphandres, analogues à ceux employés par les plongeurs, seulement ils sont plus légers. Une pompe à air envoie au pompier l'air qui est nécessaire à sa respiration, tandis que l'air vicié s'échappe par un tuyau spécial.

Depuis quelques années on emploie aussi pour combattre un incendie dès le début des extincteurs à gaz, portatifs, qui sont de véritables réservoirs à eau de Seltz, et qui sont fondés sur la propriété qu'a l'acide carbonique d'empêcher la combustion, comme nous l'avons dit dans un chapitre précédent.

CHAPITRE XVII

TORCHES, CHANDELLES ET BOUGIES

Les corps gras sont des substances neutres d'une consistance variable, sans odeur ni saveur bien prononcées, douces au toucher, qui fondent à une température peu élevée, qui tachent le papier, c'est-à-dire le rendent transparent sans que la chaleur lui restitue son opacité et sa blancheur premières, qui brûlent avec une flamme peu colorée, mais en répandant des fumées plus ou moins épaisses.

Ces corps nous rendent des services multipliés. Non-seulement ils servent d'assaisonnement à un grand nombre d'aliments, mais ils interviennent d'une manière directe dans nos fonctions, car destinés à être brûlés par l'oxygène de nos poumons, ils concourent ainsi à l'entretien de la chaleur animale. Chez les ours et les autres animaux dormeurs, ce sont eux qui servent à l'entretien des organes, pendant la cessation de leurs fonctions durant l'hiver. La médecine les emploie de toutes les manières, surtout à l'extérieur. Dans les arts, ils servent à la fabrication des savons, des vernis gras, à délayer les couleurs

pour la peinture, à enduire une foule de corps, le cuir, par exemple, que l'on veut rendre plus mou, glissant et flexible, ou que l'on veut défendre des injures de l'air ; on les emploie aussi pour favoriser le jeu et le mouvement des machines, pour composer des mortiers ou mastics hydrofuges à l'instar des anciens. Mais leur plus grand usage, sans contredit, c'est de nous fournir de la lumière au moyen de lampes, de chandelles ou de bougies.

Suivant l'état qu'ils affectent dans les circonstances ordinaires, on donne aux corps gras, dans le langage vulgaire, des noms particuliers : les huiles sont liquides à la température ordinaire ; les beurres, mous à 18 degrés, entrent en fusion à 36 degrés ; les graisses proviennent des animaux, et sont molles et très-fusibles ; les suifs ont la même origine, mais ils sont plus solides et ne commencent à fondre que vers 38 degrés ; enfin les cires sont dures, cassantes et n'entrent guère en fusion qu'à partir de 60 degrés.

Les premières substances employées à l'éclairage furent les matières solides. La nature, en effet, les fournit abondamment et immédiatement, tandis que les matières liquides ou gazeuses susceptibles de donner de la lumière par leur combustion sont presque toujours des produits de l'industrie. Au contraire, le bois, la cire, la graisse des animaux se trouvent tout préparés dans la nature.

A l'origine des sociétés, l'homme s'éclaira à la lueur du foyer domestique. Le chauffage et l'éclairage n'étaient pas alors choses distinctes, et il en est encore ainsi chez quelques peuplades sauvages. Mais pour s'éclairer de cette matière, il faut accepter une chaleur que la saison rend souvent insupportable, sans parler de la fumée qu'on est obligé de respirer. Naturellement on chercha à s'éclairer sans se rôtir ; on fit choix de bois plus combustibles : une branche de pin allumée produit une lumière suffisante, avec moins d'inconvénient qu'un vaste foyer. La résine étant plus combustible encore

que le bois dont elle provient, on enduisit de résine une branche de pin, et ce premier perfectionnement conduisit à l'invention de la torche de résine. Elle est encore employée dans un grand nombre de pays; sa combustion donne une flamme jaunâtre et répand une odeur âcre et piquante, ainsi qu'un dépôt abondant de noir de fumée. Ces émanations irritent fortement



Fig. 28. — Comment on s'éclairait autrefois.

la gorge, et provoquent la toux. Aussi les torches sont-elles autant que possible placées près du foyer, de façon à permettre aux produits de leur combustion de s'échapper au dehors sans se répandre à l'intérieur des habitations. Dans les vieilles résidences seigneuriales du midi de la France, on voit souvent de chaque côté de l'énorme cheminée de la grande salle, s'avant-

cer une main de bronze destinée à supporter ces lumières résineuses.

Il semble que l'éclairage à l'huile ait dû apparaître de bonne heure chez les peuples livrés à l'agriculture et à la pêche. Il n'en est rien cependant, et, pour l'éclairage, l'emploi du suif et de la cire a précédé l'emploi de l'huile, au moins chez les Romains. Plusieurs passages de leurs écrivains sont là pour l'attester. Martial fait dire à un chandelier :

*Nomina candelæ nobis antiqua dederunt ;
Non norat parcos uncta lucerna patres.*

« L'antique chandelle m'a donné mon nom; nos aïeux économies ne connaissaient pas la lampe à l'huile. »

Bien avant Martial, undemi-siècle avant Jésus-Christ, Columelle écrivait : « aux jours de fête, la coutume de nos ancêtres permettait encore trois sortes de travaux, pétrir le pain, tailler des torches, faire des chandelles de suif. » Enfin Servius Honoratus dans ses Commentaires sur l'Enéide, parle de deux sortes de chandelles, l'une qu'il appelle simple (probablement celle de suif), l'autre consistant en une mèche revêtue de cire. De là, on doit nécessairement conclure que la chandelle et même la bougie remontent à une haute antiquité. C'est donc bien à tort que certains auteurs modernes font inventer les chandelles seulement après le moyen âge.

Il est probable que les Romains employaient des procédés très-analogues aux nôtres pour fabriquer leurs chandelles, mais nous ne connaissons aucun document sur ce sujet. Il est à croire que le lampion, encore employé de nos jours dans les fêtes publiques, a été le premier âge de la chandelle, laquelle n'a dû arriver à sa forme actuelle qu'après plusieurs transformations successives.

L'éclairage à la chandelle, si vénérable qu'il soit par son au-

tiquité, n'est pas meilleur pour cela. Chacun en connaît les inconvénients, sans qu'il soit nécessaire d'y insister. Le contact du suif est gras et salit les mains; la matière coule facilement, la mèche se charbonne très-vite, et l'on n'obtient une lumière suffisante qu'à la condition d'avoir sans cesse les mouchettes à la main. Enfin la chandelle fume et sent mauvais.

Pour rendre justice aux efforts de nos industriels, nous devons dire qu'ils ont essayé de remédier à chacun de ces inconvénients, soit par l'emploi des mèches spéciales, soit en mélangeant le suif à diverses matières de l'huile, de la cire, de la farine de marrons d'Inde, etc. Mais tous ces moyens n'ont été que des palliatifs insuffisants, et il a fallu les ressources de la chimie moderne pour nous donner une nouvelle chandelle exempte des inconvénients de l'ancienne; c'est la bougie stéarique dont nous nous occuperons tout-à-l'heure.

Si l'on en croit Barbazan, le mot bougie n'est usité en France que depuis le dix-septième siècle. En 1599, on désignait encore la bougie sous le nom de *chandelle de cire*. Celui de *bougie* qui a été adopté depuis, est venu de la ville du même nom située sur la côte d'Afrique, d'où l'on tirait autrefois beaucoup de cire, et où elle était si commune, que les habitants ne connaissaient, dit-on, d'autre éclairage que celui des chandelles qu'ils en fabriquaient.

Les Arabes, comme les Romains, connaissaient la chandelle de cire dès les temps historiques les plus reculés. La cire des abeilles était la plus généralement employée, cependant certains végétaux de la famille des palmiers et des myrticacées, produisent une cire analogue à la précédente et qui a été souvent employée aux mêmes ouvrages.

Le blanc de baleine, sorte de graisse presque cristallisée, très-blanche et très-solide, a été introduit aussi dans la fabrication des bougies. Uni à la cire, il donne la bougie, dite diaphane, dont la blancheur et la belle lumière en font le plus parfait des flambeaux formés de corps gras solides. Mais ce flambeau est

bien coûteux, et peu de bourses peuvent y atteindre à cause du prix élevé de la matière première.

La bougie stéarique rivalise, sous le rapport de la propreté et de l'éclat de sa lumière, avec les bougies de cire. Véritable bougie par ses qualités, la bougie stéarique est une chandelle par son prix, et nous pouvons ajouter aussi, par sa composition, car le suif seul fournit les éléments de sa fabrication.

L'industrie de la bougie stéarique est une industrie toute française, basée sur les beaux travaux de M. Chevreul sur les corps gras, et dont l'idée première appartient à ce savant chimiste, ainsi qu'à Gay-Lussac, qui prirent, en 1825, un brevet d'invention pour l'emploi des acides stéarique et margarique dans l'éclairage.

Les corps gras, le suif en particulier, peuvent être considérés comme formés par de la glycérine, ou principe doux des huiles et par les acides gras que l'on nomme stéarique, margarique et oléique. Par la saponification on sépare la glycérine, qui commence à avoir quelques emplois importants dans l'industrie. En décomposant ensuite le savon au moyen d'un acide minéral très-étendu d'eau, on met en liberté les acides gras, et en soumettant ceux-ci à une pression graduée, on fait écouler l'acide oléique qui, liquide aux températures ordinaires, rendrait les deux autres acides impropre à la fabrication des bougies.

On peut également obtenir les acides gras par distillation.

Ce n'est qu'en 1831 que le problème assez difficile d'obtenir économiquement en grand ces acides gras concrets, a été complètement résolu par MM. Milly et Motard, qui ont monté la première fabrique de bougies stéariques, à Paris, dans le voisinage de la barrière de l'Étoile. C'est de cette circonstance que vient le nom de bougie de l'Étoile, connu du monde entier.

Depuis cette époque, de nombreux perfectionnements, de nouveaux procédés de fabrication ont été découverts et l'industrie stéarique a pris un immense développement en France et

dans toutes les contrées civilisées. Chaque grand centre de population a voulu avoir des fabriques de bougies, et l'on en rencontre aujourd'hui, même dans les points les plus reculés du globe, en Australie, à Calcutta, à Lima, au fond de la Sibérie, etc.

Les mèches des bougies sont toujours tressées. Par suite de ce tressage, la mèche, au fur et à mesure que la bougie brûle, se détourne et se recourbe légèrement de sorte que son extrémité va se consumer dans le blanc de la flamme. Cette précaution de tresser les mèches ne suffit pas; car la faible quantité de chaux que retient toujours l'acide gras, engorgerait les mèches et diminuerait leur capillarité, si on oubliait de les plonger dans une solution d'acide borique; cet acide forme un borate de chaux qui se fixe dans la mèche et dont provient cette perle fusible qu'on voit brûler à l'extrémité de celle-ci après sa complète combustion.

Si la mèche est par trop grosse ou trop peu tordue, il y aura une absorption superflue de matière grasse fondu, refroidissement de la vapeur, défaut de combustion par conséquent, et volatilisation de matières grasses sans effet d'éclairage; aussi peut-on observer, surtout quand on écrit à la lumière d'une chandelle, qu'une petite flamme est toujours plus nette et plus vive qu'une plus grande, voilà pourquoi il devient si souvent nécessaire de moucher les chandelles de suif pour diminuer l'absorption du combustible.

Il ne faut pas tomber non plus dans l'excès contraire. La mèche ne doit pas être tendue outre mesure, ni assez petite pour que la quantité d'air ambiant soit susceptible de la refroidir complètement; car il suffit d'un grand abaissement de température pour ralentir et finalement pour éteindre la combustion. Il y a d'ailleurs un autre inconvénient grave à ne pas proportionner la mèche au volume de la matière grasse. Si l'absorption capillaire est trop inférieure à la fusion de ces matières, la partie fondu qui forme la *fontaine* ou le godet

devient trop considérable, pèse sur les parois solides de la bougie, les crève et la bougie coule.

La bougie stéarique a une très-belle apparence ; elle est lisse, plus blanche, aussi sèche et aussi inodore que la bougie de cire d'abeilles. Elle éclaire mieux que celle-ci, elle brûle toutefois un peu plus vite ; mais d'un autre côté, elle est moins chère, et, en réalité, son emploi est beaucoup plus économique. Elle chasse peu à peu des appartements les chandelles de suif dont nous avons indiqué plus haut les principaux défauts et qui lui sont bien inférieures sous le rapport de l'hygiène et de la commodité.

CHAPITRE XVIII

LAMPES ANCIENNES ET LAMPES MODERNES

L'invention des lampes est due, assure-t-on, aux anciens Égyptiens: il paraît, d'après quelques passages d'Homère, que leur usage ne s'était pas encore répandu en Grèce, à l'époque du siège de Troie. Dans la suite, ces petits meubles devinrent très-communs soit en Grèce, soit en Italie.

Jusqu'à la fin du siècle dernier, la lampe à huile est restée ce qu'elle était chez les anciens et ce qu'elle est encore dans les campagnes arriérées: un vase de forme quelconque rempli d'huile et contenant une mèche qui s'appuie sur le bord du vase. Cette lampe primitive donne une lumière vacillante et inégale et répand une odeur infecte, surtout quand l'huile s'est fortement échauffée; elle produit une abondante fumée noire; la mèche se charbonne rapidement, et il faut la soulever fréquemment hors de sa lampe. Aussi les lampes à huile furent-elles bannies de l'éclairage de luxe, pour lequel on employa exclusivement la bougie.

Les formes des lampes anciennes étaient des plus variées,

selon le caprice du fabricant ou de l'artiste, car un grand nombre d'entre elles étaient de véritables objets d'art et représentaient des animaux, des paysages, des scènes pastorales et d'autres encore. Leur description a tenté la plume d'un érudit du XVII^e siècle, Fortunio Liceti ; son livre, assez intéressant, contient un grand nombre de figures curieuses.

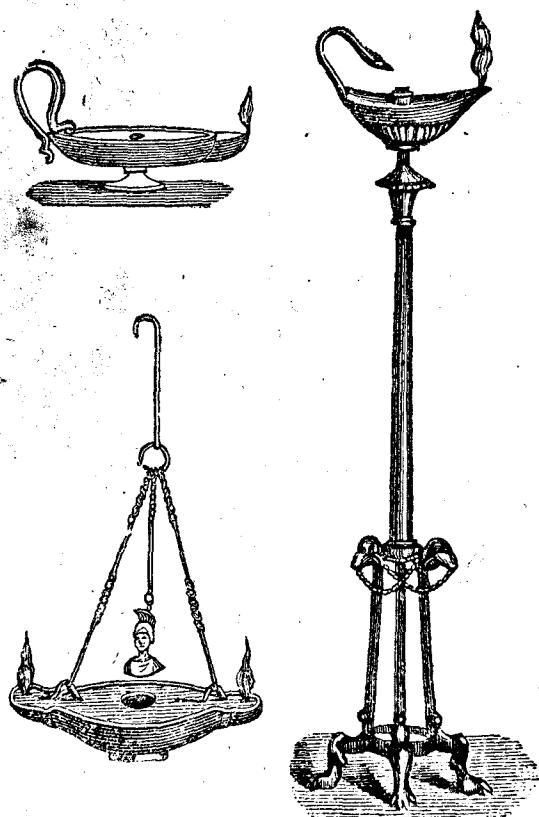


Fig. 29. — Les lampes des anciens

Ces lampes, nous l'avons dit, présentaient de grands inconvénients, et pour y remédier, c'est-à-dire pour obtenir une flamme d'un vif éclat lumineux, et sans odeur, il fallait arriver à remplir les deux conditions suivantes : d'abord la mèche ne doit pas, autant que possible, participer à la combustion ;

sans cela elle se charbonne, perd sa texture fibreuse, et ne peut plus ensuite livrer passage aux liquides. L'huile, étant plus combustible que la mèche, brûle toujours avant elle, par conséquent pour empêcher celle-ci de se charbonner, il suffit d'entretenir constamment une quantité suffisante d'huile dans le bec au niveau de son extrémité supérieure.

Secondement, on ne peut obtenir une flamme brillante et sans vapeur fuligineuse qu'à la condition d'avoir une combustion complète et active des aliments de l'huile.

Depuis l'antiquité, tous les inventeurs des différents systèmes ont visé à atteindre ce double but. Mais il n'a été rempli que de nos jours ; et encore l'appareil qui le réalise rappelle-t-il le jugement d'Arago sur les machines à vapeur : « il suppose plusieurs idées capitales qui ne peuvent être sorties de la même tête. »

En 1783, Argand imagina la lampe à mèche circulaire, à double courant d'air et à cheminée de verre. Un de ses ouvriers nommé Quinquet, déroba la découverte de son maître et le frivole public honora du nom de *Quinquet* le vol scandaleux de l'invention d'Argand.

Dans la lampe d'Argand la combustion est beaucoup plus complète que dans la lampe antique ; l'air afflue à l'intérieur de la flamme en même temps qu'à l'extérieur ; aussi cette lampe ne donne pas de fumée, et on ne voit pas dans l'intérieur de sa flamme cette région obscure que nous avons remarquée dans la flamme de la bougie. On doit considérer une lampe comme un véritable foyer dont le tirage doit être convenablement réglé ; aussi doit-on monter ou descendre la mèche et la cheminée de verre jusqu'à ce qu'on arrive, par tâtonnement, au moment précis où la lampe est sur le point de donner de la fumée ; c'est alors qu'elle atteint son plus grand pouvoir éclairant. La partie étranglée de la cheminée de verre correspond, dans ce cas, à peu près à la pointe de la flamme ; cet étranglement est nécessaire pour augmenter la vitesse du cou-

rant d'air en cet endroit et brûler complètement la fumée qui tend à se former au-dessus de la flamme.

Les lampes d'Argand présentaient un inconvénient assez grave : au bout de quelque temps, le porte-mèche s'échauffait

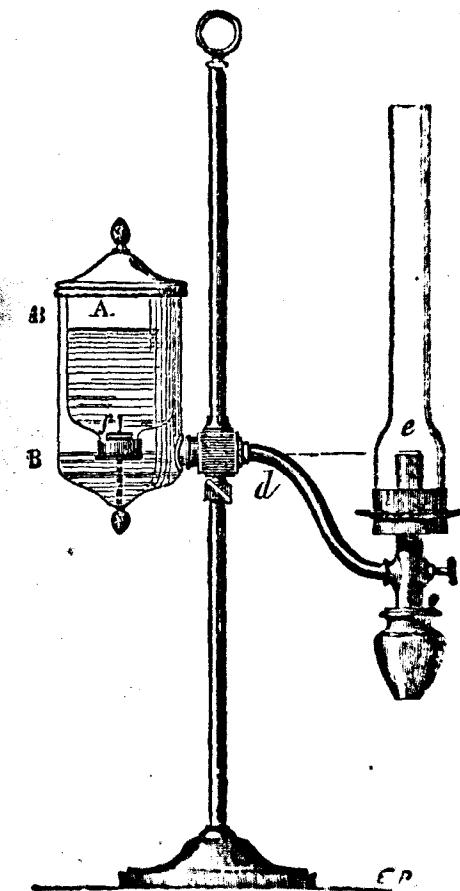


Fig. 30. — Lampe à niveau constant dite lampe de Locatelli.

beaucoup, la mèche charbonnait et l'huile brûlait mal en exhalant une odeur désagréable. On dut songer à faire affuer constamment sur la mèche un grand excès d'huile, de manière à rafraîchir constamment le porte-mèche ; il fallut recourir à

des moyens mécaniques, car la force, nommée *capillarité*, qui fait monter l'huile dans la mèche, comme l'eau dans un morceau de sucre, peut à peine fournir la quantité d'huile nécessaire à la consommation loin de pouvoir en amener un excès. Une foule de systèmes différents ont été proposés pour atteindre ce but.

Les lampes à réservoirs latéraux, dites de *Locatelli*, du nom de leur inventeur, fonctionnent d'une manière satisfaisante ;

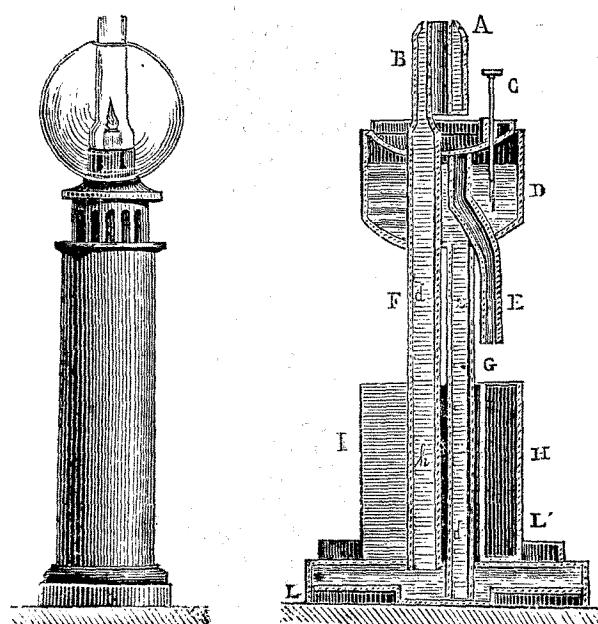


Fig. 31. — Lampe hydrostatique (vue et coupe).

Elles conviennent très-bien pour éclairer un seul ouvrier, aussi les horlogers les emploient-ils fréquemment. Mais elles résentent l'inconvénient très-grand de projeter une ombre du côté du réservoir, ce qui les a fait rejeter de l'éclairage domestique. Dans ces lampes, le niveau de l'huile dans le réservoir est toujours au-dessus du niveau de la mèche, qui se trouve ainsi constamment baignée d'huile ; ce niveau est maintenu in-

variable au moyen d'une disposition très-simple qui est celle du vase de Mariotte, si usité dans les cabinets de physique.

Les lampes à réservoirs inférieurs, sont bien préférables aux précédentes. On en distingue plusieurs espèces :

La lampe hydrostatique, imaginée par Philippe de Girard,

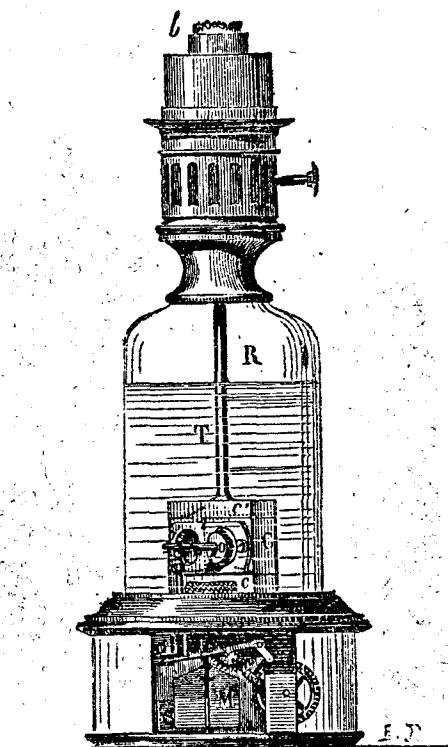


Fig. 32. — Lampe Carcel

le célèbre inventeur de la filature mécanique du lin, qui fut si peu apprécié en France. Cette ingénieuse lampe fut construite par Silvant; elle est fondée sur le même principe que la fontaine de Héron; de l'air comprimé à la partie inférieure du réservoir par une colonne d'huile d'une hauteur de 40 à 50 centimètres vient agir comme un ressort à la surface de l'huile.

placée dans un autre compartiment et la fait remonter jusqu'à la mèche. Cette lampe est d'un remplissage peu commode ; de plus, le volume d'air considérable qu'elle renferme se dilate sous l'influence des changements de température ou des variations barométriques, et le jeu de la lampe devient irrégulier.

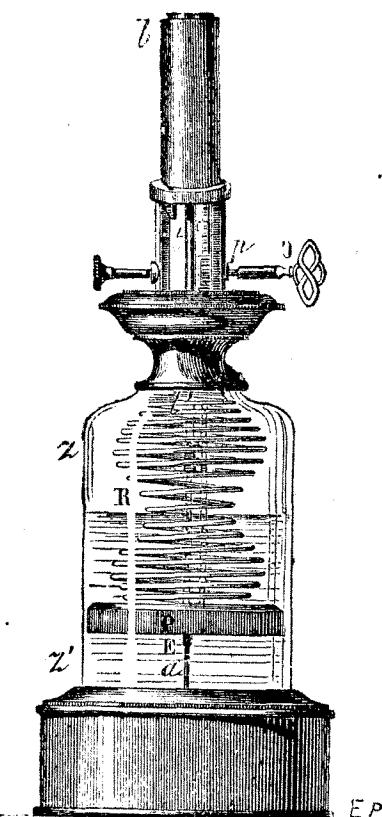


Fig. 33. — Lampe modérateur.

lier. Enfin le réservoir a nécessairement une grande hauteur.

Les *lampes Carcel*, fonctionnent d'une manière irréprochable, mais elles sont d'un prix élevé et doivent être maniées avec précaution. C'est un mouvement d'horlogerie enfermé dans

le pied de la lampe qui fait mouvoir un système de pompes à l'aide desquelles l'huile est refoulée jusque dans le portemèche.

Les *lampes à modérateur* sont appelées à remplacer tous les systèmes précédents : elles sont d'un prix très-modique, d'un emploi facile et peuvent recevoir tous les genres d'ornementation ; de plus elles sont d'un nettoyage commode et peu coûteuses à réparer. Aussi jouissent-elles d'une vogue universelle. Elles ont été inventées par M. Franchot, en 1837.

Dans cette lampe l'huile est pressée par une plaque formant piston, sur laquelle agit un ressort en spirale que l'on remonte au moyen d'un bouton à pignon qui s'engrène sur une crémaillère. On comprend qu'au fur et à mesure que le ressort se détend, la pression devient plus faible, et rend irrégulière l'arrivée de l'huile dans la mèche. C'est ici qu'intervient le modérateur, organe des plus ingénieux et d'une merveilleuse simplicité. C'est une tige fixe placée dans l'intérieur du tube d'ascension de l'huile; entre cette tige et les parois du tube peut se glisser une sorte de gaine cylindrique qui est fixée au piston et se meut avec lui ; l'huile monte dans l'espace d'abord très-étroit reserrée entre le modérateur et la gaine mobile; à mesure que celle-ci descend, cet espace augmente de plus en plus, de sorte que l'huile monte d'autant plus aisément que le ressort est plus près de la fin de sa course.

On ne doit jamais employer pour l'éclairage que des huiles parfaitement épurées; il n'y a aucune économie à brûler des huiles dont l'épuration a été mal faite, car ces huiles éclairent mal, et les matières étrangères qu'elles contiennent s'accumulent à la pointe du modérateur et finissent par empêcher complètement l'ascension de l'huile. Il faut alors démonter la lampe pour nettoyer le modérateur.

Pour qu'une lampe d'un système quelconque fonctionne bien, il faut que la mèche soit de bonne qualité ; les plus fines sont les meilleures. Les mèches doivent être conservées dans un

endroit sec; autrement elles s'éventent, c'est-à-dire qu'elles se pénètrent d'humidité; l'huile ne monte plus qu'avec peine et les mèches se charbonnent rapidement.

Les plus habiles constructeurs ont fait de nombreux efforts pour remplacer l'huile par d'autres liquides combustibles d'un emploi plus avantageux; ces liquides sont l'alcool, l'éther, l'esprit de bois et différents carbures d'hydrogène, tel que l'essence de térébenthine, les huiles légères de goudron, les huiles de schiste, etc. Les trois premiers liquides donnent en brûlant beaucoup de chaleur, mais peu de lumière; en les mélangeant avec des carbures d'hydrogène on obtient des liquides très-éclairant désignés sous les noms de *gaz liquide*, *gazogène*, etc. M. Robert a imaginé, pour brûler ces liquides, des lampes spéciales qui présentent les dispositions les plus ingénieuses et en même temps les plus élégantes. Les liquides gazogènes ne tachent pas comme l'huile, mais ils répandent une odeur peu agréable, non pas pendant la combustion, mais pendant la préparation des lampes; de plus ils présentent des dangers sérieux d'incendie, car ils sont très-inflammables et leur vapeur même peut s'enflammer à distance.

D'autres inventeurs ont essayé de brûler les carbures d'hydrogène sans mélange d'alcool ou d'esprit de bois; c'est ce qu'on appelle l'éclairage aux *hydro-carbures liquides*. C'est en 1834, que M. Beale fit à Londres les premiers essais de ce genre sur des huiles de goudron; depuis de grands perfectionnements ont été apportés à ce système et on a pu l'appliquer avec avantage à l'éclairage des ateliers, stations de chemins de fer, etc., éloignés des usines à gaz.

Depuis quelques années de nouvelles substances sont venues prendre place sur les marchés publics. Ce sont les huiles minérales, connues sous le nom général d'*huiles de pétrole*, et que plusieurs pays, l'Amérique notamment, nous fournissent en grande quantité.

L'avantage de l'huile de pétrole sur la bougie est considé-

rable puisque un même poids de la première nous donne une lumière presque triple. Si nous comparons le pétrole à l'huile de colza épurée et brûlée dans une Carcel, nous trouvons encore une économie de 40 pour cent. Mais ce n'est pas à beaucoup près le seul avantage que possède l'huile minérale. Dans les meilleures conditions possibles d'entretien, une lampe Carcel où à modérateur baisse en lumière au bout de quatre à cinq heures d'allumage ; la lampe à huile de pétrole donne jusqu'à épuisement complet de son réservoir une lumière parfaitement constante en intensité et en couleur. La lumière de l'huile végétale est jaune rougeâtre comparativement à la blancheur de celle de l'huile minérale.

D'un autre côté l'usage de cette dernière présente quelques difficultés et quelques incommodités. Il faut que les mèches soient coupées avec la plus grande régularité ; il faut que l'air où se trouve la lampe soit tranquille, que la lampe elle-même soit bien construite. Hors de ces conditions la flamme fume ou sent mauvais ; l'énorme chaleur développée par la combustion entraîne aisément la fracture des verres de lampe, si l'on pousse trop rapidement la flamme à son maximum.

Malgré ces inconvénients l'emploi du pétrole comme moyen d'éclairage n'en réalise pas moins un des grands progrès de notre époque et les mines qui fournissent les matières propres à la fabrication de l'huile minérale constituent pour un pays une vraie richesse nationale. L'usage des huiles de pétrole est appelé à rendre de grands services pour l'éclairage des villages et des petites villes.

Les lampes destinées à brûler ces huiles sont en général très-simples et formées d'un réservoir inférieur, ordinairement en verre, et contenant le liquide, dans lequel plonge une mèche plate ou cylindrique. La mèche sort par un orifice ou bec avec ou sans crémaillère, et vient brûler au sein d'un verre le plus souvent très-renflé.

Avec le *gazo-lampe Mille*, l'éclairage est dû au gaz formé

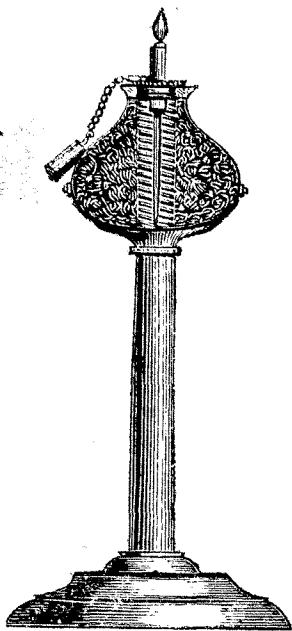


Fig. 35. — Gazo-lampe
Mille.

d'un mélange d'air et de vapeur de pétrole. Il est alimenté par des essences ou huiles très-légères de pétrole, premier produit de la distillation des huiles brutes, et dont il faut absolument dépuiller ces huiles pour qu'on puisse les brûler sans danger dans les lampes à mèche.

Le gazo-lampe est tantôt portatif et tantôt mobile. Sa construction repose sur le principe de la volatilisation des huiles essentielles. Un corps spongieux, généralement une éponge, à l'intérieur, une mèche qui touche simplement l'éponge, et sort par un tube supérieur ; une petite grille métallique entourant l'éponge pour laisser un libre passage à l'air ; pour son alimentation un

liquide ni trop lourd ni trop léger, intermédiaire entre les essences qui pèsent de 650 à 700, et les huiles d'éclairage qui pèsent de 800 à 850, tels sont les caractères distinctifs de la lampe à gaz ou sans liquide, dont l'usage a pris rapidement un développement considérable dans l'économie domestique.

CHAPITRE XIX

ÉCLAIRAGE AU MAGNÉSIUM. — GAZ OXY-HYDROGÈNE. — LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

Le magnésium découvert, en 1827, par M. Bussy, est, à l'état de combinaison avec d'autres corps, un des métaux les plus abondants de la nature. Il entre à l'état de magnésie dans le talc, la serpentine, la pierre ollaire, l'écume de mer; à l'état de chlorure, on le rencontre dans les eaux de la mer et dans beaucoup de substances végétales. Il se trouve accumulé en grande quantité dans les eaux-mères des marais salants de la Méditerranée, d'où on l'extrait, à l'aide du sodium et du feu, pour le purifier ensuite par la volatilisation.

Chauffé au contact de l'air, il brûle avec une flamme très-brillante. Un fil d'un tiers de millimètre de diamètre, répand en brûlant autant de lumière que 74 bougies ordinaires, du poids de 100 grammes chacune. Il faudrait brûler, pour entretenir cette vive lumière pendant une minute, un fil long de 0^m. 9 représentant 12 centigrammes de magnésium, soit, pour une heure, 72 grammes de ce métal.

Dans l'oxygène, un gramme de magnésium produit un éclat égal à celui de 110 bougies.

En introduisant dans les fusées de guerre une forte proportion de magnésium en limaille, on a pu aux États-Unis, pendant la guerre de la sécession, éclairer les lignes ennemis sur une étendue de plus de 8 kilomètres.

La lumière du magnésium pourra remplacer avec avantage, les lumières artificielles pour les expériences d'optique, quand on aura perfectionné les lampes, d'ailleurs très-simples, à l'aide desquelles on l'a fait brûler jusqu'ici.

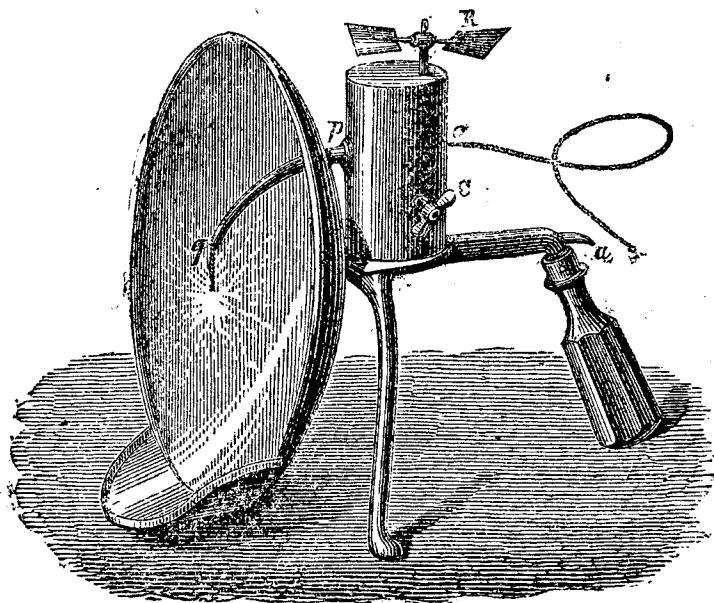


Fig. 36. — Lampe au magnésium.

Cette lumière a reçu une application très-remarquable, au point de vue artistique. M. Piazzi-Smith, astronome royal d'Écosse, l'a fait servir à l'éclairage de l'intérieur de la grande pyramide, pour pouvoir photographier les particularités les plus intéressantes de cet antique monument, les étudier et les mesurer. Nous signalerons entre autres la série de photographies du célèbre coffre de granit de la chambre royale, qui, d'après ce savant, serait une mesure de capacité contenant 1,162

litres 724, où avec une exactitude presque mathématique 4 quartiers anglais.

La lumière du magnésium est déjà très-populaire en Amérique. La lampe qui sert à le brûler éclaire pendant une heure et demie ou deux heures, et sa consommation est de moins de 30 grammes. La fumée est écartée par un moyen mécanique. Le magnésium est fabriqué à Boston sur une très-grande échelle.

Depuis quelques années on a cherché à augmenter le pouvoir éclairant de la flamme du gaz, en le brûlant à l'aide de l'oxygène. Des expériences positives prouvent que la consommation de deux mètres cubes de gaz de l'éclairage et d'un mètre cube d'oxygène pur, donne la même quantité de lumière qu'une consommation de 16 mètres cubes de gaz brûlés par l'air atmosphérique. Outre l'économie d'un semblable procédé, il y aurait un grand avantage au point de vue de la salubrité publique, puisque la quantité de combustible gazeux serait huit fois moindre, et que le comburant (oxygène) est éminemment respirable. La lumière est aussi plus homogène, plus agréable à la vue, quoique très-vive, plus blanche et par conséquent ne modifiant pas sensiblement les couleurs. Il ne faut pas oublier que, dans ce cas, la combustion étant complète, on est toujours obligé, pour que la flamme soit éclairante, d'y introduire un corps étranger, (crayon de chaux, de magnésie, ou de zircone). C'est donc simplement, comme on le voit, une modification du procédé Drummond dont nous avons déjà parlé.

Ce mode d'éclairage a été successivement essayé par MM. Archereau, Tessié du Motay et Maréchal. M. Émile Rousseau avait déjà, de son côté, tenté d'alimenter d'oxygène au lieu d'air une simple lampe modérateur.

La lumière au gaz oxy-hydrogène pourra, sans doute, recevoir d'utiles applications, le jour où l'on aura trouvé un moyen simple et peu coûteux d'obtenir l'oxygène pur.

La lumière électrique a les mêmes sources que l'électricité, et diffère essentiellement soit de la lumière astrale, soit de celle

qui provient de la combustion. Elle n'est pas le produit d'une combustion puisqu'elle peut se produire dans le vide, au sein d'un gaz non comburant comme l'acide carbonique ou l'azote, et même au sein de l'eau dont sa chaleur dissocie les éléments (oxygène et hydrogène). On la voit se produire tantôt artificiellement, dans les expériences de laboratoire, alors qu'on interrompt le cours du fluide électrique, par l'interposition

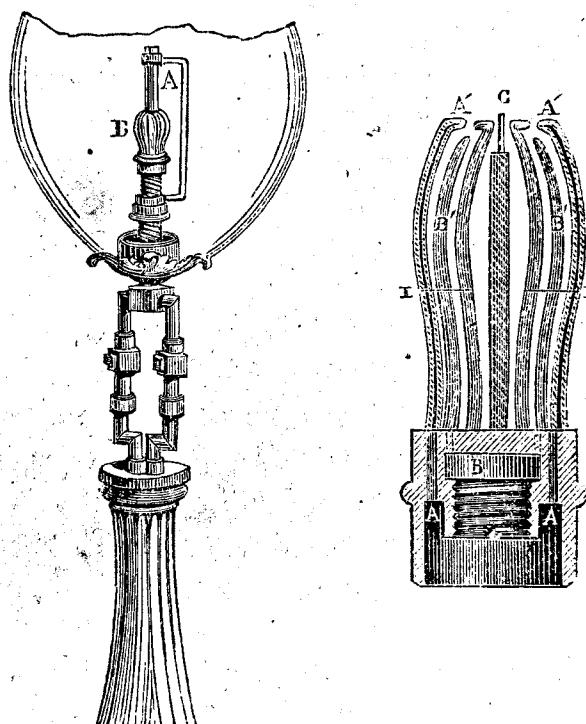


Fig. 37. — Lampe et bec pour l'éclairage oxy-hydrogène.

d'un corps non conducteur ; tantôt naturellement, quand il fait de l'orage ou de grandes chaleurs. Dans le premier cas, ce sont des étincelles peu visibles ailleurs que dans l'obscurité, mais qui signalent un bruit de crémation ; dans l'autre ce sont des éclairs fugitifs dont la forme et l'intensité sont variables, et auxquels succède ordinairement une détonation plus ou moins forte et durable.

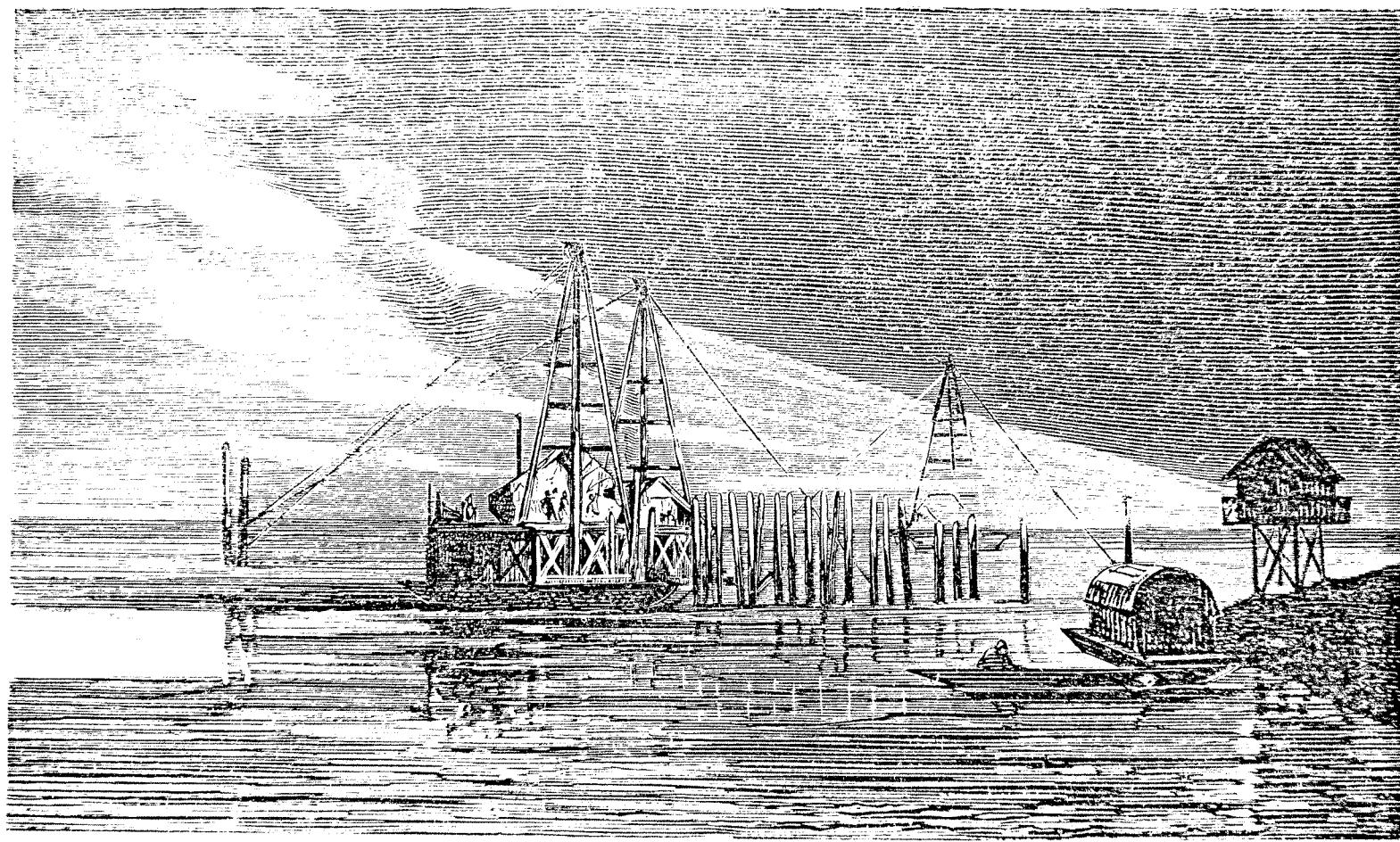


Fig. 39. — Travaux effectués de nuit au pont de Kohl avec le sursaut de la lampe électrique

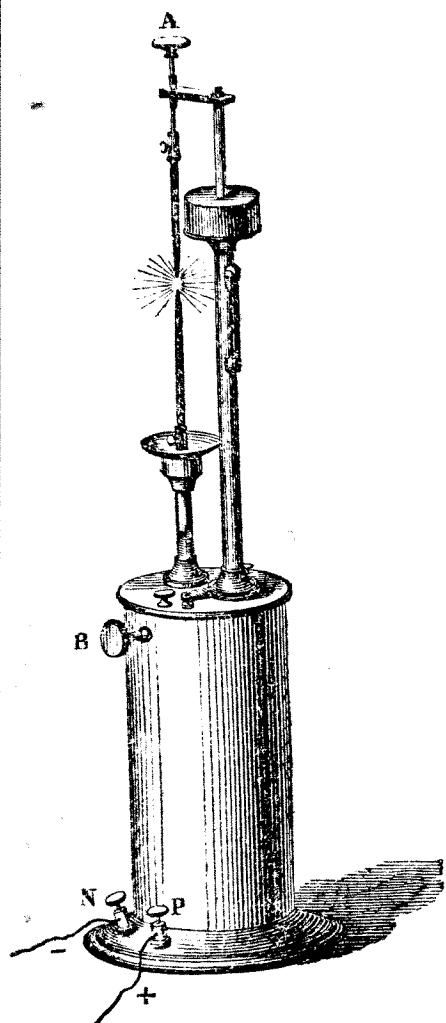


Fig. 38. — Lampe pour l'éclairage électrique.

sol où elle se perd. Maintenant on comprendra que si je fais communiquer les deux pôles d'une pile à l'aide d'un fil métallique, les deux électricités suivront ce fil et s'uniront ainsi en vertu de l'attraction qu'elles exercent l'une sur l'autre et de la facilité que leur présentent les métaux pour se transporter à travers leur substance.

Supposons maintenant que le fil métallique qui joint les deux

Si vous faites communiquer les deux pôles d'une pile, les deux électricités, qui ont beaucoup d'affinités, comme qui dirait beaucoup d'amour l'une pour l'autre s'unissent, se combinent, et il en résulte une étincelle plus ou moins vive.

— Mais, va-t-on me demander, comment faites-vous pour conduire les deux électricités l'une vers l'autre? Avant de répondre, je dirai d'abord que l'électricité est fort capricieuse ; ainsi, sur la cire, le soufre, le verre, etc., quand elle s'y trouve elle y reste, tandis que dans les métaux, l'eau, le corps humain, elle paraît ne pas se plaître le moins du monde; si peu qu'en touchant un objet électrisé, avec la main, par exemple, ou avec un fer métallique, l'électricité se sauve, rapide comme l'éclair, à travers le corps ou le fil jusque dans le

pôles soit coupé; l'union des deux électricités aura encore lieu, mais elle ne pourra avoir lieu qu'en traversant la portion d'air qui sépare les deux bouts de fil, et c'est dans ce espace qu'il se produit une étincelle.

Pour obtenir une lumière électrique puissante, on met en contact deux cônes de charbon de coke bien calciné, adaptés aux deux électrodes d'une pile électrique. Aussitôt que l'on fait passer le courant, le point de contact prend un éclat éblouissant, qui s'étend peu à peu à une certaine distance des pointes des charbons. On peut alors écartier les deux charbons sans que le courant soit interrompu; l'intervalle qui les sépare est occupé par un arc lumineux, nommé *arc voltaïque*. Suivant la force du courant la longueur de cet arc varie; l'arc voltaïque est produit par le courant électrique qui traverse du pôle positif au pôle négatif les molécules incandescentes de charbon volatilisé.

Dans l'origine on se servait de charbon de bois, mais ils brûlaient très-rapidement à l'air; aujourd'hui on emploie du charbon compacte, qui provient des résidus des cornues à gaz, et qui ne brûlent que très-lentement. L'usure du charbon fait varier l'intervalle qui les sépare, et l'on n'aurait qu'une lumière de moins en moins vive si l'on n'avait inventé des appareils régulateurs, propres à maintenir constante la distance des charbons.

Fortement chauffées par le courant, en raison de la résistance qu'il trouve dans son passage à travers leur substance, les deux pointes du charbon sont le siège d'un mouvement vibratoire très-intense qui constitue la lumière éblouissante qu'elles émettent.

La lumière électrique sert avantageusement aux travaux de nuit, à quelques effets scéniques et à l'éclairage des phares. A Paris, on s'en est servi pour les travaux du nouveau Louvre, la reconstruction du pont Notre-Dame, le déblaiement des docks Napoléon, la construction de l'hôtel de l'imprimerie du *Journal officiel*.

CHAPITRE XX

LES PHARES

Les phares, qui sont d'un si grand secours à la marine moderne n'ont point complètement manqué à la marine ancienne. Les Grecs attribuent les premiers phares à Hercule. Les plus anciens que l'on connaisse sont les tours bâties par les Lybiens et par les Cuthites, qui habitaient les provinces de la Basse-Égypte. A leurs sommets brûlaient des feux continuellement entretenus. La méthode qui présidait à cet éclairage était nécessairement très-grossière.

De l'antiquité revenons maintenant à notre temps, et passons rapidement en revue l'état actuel de l'éclairage des côtes. C'est l'Angleterre qui, la première, comprenant toute l'importance des phares, a fait de leur installation, de leur éclairage et de leur entretien l'une des plus grandes charges de l'État. La France a suivi cet exemple et n'est restée, en aucune manière, inférieure à sa devancière.

Lorsqu'on suit les côtes de France, il est difficile de ne point remarquer les variétés qu'offre la situation des phares, le

rayonnement particulier à chacun d'eux, etc. C'est que chaque phare a sa langue ; c'est que chacun parle à sa façon au navigateur qui le consulte d'un regard inquiet. Tel est fixe, et rayonne sans cesse, comme une brillante étoile ; tel, plus mystérieux, émerge subitement de la nuit, projette au loin son éclat bienfaisant et s'éteint tout à coup pour reparaître quelques moments plus tard, radieux, sur l'horizon. Tous enfin n'ont

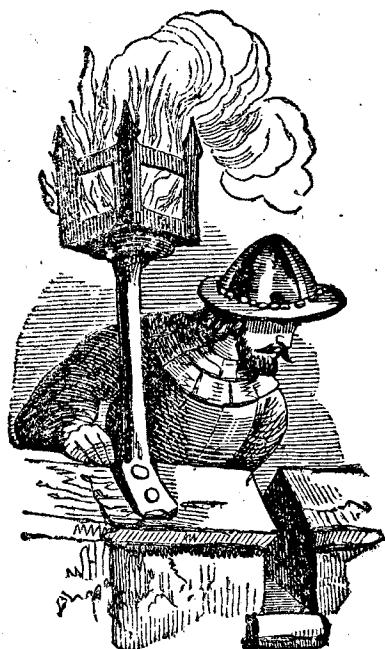


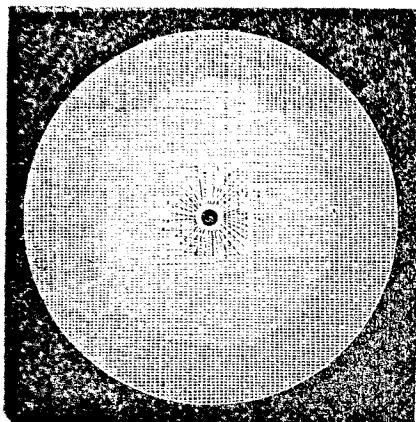
Fig. 40. — Un phare au moyen âge.

pas la même couleur. Quelques-uns sont rouges, les autres blancs, bleus ou verts.

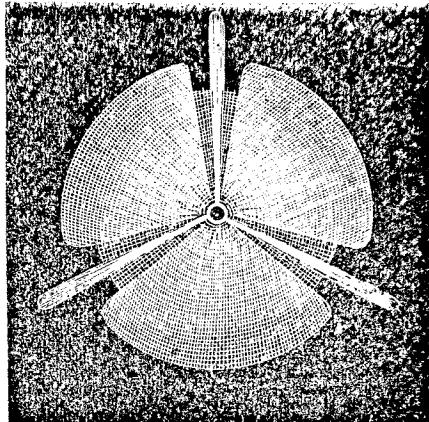
Les feux sont, suivant leur destination particulière, *fixes, à éclats, fixes variés par des éclats, tournants, intermittents, alternatifs et scintillants*.

Le moyen âge ne fut guère plus ingénieux que les anciens dans la façon dont ils illuminèrent les phares, et ce n'est qu'à

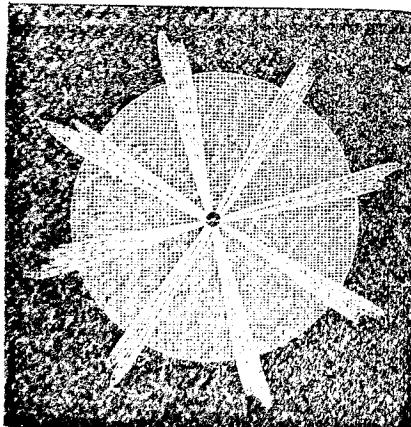
une époque voisine de nous qu'on vit pour la première fois le bois et la houille remplacés par des chandelles, et le foyer à ciel ouvert protégé par des vitres. Plus tard, à la fin du dix-huitième siècle, nous trouvons substituées à ces insuffisants



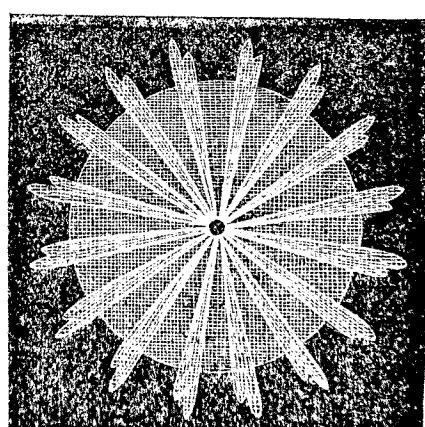
Forme d'un feu fixe.



Forme d'un feu varié par des éclats se succédant de 4 en 4 minutes.



Forme d'un feu varié par des éclats de minute en minute.



Forme d'un feu varié par des éclats chaque 30 secondes.

Fig. 41. — Principales formes des feux de phares.

producteurs de lumière des lampes dont l'éclat était renvoyé au loin par des réflecteurs de métal poli. Les lampes étaient encore fort imparfaites lorsque Fresnel et Arago préludèrent à leurs belles expériences sur l'éclairage des phares. Après des tenta-

tives réitérées, ces deux savants arrêtèrent le type de la lampe qui est encore en usage aujourd'hui, instrument remarquable non-seulement par la blancheur et l'intensité de sa lumière, mais aussi par la longue durée de sa marche ; car elle peut fonctionner plus de douze heures sans qu'il soit nécessaire d'y toucher. Et l'on comprend si ce dernier avantage est important lorsqu'il s'agit de feux devant rester allumés pendant toute la durée des plus longues nuits d'hiver.

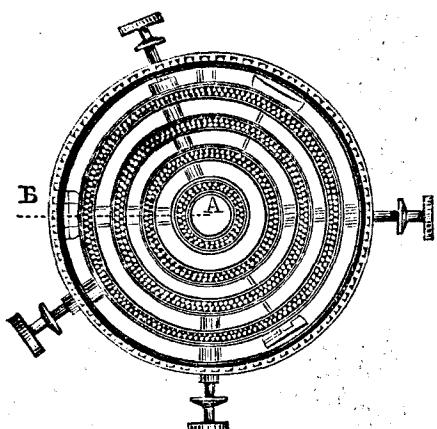


Fig. 42. — Plan du porte-mèche de la lampe de Fresnel et Arago.

sance, ne présente cependant qu'une flamme de largeur médiocre, et la lumière en est aussi blanche que brillante.

Le combustible préféré en France est l'huile de colza qui se cultive sur plusieurs parties de notre territoire, notamment dans le département du Nord et en Normandie. Cependant la plupart de nos feux de quatrième ordre emploient l'huile de pétrole ou l'huile de schiste, et la lumière électrique tend à s'installer dans ceux de nos phares de premier ordre situés sur le continent.

La lumière électrique n'est encore en usage que dans les phares de la Hève.

Aujourd'hui les phares de troisième ordre sont éclairés par des lampes à deux mèches concentriques, ce qui constitue en quelque sorte deux lampes en une seule. Il y a trois mèches dans les lampes des phares de second ordre, et quatre mèches dans ceux de premier ordre. Dans ces derniers on arrive à produire avec un seul appareil d'éclairage, l'éclat de vingt-trois lampes Carcel. Le foyer lumineux doué d'une si grande puissance,

Il nous est impossible d'entrer ici dans le détail des appareils lenticulaires qui servent à renvoyer la lumière dans toutes les directions, disons seulement que ce système ne laisse rien à désirer.

Le nombre des phares n'est pas immense ; il n'est pas nécessaire non plus qu'il le soit. Une côte n'est pas comme une rue, qui nous semble d'autant mieux éclairée qu'elle possède plus de becs de gaz. Si un littoral était trop illuminé, le navigateur ne découvrirait jamais qu'une même et confuse ligne de feu. En limitant, au contraire, le nombre de ces guides lumineux et en variant habilement les apparences, la distinction est rendue plus sûre et plus facile, et l'un des mérites de la Commission française est d'avoir fait dominer ce principe qui est aujourd'hui celui de toutes les grandes puissances maritimes.

CHAPITRE XXI

ÉCLAIRAGE ET CHAUFFAGE AU GAZ

Il y a trois siècles environ que Paris a été éclairé pour la première fois pendant la nuit. Les habitants furent tenus de placer des chandelles allumées à leurs fenêtres. C'est là un début modeste, mais nous aurions tort de le railler, car l'éclairage de nos villes est loin d'être en rapport avec l'état actuel de notre civilisation.

Il y a un siècle que l'éclairage de la ville de Paris fut mis au concours par M. de Sartines, lieutenant de police, et 6,000 chandelles éclairèrent la capitale du monde intellectuel.

Enfin c'est du commencement de ce siècle que date l'éclairage au gaz. L'invention en est due à Lebon, ingénieur français, qui périt assassiné dans les Champs-Élysées. Peu goûté d'abord en France, l'éclairage fut essayé en Angleterre. Taylor en rapporta les procédés en France. Aujourd'hui Paris consomme par an 116 millions de mètres cubes de gaz, représentant environ 535,000 bccs.

Pourtant, malgré cette énorme consommation, les rues ne sont convenablement éclairées, qu'autant qu'il s'y trouve des boutiques.

- Qu'est-ce que le gaz de l'éclairage ?
- C'est un gaz dans lequel il entre principalement de l'hydrogène et du carbone.

Nous connaissons déjà ces deux corps, nous avons vu que l'hydrogène en brûlant produit une flamme peu éclairante, et que ce qui rendait une flamme lumineuse, c'était la présence dans son intérieur de parcelles excessivement petites d'un corps solide. Si ce sont des parcelles de charbon, chacune d'elles est portée à une température élevée, elle devient incandescente, et rayonne alors comme un petit soleil au sein de la flamme invisible. Les flammes qui nous éclairent sont formées d'un gaz subtil très-ardent, saupoudré pour ainsi dire d'une abondante poussière dont chaque grain brille d'un vif éclat.

Comme exemple de carbone pur nous ne connaissons que le diamant. La houille ou charbon de terre, le graphite nommé improprement mine de plomb, le charbon de bois, etc., renferment une grande quantité de carbone combiné avec de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote, en proportions variées et toujours très-faibles. On peut donc dire que le charbon est du carbone impur.

On voit par là qu'il y a dans le charbon tout ce qu'il faut pour faire du gaz de l'éclairage. Aussi la flamme de la houille ressemble-t-elle tout à fait à celle de nos becs de gaz, et il arrive même qu'à certains moments, par les fissures d'un morceau de charbon, s'échappe en sifflant du gaz de l'éclairage. S'il s'enflamme c'est un véritable bec de gaz.

On ne saurait donc être étonné d'apprendre que le gaz de l'éclairage s'extract du charbon. Il y a, en effet, dans le charbon tout ce qu'il faut pour produire ce gaz : hydrogène, carbone et charbon ; les deux premiers sont combinés, c'est-à-dire qu'ils forment un corps unique, l'*hydrogène carboné* ou le *carbure d'hydrogène*, un corps double. L'hydrogène et le carbone sont mariés. Le dernier, le charbon, flotte dans le carbure d'hydrogène sous la forme de milliers de parcelles d'une ténuité extrême.

Pour extraire le gaz du charbon, on enferme ce dernier dans de grandes cornues en terre que l'on chauffe jusqu'à ce qu'elles soient d'un rouge vif. Le charbon se transforme et devient *coke*; le gaz se dégage, sort de la cornue par un tuyau, mais il n'est pas pur. Il contient du goudron, de l'acide sulfureux, de l'acide carbonique, des vapeurs ammoniacales, etc. Il faut le purifier avant de l'employer. En le mettant en contact avec l'eau on obtient le résultat cherché. Chaque cornue vient

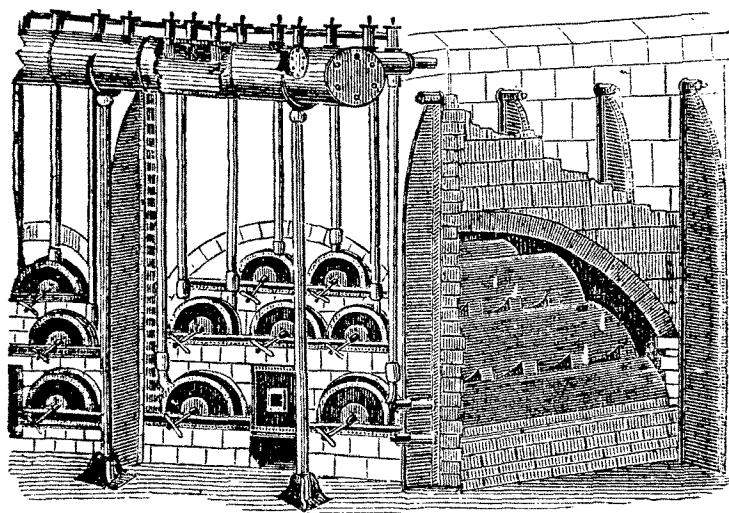


Fig. 43. — Cornues pour la distillation de la houille.

aboutir à un large conduit commun rempli d'eau et qu'on nomme *bâillet*. C'est là qu'on fait *barbotter* le gaz pour qu'il se refroidisse et dépose certains corps.

Cette première épuration ne suffit pas ; certains corps maintenus en suspension dans le gaz ne l'abandonnent qu'en traversant les *colonnes à coke* dont le but est de retenir dans leurs aspérités les corpuscules à extraire. C'est ce que l'on nomme en Angleterre *ratisser* le gaz. Enfin une troisième épuration destinée à rendre le gaz tout à fait propre à la

consommation s'obtient par l'épuration. Cet appareil consiste en une vaste caisse de tôle à couvercle mobile plongeant dans l'eau et renferme plusieurs couches superposées de foin ou de mousse saupoudrée de chaux. La pression force le gaz sortant de la colonne à coke à traverser ces couches successives aux-quelles il abandonne ainsi les derniers produits volatils qu'il contient.

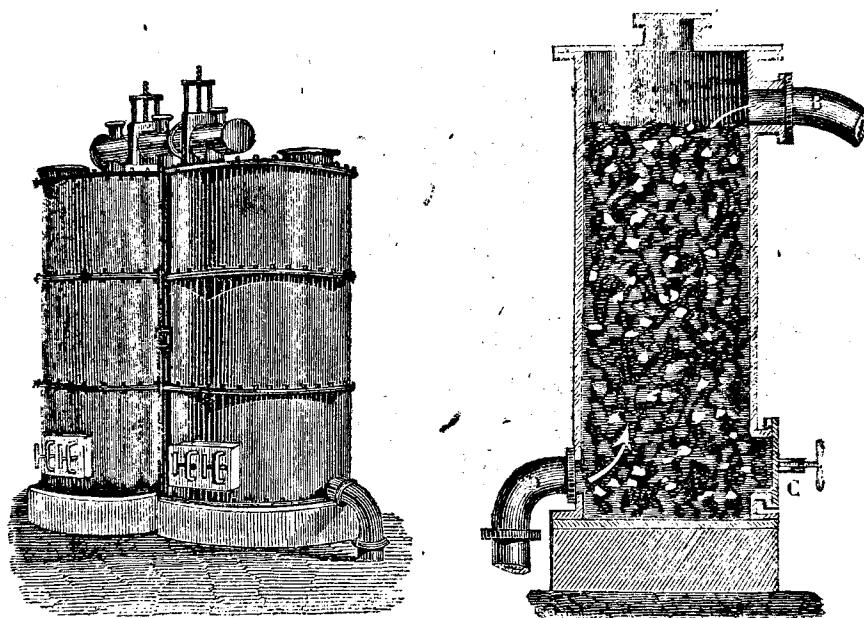


Fig. 44. — Colonne à coke (vue et coupe).

Le gaz, ainsi épuré, est amené sous une énorme cloche, le gazomètre, d'où il part ensuite, une fois la cloche remplie, pour être distribué sur tous les points de la ville.

D'abord par de gros tuyaux, puis par des tuyaux moins gros, de branchements en branchements, il se répand jusque dans les petits tuyaux des habitations. L'ensemble des tuyaux rappelle la forme d'un arbre avec son tronc, ses branches et ses ramifications.

Arrivé à l'habitation, et avant qu'on ne le consomme, le gaz traverse un appareil, le *compteur*, qui compte ce qui passe.

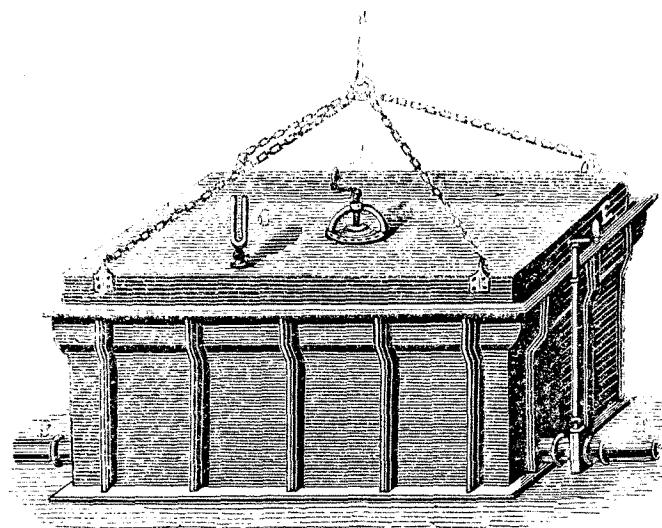


Fig. 45. — Epurateur à gaz (vue).

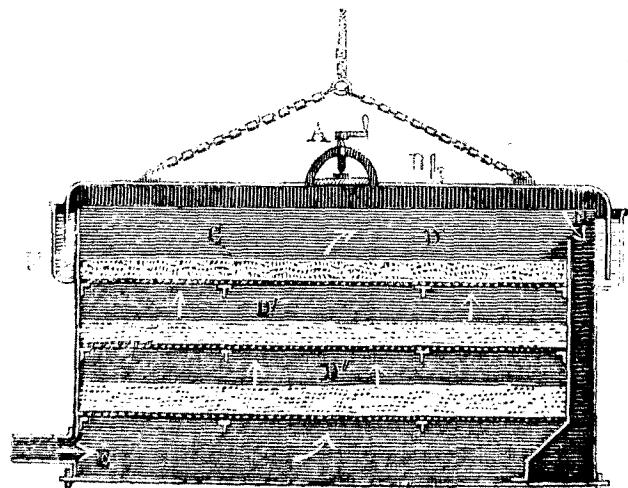


Fig. 46. — Epurateur à gaz (coupe).

De la sorte l'employé de la Compagnie du gaz n'a qu'à venir lire, sur le cadran que porte l'appareil, le nombre de litres et de mètres cubes consommés.

Ce n'est pas tout que d'avoir obtenu un gaz éclairant, même pur et sans odeur, il faut encore le brûler convenablement. L'extrémité du tuyau, c'est-à-dire le *bec*, a une grande impor-

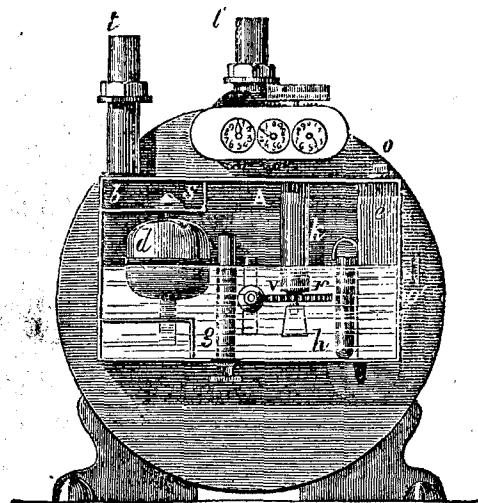


Fig. 47. — Le compteur à gaz.

tance. Sa forme et sa grandeur influent sur la quantité de gaz consommée, aussi bien que sur l'intensité de la lumière.

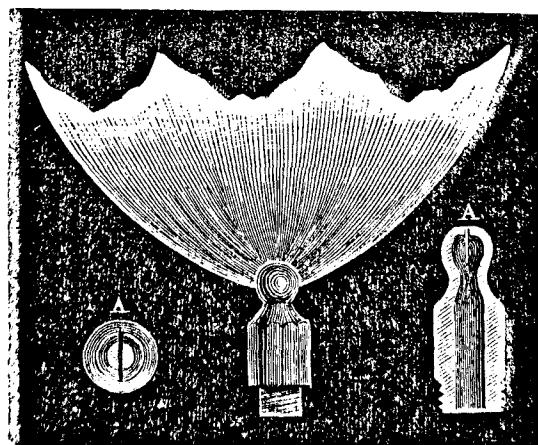


Fig. 48. — Bec en éventail, dit papillon. — A, A. Coupe et plan du bec.

Il en est du gaz comme de toute autre matière éclairante, de l'huile par exemple. Y a-t-il trop peu d'huile, la lampe n'éclaire

pas assez, mais s'il y en a trop et que l'air manque, la combustion est incomplète ; il en résulte une lumière faible, une dépense inutile, un dépôt de noir de fumée et une mauvaise odeur. Il s'agit donc de faire en sorte qu'il y ait assez d'air et que le gaz soit en rapport avec l'air par le plus grand nombre de points possibles.

On peut laisser sortir le gaz par un trou ou par une fente ; la fente peut être droite ou courbe. Supposons la circulaire et faisons arriver l'air à l'intérieur de la flamme, celle-ci sera alors brûlée au dedans et au dehors, comme dans la mèche d'Argand. La combustion s'opère sur plus de points ; elle est plus complète, les parcelles de charbon sont plus vivement brûlées et la flamme acquiert tout son éclat. Quant à la fente droite, un peu large, elle donne lieu à une flamme mince, large, étalée en forme d'éventail, qui plie et flotte sans s'éteindre sous l'action du vent. Dès lors elle convient aux réverbères.

On le voit, il ne suffit pas d'avoir un gaz à brûler, il faut encore savoir le faire brûler. Bien des gens se figurent qu'il n'y a qu'à ouvrir plus ou moins un robinet pour obtenir une lumière plus ou moins vive. Cela est vrai jusqu'à un certain point, mais pas d'une manière absolue. En ouvrant plus ou moins,

on livre passage à une quantité de gaz plus ou moins grande. Ni trop, ni trop peu, c'est la règle ici comme dans la plupart des cas. Ainsi la forme et la grandeur de la fente influent, mais ce n'est pas tout. Le tuyau de verre qui enveloppe la flamme a aussi son importance : c'est une sorte de cheminée qui limite la quantité d'air et active le tirage. Employez, en effet, la même quantité d'air nécessaire à une combustion complète, mais utilisez-la en entier, n'en laissez point perdre, faites que l'air soit échauffé d'avance et, toute chose égale

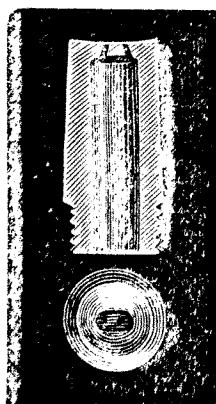


Fig. 49. — Bec
Manchester.
(Coupe et plan).

d'ailleurs, vous aurez le plus grand éclat que puisse donner la flamme.

Nous avons dit que c'est à la présence de particules solides de charbon qu'est dû principalement l'éclat de nos lumières. Mais la présence de ces particules, à l'état isolé, suppose l'ab-

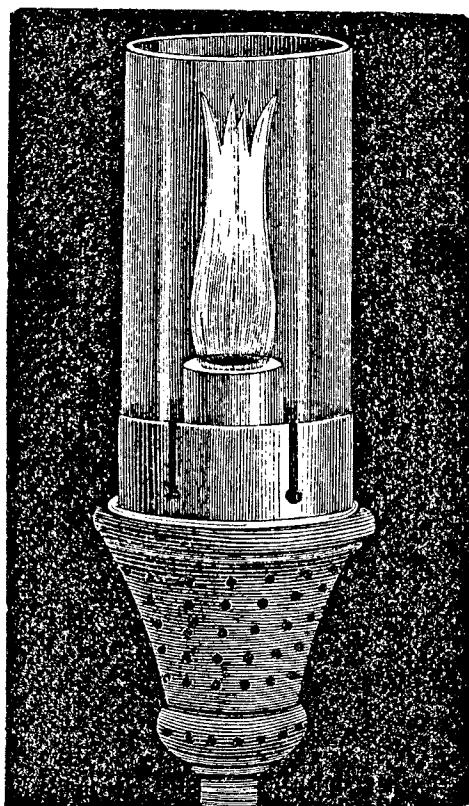


Fig. 50. — B.c Dubail à double courant d'air.

sence de l'oxygène, qui s'en emparerait s'il était là. Si au moment où elles échappent à l'hydrogène avec lequel elles étaient d'abord combinées, l'oxygène était là pour les saisir, leur célibat cesserait, et la lumière perdirait son éclat. Aussi lorsque nous ajoutons une quantité d'air suffisante au gaz qui

s'échappe d'un bec; lorsque nous faisons pénétrer cet air de telle sorte que son oxygène atteigne le centre même de la flamme, sa lumière est presque entièrement éteinte; c'est ce qui arrive quand on brûle un mélange d'air et de gaz. La chaleur est ici ce que l'on recherche, et cette flamme sans lumière est bien plus chaude que la flamme ordinaire, parce que la combustion est plus vive et plus parfaite.

Nous ne voulons pas insister davantage sur ces différents sujets; nous avons voulu montrer seulement que la combustion est chose plus compliquée qu'on ne le croit généralement; que le chauffage et l'éclairage sont soumis à des lois physiques qu'on ne peut méconnaître impunément.

Les phénomènes les plus simples doivent exciter toute notre admiration, et ce n'est qu'en les étudiant de près et avec le plus grand soin, que nous parvenons à les faire servir à tous les usages de la vie commune.

CHAPITRE XXII

COMMENT NOUS NOUS CHAUFFONS

Un habitant de Saturne pourrait croire qu'en raison de la haute antiquité à laquelle il remonte sur la terre, l'art de faire du feu devrait être porté à son apogée. Il n'en est rien.

Nous avons la prétention de savoir ce qui se passe dans notre cheminée quand le bois craque et pétille au milieu d'une nappe ascendante de flammes ; nos traités de chimie nous donnent la clef de tous les phénomènes de la combustion ; nos traités de physique ont de longs chapitres consacrés à l'étude du calorique rayonnant, de celle du pouvoir conducteur des corps, etc., etc. Que résulte-t-il pratiquement de tout cela ? Nous avons chaud à la tête et froid aux pieds ; nous brûlons énormément de combustible pour n'utiliser que très-peu de chaleur mal répartie.

Nous savons ce qui se passe quand nous voulons y réfléchir, mais nous nous contentons d'une connaissance stérile des faits sans en vouloir tirer aucun enseignement pratique. On ne saurait trop insister sur les fâcheux résultats d'une telle insouciance et d'une telle prodigalité.

Nous avons pour allumer notre feu, des moyens plus ingénieux que ceux de nos sauvages ancêtres. Nous ne frottons plus à tour de bras un morceaux de bois dur contre un morceau de bois spongieux. Nous n'aurions ni assez de force, ni assez d'adresse pour opérer ainsi. Nous construisons dans notre cheminée un petit édifice de bois ou de houille et nous l'incendions avec une allumette. Rien de plus simple.

Cependant, remarquons en passant qu'il y a beaucoup de gens qui ne savent pas, même avec ces matériaux tout préparés, construire et allumer leur feu. L'un met une demi-heure à faire ce qui ne demande que cinq minutes ; l'autre recommence vingt fois de suite sans aucun résultat. Il ne faut pas beaucoup d'ingéniosité pour superposer les morceaux de bois ou les fragments de houille dans un ordre convenable, suivant leurs dimensions et suivant leur inflammabilité. Il ne faut pas être bien habile physicien pour savoir ménager de l'*air* entre les étages de l'édifice, et cependant il y a des individus, descendants des sauvages à la hache de silex, qui ne savent pas faire du feu. Il y a même des gens qui s'en vantent; pour moi, je le dis bien franchement, avouer qu'on ne sait pas faire du feu, est déclarer qu'on n'a pas de raisonnement.

Mais je suppose que, pendant cette digression, la flamme a envahi tout le foyer ; les morceaux de bois ont leur écorce réduite en cendres; leur surface incandescente est sillonnée de longues fissures, et leurs extrémités qui se charbonnent laissent dégager avec bruit les gaz produits par la chaleur dans les vaisseaux et dans les cellules de la masse ligneuse ; la flamme brillante de ces gaz, mélangée avec une autre flamme bleutâtre illumine le parquet et se reflète sur les surfaces miroitantes des meubles. Nous nous approchons de la cheminée, nous nous chauffons les mains ; mais la porte de la chambre ferme mal. Il fait froid dehors et le vent siffle par toutes les jointures de l'huisserie, par dessous la porte et par le trou de la serrure. Nous avons trop chaud par devant, nous avons

froid par derrière. Un courant glacial nous enveloppe les jambes, tandis que nous avons la tête plongée dans une atmosphère trop chaude. Plus nous pousserons le feu, plus sera sensible la différence de température entre les deux couches, inférieure et supérieure de l'atmosphère. Si nous calfeutrons la porte, la cheminée ne *tirera* plus, elle *fumera*. Nous préférerons avoir chaud à la tête et froid aux pieds.

En effet, dans nos appartements, où la combustion du foyer ne peut être alimentée que par l'air du dehors, il s'établit nécessairement deux courants analogues à ceux des couches de l'atmosphère. Le foyer consume de l'oxygène, l'acide carbonique et la vapeur d'eau qui s'en dégagent incessamment établissent dans la cheminée un courant ascendant, et ce courant entraîne en même temps tout l'air échauffé qui environne le feu. Il y a donc un appel d'air fait par le foyer, tout le monde sait cela ; mais en même temps que l'air du dehors, passant par les mille fissures de la porte et des fenêtres, traverse la chambre et y forme la couche inférieure, souvent glaciale, le calorique rayonnant du foyer se répand dans la couche supérieure, laquelle s'échauffe, devient plus légère et tend à s'élever, c'est-à-dire à sortir. Quand la porte est fermée, cette couche n'a qu'un mouvement très-faible, peu apparent comme un mouvement de vibration ; mais aussitôt qu'une issue lui est ouverte, elle se précipite au dehors. Une expérience de Franklin très-facile à répéter donne une démonstration complète de ces curieux mouvements de l'air.

Le mouvement de l'air dans une chambre chauffée attira un jour son attention. Il lui fut facile d'en faire la théorie par le raisonnement ; mais il voulut s'en donner à lui-même la démonstration expérimentale ; il fit un grand feu dans son cabinet, entr'ouvrit la porte qui se trouvait presqu'en face du foyer, plaça une bougie allumée par terre dans l'ouverture de la porte, et fit tenir par quelqu'un une autre bougie, également allumée, à la hauteur de la tête d'un homme de taille

ordinaire, et toujours dans l'ouverture de la même porte puis recommandant à son aide de rester immobile il observe ce qui se passait. La flamme de la bougie placée sur le plancher se dirigea vers l'intérieur de la chambre ; elle suivait siblement la direction du courant d'air inférieur venant dehors et allant alimenter la combustion du foyer. La flamme de la bougie qu'on tenait à hauteur d'homme s'inclina,

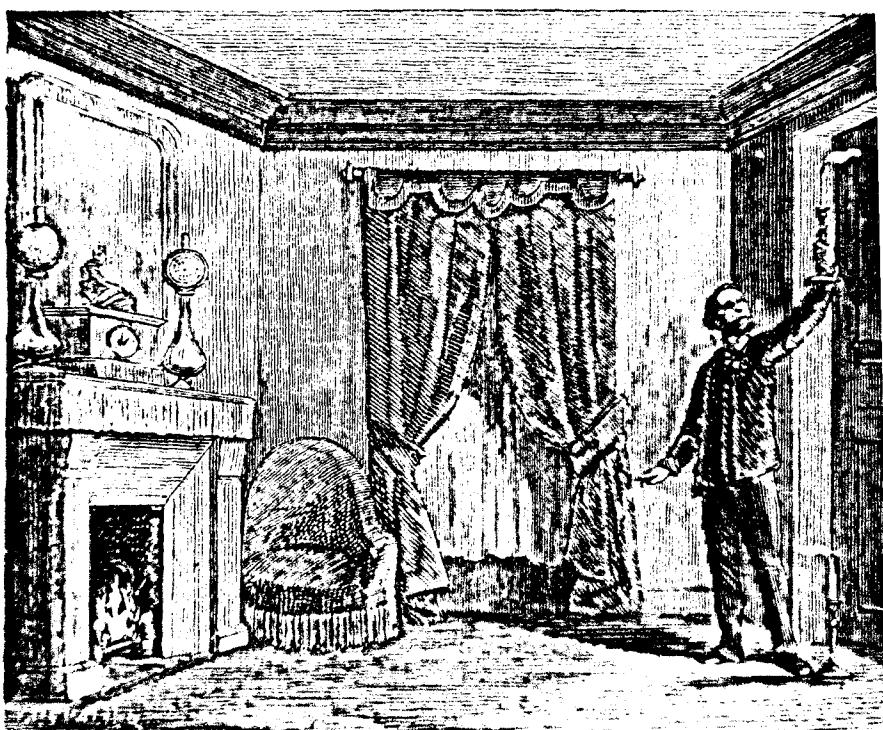


Fig. 5^e. — Expérience de Franklin.

contraire, du côté de l'autre chambre ; elle était entraînée par le courant de la couche supérieure, qui recevait le rayonnement du foyer et sortait de la pièce aussitôt qu'elle trouvait une issue.

Il y a donc bien deux courants ; l'un est froid et enveloppe les jambes des personnes qui sont devant le feu ; l'autre est chaud et on y a la tête plongée.

Il est inutile d'insister d'après cela sur l'absurdité de la dis-

position de nos cheminées : c'est tout le contraire de ce qu'on voit qui devrait être obtenu, ou, tout au moins, la température devrait-elle être la même à toutes les hauteurs de l'atmosphère de la chambre.

Pour cela que faudrait-il faire ? Supprimer le courant d'air inférieur, ce à quoi l'on parviendrait facilement en faisant arriver directement, par un tuyau débouchant sur la façade de la maison, l'air du dehors sous la grille du foyer. On pourrait alors avoir, sans crainte de fumée, des portes et des fenêtres fermant hermétiquement, et on éviterait la sensation désagréable de ces courants d'air qui sifflent par les jours de l'huisserie.

C'est d'ailleurs le système tout entier de chauffage des appartements qui doit être non modifié, mais complètement transformé. Nous utilisons aujourd'hui, à peine un tiers de la quantité de chaleur produite par les combustibles : tout le reste s'en va avec les gaz qui s'en dégagent, se perdent dans la cheminée et dans l'air. On pourrait croire, en vérité, que nous avons la prétention de réchauffer les espaces stellaires, à considérer l'énorme quantité de calorique que nous y dispersons en pure perte. Nous nous chauffons en un mot, tous tant que nous sommes habitants de la terre, comme si nous n'étions pas chez nous.

Cependant depuis des milliers d'années que nous ne cessons de jeter nos forêts dans le feu, il serait temps de réfléchir aux fatales conséquences qui nous puniront un jour de notre prodigalité. Nous en sommes réduits maintenant à aller chercher dans les profondeurs de la terre le combustible accumulé par la végétation gigantesque des terrains anciens ; nous en avons encore pour longtemps, mais ce combustible s'épuisera un jour, et il ne se renouvelle que dans une proportion bien inférieure à la consommation. C'est ensin dans l'économie domestique une regrettable insouciance que celle qui nous fait dépenser trois fois plus de bois ou de houille que nous n'en devrions consommer.

Quand vous vous endormez dans une chambre qu'éclairent, après la lampe éteinte, les lueurs incertaines du foyer, quand vous voyez se jouer au plafond les reflets rougeâtres de la flamme, et quand, écoutant le vent qui souffle du dehors, vous vous dites qu'il fait froid et que vous avez chaud, lecteurs, pensez au sauvage, qui le premier a allumé un feu, qui le premier a fait griller sur des charbons un morceau du gibier qu'il avait peut-être attrapé à la course et qu'il avait dépecé avec un caillou. Vous serez alors moins fiers des merveilles de la civilisation. Le sauvage a créé un art du premier coup. Nous n'avons pas su le perfectionner.

Nous avons des horloges et des sonneries électriques, et nous ne savons pas nous chauffer !

CHAPITRE XXIII

LE FEU CENTRAL ET LES VOLCANS

Il n'est pas dans la physique générale de question plus importante que celle de la chaleur intérieure de la Terre. De ce phénomène dépendent : pour le passé, l'histoire des révolutions du globe ; pour le présent, la condition première de toute vitalité ; pour l'avenir, les chances de durée ou d'anéantissement qui attendent l'état actuel d'équilibre et d'organisation.

L'observation reconnaît que cette chaleur provient de trois sources principales : 1^o la température de l'espace planétaire dans lequel une immense multitude d'astres verse sans cesse du calorique par le rayonnement ; 2^o le rayonnement solaire ; 3^o le feu brûlant que la terre recèle dans son sein. C'est de cette dernière cause seulement dont nous allons dire quelques mots, parce qu'elle se rattache plus directement au sujet qui nous occupe, au programme que nous nous sommes tracé.

Quand la terre commença à tourner sur son centre, pour qu'elle s'aplatit dans le sens de son axe de rotation et se renflât à l'Équateur, et pour qu'elle prit en définitive la figure générale d'un ellipsoïde, il fallait nécessairement — et le calcul

le démontre — qu'elle fût dans un état de fluidité tout au plus pâteuse ; car si elle eût été primitivement solide, la rotation n'eût pas changé sa forme ; il n'est pas probable que dans l'infini des formes possibles, elle eût reçu sans motifs par un pur hasard, celle d'un ellipsoïde. Les idées de figure arrondie, de rotation et de fluidité sont nécessairement liées entre elles. Mais ici une question se présente, qui a longtemps séparé les géologues en deux camps, alors qu'on n'était plus pressé de deviner l'œuvre de la Création qu'attentif à l'observer. Cette fluidité, dont le globe a incontestablement joui, était-elle aqueuse ou ignée ? Avait-elle pour cause l'eau ou le feu ? Devait-on croire les *Neptuniens* ou les *Plutoniens* ?

Un coup d'œil rapide sur l'histoire de cette grande querelle qui commença avant la science, et qui, terminée aujourd'hui pour la plupart des géologues, trouve cependant encore d'opiniâtres champions, ne sera pas sans intérêt et sans utilité. Pour ne pas sortir de la spécialité de ce chapitre, nous citerons principalement les partisans de l'opinion plutonienne.

L'origine de ce débat se trouve dans les plus anciennes cosmogénies des peuples ; tandis que l'Inde et l'Égypte adoraient l'eau comme la mère de toutes choses, la Perse et la Scythie offraient leurs hommages au feu, principe de toute lumière et de toute existence, regardé comme le créateur de la Terre et de ses habitants. Les mythes phrygiens disent que Jupiter voulant réveiller Cybèle (la Terre), encore endormie et ignorante d'elle-même, introduisit dans son sein un feu liquide qui amollit et féconda les dures entrailles du rocher. La Grèce qui reçut presque toutes ses traditions, toute sa science de l'Orient par les invasions pélasgique et égyptienne, accueillit dans ses écoles philosophiques les doctrines de l'eau et du feu. Thalès y développa le principe égyptien ; Héraclite, et après lui les Stoïciens, enseignèrent que tout ce qui existe est sorti du feu. Aussi dirent-ils attribuer à l'action du feu les bouleversements de la

surface terrestre et les phénomènes volcaniques. Hésiode, Strabon, Diodore de Sicile, renferment des idées assez précises sur l'influence des feux souterrains. Mais c'est surtout dans les auteurs latins, Justin, Ovide, Virgile, Lucain, qu'on trouve des opinions nettement formulées sur ce sujet. Et il faut remarquer que, dans tout ce qui était accessible à la seule imagination, les anciens ont fait preuve d'une merveilleuse sagacité. Leur méditation active et profonde, parcourant incessamment le champ des possibilités, a remué presque toutes les grandes découvertes complètement mises en lumière par la science moderne. Ils ont soupçonné la forme de la terre, l'attraction universelle, la chaleur centrale, et la connexion de ce dernier fait avec les phénomènes volcaniques et le soulèvement des montagnes.

Les Arabes, successeurs des Grecs dans la culture de l'intelligence durent combiner les notions venues de la Grèce avec les traditions répandues dans l'Asie. On trouve dans Kaszwini, historien arabe du XIII^e siècle, des idées géologiques fort remarquables sur l'action du feu central. Dans l'Occident de l'Europe, les sciences ne furent d'abord qu'une traduction du grec et du latin, un écho des universités arabes. Aussi, à l'époque dite de la Renaissance, voit-on se développer les deux grands systèmes géogoniques de l'antiquité. L'hypothèse égyptienne, celle de Thalès, eut d'abord plus de sectateurs ; mais au dix-septième siècle, époque de doute et d'affranchissement scientifiques, la théorie platonienne commença à reprendre faveur et depuis elle a toujours eu pour elle l'appui des savants les plus illustres : Descartes, Newton, Leibnitz, Mairan, Buffon, Fourier, Bailly, Laplace, Hulton Playfair, Dolomieu, Cordier, de Humboldt, etc.

On s'étonne maintenant que le système neptunien ait jamais pu jouir de quelque crédit ; mais tel est l'empire des traditions, que les erreurs les plus grossières se propagent pendant des siècles, faute du plus simple calcul. Si l'on eût comparé la

masse des eaux du globe avec la quantité de matières solides, qu'elle aurait dû dissoudre, ou tenir en suspension, on n'aurait pas cru un seul instant à la possibilité de la fluidité aqueuse de la terre. Le poids de toutes les eaux du globe n'est pas la cinquante millième partie du poids total de notre planète. Comment concevoir qu'un kilogramme d'eau ait jamais pu dissoudre ou contenir 50,000 kilogrammes de matières solides ?

Ainsi la terre a été fluide, et cette fluidité était produite par le feu ; sa surface seule est refroidie, et son noyau est encore incandescent et liquide. Cette notion est, depuis la théorie newtonienne, la plus belle acquisition de la physique générale, car elle est singulièrement riche en applications de la plus haute importance.

Les volcans, soit qu'ils vomissent des laves comme les volcans proprement dits, soit qu'ils rejettent de la boue, du pétrole et des gaz irrespirables, comme les salses, sont des cheminées qui établissent une communication permanente entre l'intérieur de la terre en fusion, et l'atmosphère qui enveloppe la croûte durcie et oxydée de notre planète. Leur action se lie aux tremblements de terre, à l'origine des sources thermales, à la formation des bancs de gypse et de sel gemme, à l'existence des mines métalliques déposées à diverses époques, de bas en haut, en filons et en amas, enfin aux soulèvements instantanés de quelques parties de la surface du globe, comme ceux de la côte du Chili et de l'île Mérita, ou très-lents comme celui des rivages de la Baltique.

La relation intime de tous ces phénomènes entre eux indique l'action d'une cause générale, et a conduit de Humboldt à définir la volcanicité : « l'influence qu'exerce l'intérieur d'une planète sur son enveloppe extérieure, dans les différents stades de son refroidissement. » Cette définition, appliquée aux époques reculées qui ont précédé les temps historiques, comprend : et la formation des grands massifs des roches cristal-

lines—granit, gneiss, porphyre, etc.,—et l'injection violente de ces roches en colonnes énormes à travers les matières déjà solidifiées, et le soulèvement des grandes arêtes du monde — Himalaya, Andes, Cordillères, Alpes, Pyrénées, etc., — et les rides nombreuses qui conduisent dans leurs plis les fleuves et les torrents, et l'inondation à diverses reprises des terres émergées, enfin les modifications successives qu'a subies la température de l'atmosphère, d'abord impropre à la vie organique, puis uniformément favorable aux productions tropicales, et maintenant soumise à l'influence des latitudes et des altitudes, parce qu'elle dépend, presque exclusivement, des rapports de position de la terre avec le soleil.

Un jour peut-être on saura combien il a fallu de siècles à notre planète pour traverser tant de transformations. On connaîtra par la science l'âge de la terre.

CHAPITRE XXIV

BUCHERS ET SACRIFICES

L'usage des bûchers est très-anciens. C'est sur un bûcher qu'Abraham devait immoler son fils Isaac. Pour les morts, c'était un mode de sépulture : pour les vivants, un supplice ; pour les uns et les autres un sacrifice de purification.

Si l'origine des bûchers funéraires n'est pas due aux peuples de l'Hindoustan, elle doit remonter au moins aux Scythes, et leurs *tumuli*, qu'on découvre dans les steppes de la Russie méridionale et de la Tartarie, contiennent des ossements humains, souvent même des ossements de chevaux, quelquefois calcinés. Les Thraces qui empruntèrent aux Scythes l'usage des bûchers, le transmirent aux Grecs. De Rome qui le prit à ces derniers, il envahit tout l'empire, et pénétra jusqu'aux régions hyperboréennes. Odin voulut que son corps fût brûlé sur un bûcher ; c'est une tradition généralement admise dans la Scandinavie.

Dans l'Inde, les brahmanes reçurent des anciens gymnosophistes la croyance en ce mode de purification. Les sacrifices

volontaires sur un bûcher n'étaient pas rares autrefois chez eux.

Hercule, disent les mythographes, va s'asseoir au banquet des dieux, après avoir fait passer sa dépouille mortelle par les flammes du bûcher, et Didon, délaissée, meurt sur un bûcher, non pour se délivrer d'une vie importune — le fer, le poison lui eussent suffi — mais pour consoler les mânes de son époux par cet acte de purification.

Dans l'empire romain, au sein des campagnes, s'élevaient des bûchers publics, environnés de terrains clos de murs et appelés *ustrina* (*d'urere*, brûler). On y consumait les corps des morts trop pauvres pour que leur famille pût faire la dépense d'un bûcher. Dans les fouilles de Pompéi on a retrouvé un de ces bûchers publics.

Pour construire les bûchers, on employait généralement l'if, le pin, le frêne, le mélèze, le genévrier et autres arbres qui s'enflamme aisément. Servius nous a transmis beaucoup de détails sur les bûchers ; Homère en avait parlé avant lui, en décrivant la position de Patrocle sur son bûcher.

Franchissons par la pensée une longue suite d'années pour arriver au temps des bûchers expiatoires, en Europe. C'était dans les grandes calamités publiques que les Druides élevaient à Teutatès, en guise de bûcher, une grande statue d'osier et de bois, à laquelle ils mettaient le feu après l'avoir remplie de créatures vivantes.

Chez tous les peuples, et de tout temps, on a appliqué la peine du feu à certains crimes. On brûlait impitoyablement les hérétiques, les sorciers.

Quelquefois on étranglait ou on rouait vif le coupable avant de le jeter au milieu des flammes. En France ce genre de supplice a été en vigueur jusqu'en 1789.

Les livres qui contenaient des propos jugés dangereux, étaient également brûlés par la main du bourreau, publiquement ou secrètement ; à Paris, cette exécution se faisait d'ordinaire au pied du grand escalier du Palais de Justice.

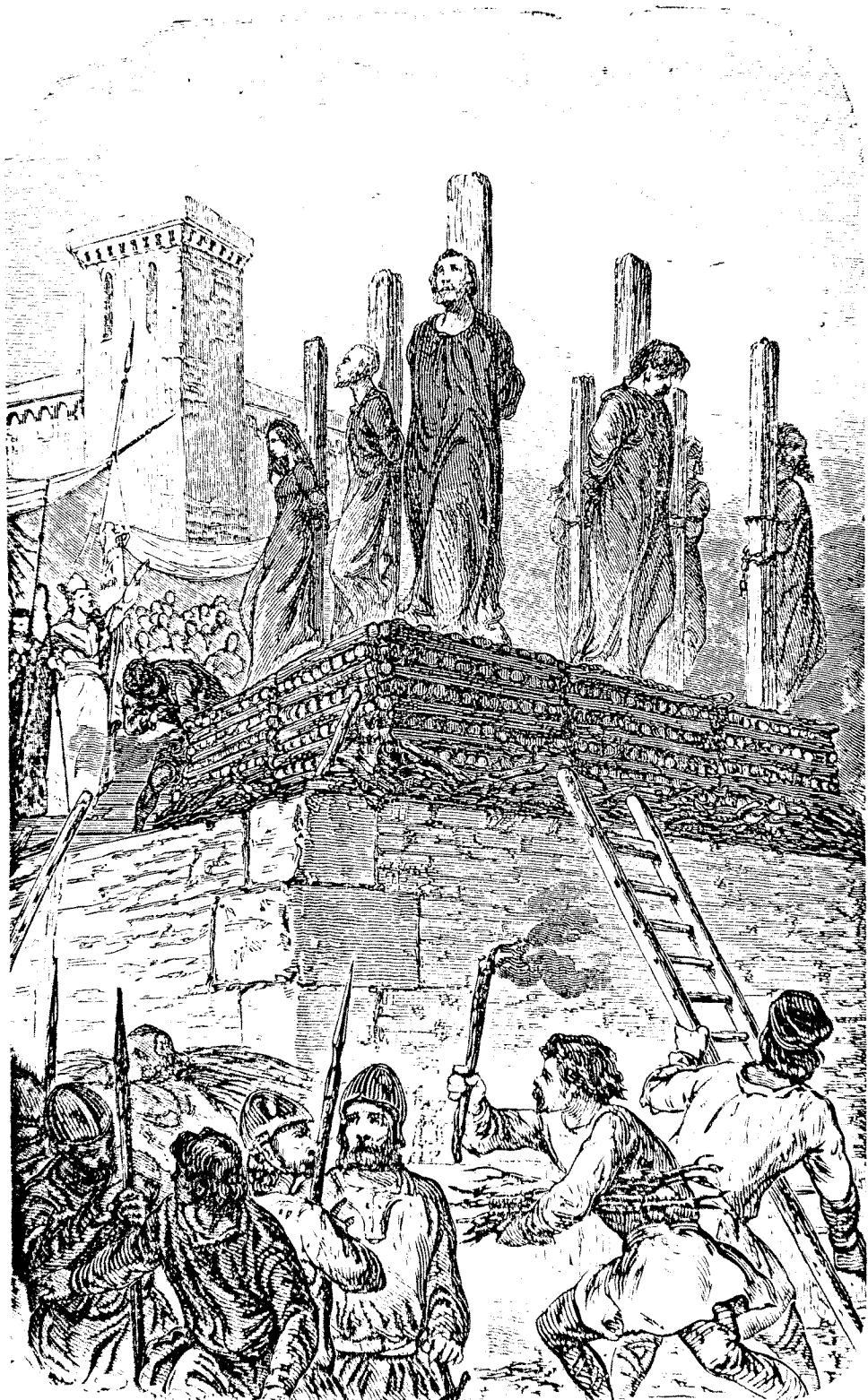


Fig. 52. — Une exécution au moyen âge.

On se servait également du bûcher pour les épreuves judiciaires. Celui qui y était soumis devait passer à travers un bûcher allumé ; s'il en sortait sain et sauf, il était déclaré innocent.

L'usage de condamner au feu les écrits diffamatoires ou contraires à la religion et aux mœurs, remonte à une époque reculée. Cet usage a été en vigueur chez les Grecs et chez les Romains. Protagoras d'Abdère, ayant mis en doute l'existence de la Divinité, fut poursuivi par les magistrats. Ses ouvrages saisis dans les maisons des particuliers furent brûlés sur la place publique. Trois siècles avant Jésus-Christ, Antiochus Épiphane fit brûler les livres des Juifs; Auguste, deux années avant de mourir, ordonna que les édiles dans Rome, et les gouverneurs dans les provinces, fissent brûler tous les libelles qu'ils rencontreraient ; sous Tibère, les écrits de Labiénum furent condamnés au feu, et ceux que Fabricius avait composés contre les Sénateurs et les prêtres, à Rome, eurent le même sort sous Néron, bien que leur auteur fût seulement banni de Rome. Les empereurs qui combattirent le christianisme naissant, par la persécution, ne manquèrent pas d'appliquer aux livres de la religion nouvelle les principes en vigueur pour les écrits diffamatoires. En 303, Dioclétien et ses collègues rendirent un édit qui portait, entre autres prescriptions, que les livres relatifs au christianisme seraient recherchés avec soin et brûlés.

L'Église, devenue triomphante, suivit parfois les mêmes principes que ceux de la législation romaine, et trop souvent les flammes ne consumèrent pas seulement les ouvrages entachés d'hérésie, mais elles consumèrent aussi ceux qui les avaient composés.

CHAPITRE XXV

LE CULTE DU FEU

La lumière, cet agent subtil qui pénètre et se répand partout, qui fait la splendeur du jour, et qui procure à l'homme de si vives et si profondes jouissances, est aussi nécessaire à la santé et à la vie des animaux qu'elle est indispensable à la végétation des plantes.

Elle joue le plus grand rôle dans presque tous les phénomènes de la nature ; et, chaque jour, à mesure que le domaine de la science s'enrichit, on découvre l'action immédiate qu'elle exerce dans les combinaisons de la matière morte, et dans le mouvements de celle qui végète ou qui s'organise. Transportée avec la chaleur à travers l'espace, elle apporte en tous lieux, la vie et la joie. Sans elle, l'homme s'étoile et végète ; sans elle les plantes pâlissoient et ne poussent que des rejetons grêles et de faible contexture. Aussi les anciens poètes, qui sous leurs ingénieuses fables, cachaient toujours quelque vérité révélée à leur esprit par la contemplation de la nature, avaient-ils fait de l'astre de la lumière un des plus puissants dieux ; aussi presque

tous les peuples, à l'enfance des religions, ont-ils adoré le soleil, comme le père de la nature, comme le Dieu de la vie.

Le culte du feu qui purifie tout, qui échauffe et consume tout, qui semble émané du soleil dont il est l'emblème, paraît avoir été une conséquence du culte des astres. L'un et l'autre prirent naissance chez les Chaldéens, qui se représentaient Dieu sous l'image d'un feu infiniment pur, et auxquels ils donnaient, par métaphore ou par respect, le nom d'*Our* ou *Or* (feu, principe, lumière incrée). Mais ils admettaient un autre principe, les ténèbres, cruelles ennemis de la lumière.

Disciples et voisins des Chaldéens, les Perses adoptèrent une partie de ces idées, que partagèrent aussi les Égyptiens, les Arabes, etc. Ils pratiquèrent d'abord le sabéïsme, ou culte des astres ; mais en reconnaissant le bon principe, *Ormuzd* ou *Oromaze* et le mauvais, *Ahriman*, qu'ils représentent par divers symboles, la lumière et les ténèbres, le jour et la nuit, l'été et l'hiver, le ciel et la terre, le taureau et le serpent, etc., ils en ajoutèrent un troisième, le soleil, dont le nom *Mehr* (Mithra en grec) signifie amour et miséricorde.

Ce fut sous le règne de Hourcheng, deuxième prince de la dynastie des Pischedaliens, que les Perses commencèrent à adorer le feu. La vue d'un sol imprégné de naphte et spontanément illuminé, les conduisit peut-être à ce culte, que le roi Djemschild confirma, ainsi que celui des astres, en admettant l'existence d'un Dieu supérieur. Kaï-Khowou, chef de la dynastie des Kaianides, donna la préférence à celui des astres sans abolir l'adoration du feu, qui se perpétua jusqu'au temps du roi Gustasp (Cyrus ou Darius, fils d'Hystape). Jusqu'alors les Perses n'avaient pas eu de temples ; c'était sur de hautes montagnes qu'ils adoraient les astres, qu'ils allumaient de grands feux. Zoroastre, par sa doctrine, affirma et perfectionna le culte du feu. Il fit bâtir les premiers temples ou *Pyrées*, où l'on commença à entretenir le feu, et qui se multiplièrent par la suite. Ce culte se conserva sans altération. Les mages, qui

étaient à la fois philosophes, pontifes et théologiens, prêchaient le monothéïsme ou l'existence d'un seul Dieu, et les hommes éclairés regardaient les astres et le feu comme le symbole de la divinité. Mais le vulgaire qui partout et de tout temps s'attache au culte positif et matériel, adorait les astres et le feu comme des dieux, et faisait de Mihr ou Mithra un feu intelligent, un être divin, capable d'exaucer les prières des mortels. D'ailleurs les Perses n'eurent jamais d'idoles ni de statues. Les sculptures d'animaux que l'on voit sur les anciens monuments de Persépolis n'étaient que des figures allégoriques, et ces ruines, ni celles des autres parties de la Perse n'offrent aucune trace du culte du feu, si ce n'est peut-être la flamme représentée sur deux tombeaux à Persépolis.

Tout ce qui concerne les dogmes et les préceptes de la religion des Perses, est écrit dans le *Lend-Avesta* de Zoroastre, et dans le *Sadder* qui en est l'abrégé. Cette religion prohibait le jeûne, la vie contemplative et le célibat ; elle donnait à l'âme de l'élévation et de l'énergie : aussi les Perses ont-ils été appelés les puritains du paganisme. Tel était leur respect pour le feu, symbole des signes célestes et de la pureté, qu'il leur était défendu de le souffler avec la bouche.

Le culte du feu, entretenu par les mages, fut persécuté par Alexandre le Grand qui, ayant conquis la Perse, voulut détruire les livres de Zoroastre, mais il ne put en découvrir qu'un petit nombre. Après la chute de l'empire des Parthes, Ardeschir-Babekan, fondateur de la dynastie des Sassanides et du nouvel empire persan, rétablit le culte du feu, et lui donna plus de solennité. Les temples où le feu était conservé, s'appelait Pyrées, d'où sont venus les noms de *Pyrolâtrie* et de *Pyrolâtres*, donnés à la religion et aux sectaires de Zoroastre par leurs ennemis.

Le centre du magisme paraît avoir été la Médie, qui abonde en sources de naphte, en matières bitumeuses et résineuses, dont les lacs même sont couverts, et dont la combustion acci-

dentelle ou spontanée présente souvent au milieu de la nuit des flammes brillantes.

Le culte du feu ne fut entièrement aboli en Perse qu'après la mort d'Yezdedjerd III, le dernier des monarques Sassanides. Les Arabes musulmans, conquérants de la Perse, donnèrent aux peuples vaincus les noms injurieux de pyrolâtres et d'ignocoles, de djiaours, guêtres ou infidèles, d'adorateurs d'astres, de stupides et d'insensés.

Au neuvième siècle, Mardawidj, prince persan, ayant enlevé Ispahan au kalife de Bagdad, voulut y rétablir la religion de ses pères, et fit allumer de grands feux sur les montagnes qui entourent cette capitale ; mais il fut assassiné en rentrant dans la ville.

La Pyrolâtrie existe encore, mais obscure et secrète, dans quelques cantons de l'Hindoustan et de la Perse, aux environs d'Ispahan, et surtout dans le Kerman, où était le grand pyrée, métropole de tous les temples de l'empire. C'était là que, sur un brasier perpétuel, l'archimage brûlait l'encens. A Sari, dans le Mazandéran, on voyait encore, au milieu du dix-septième siècle, quatre anciens temples ou pyréas, en forme de rotonde. On en trouve aussi quelques-uns à Bakou, dans le Schirwan, qui appartient aux Russes, et où le naphte abonde. Ces pyréas et ceux des autres parties de la Perse, sorte de chapelles où le feu sacré est représenté par des lampes constamment allumées auxquelles chacun est obligé de renouveler tous les ans la lumière qui éclaire sa maison, sont visités dévotement par les pyrolâtres indous.

Les plus célèbres philosophes et les nations civilisées ont regardé le feu comme le symbole de la Divinité. « Dieu, a dit Plutarque, est un *feu artiste*, procédant avec méthode à la formation du monde. »

Les Stoïciens considéraient Dieu sous l'idée de feu, non comme le premier des quatre éléments, mais comme *éther*, substance active et subtile, qui pénètre tout, qui prend toutes

les formes. A Rome, le feu sacré était confié à la garde des Vestales chargées de l'entretenir sous peine de mort. Les anciens Scythes adoraient aussi le feu sous le nom d'Artimpara.

Enfin le feu joue un rôle important dans les cérémonies de l'église catholique, soit pour éclairer les autels, soit pour brûler l'encens, et on le renouvelle tous les ans à l'office du Samedi-Saint, où l'on bénit le cierge pascal.

L'origine des cierges remonte aux temps les plus reculés ; on n'en peut assigner la première époque, mais on les trouve en usage chez tous les peuples. Les Juifs avaient des candélabres dans leur temple de Jérusalem, et, avant eux, les païens allumaient des cierges ou des lampes devant les statues de leurs dieux.

Ici, comme dans bien d'autres cas, on remarque que le christianisme en s'établissant sur les ruines du paganisme, n'a pas fait difficulté de s'approprier certaines pratiques de la religion vaincue.

Chez les chrétiens, le cierge doit être en cire pure et a diverses significations ; dans la plupart des cas il est considéré comme une image de la Foi qui doit nous animer dans toutes les actions de notre vie.

On est également dans l'usage d'allumer des lampes dans les églises. Il y a entre l'usage des lampes et des cierges cette différence que les lampes brûlaient jour et nuit dans les temples comme offrant un emblème de la lumière éternelle. On y employait les huiles les plus fines et les plus odoriférantes. Dans certaines églises, trois lampes sont suspendues devant l'autel, brillante image du mystère de la Trinité.

Une fête religieuse qui rappelle également une cérémonie païenne, est celle de la Chandeleur, célébrée dans l'église catholique romaine, le 2 février, en mémoire de la Présentation de Jésus-Christ et de la Purification de la Vierge. Elle tire son nom des cierges bénits et allumés, portés ce jour-là en pro-

cession par le peuple et le clergé, comme symbole de la vraie lumière dont le Christ est venu éclairer toutes les nations. Les Grecs donnent à cette fête le nom d'*Hypante*, qui signifie rencontre, parce que le vieillard Siméon et la prophétesse Anne rencontrèrent Jésus enfant dans le temple, lorsqu'on le présenta au Seigneur. On lit dans un sermon d'Innocent III que la Chandeleur a été substituée aux fêtes de Cérès et aux Lupercales des païens. C'est aussi le sentiment du vénérable Bède.

Les feux de la Saint-Jean se rattachent, sans doute, au même ordre d'idées. Cet usage n'existe plus depuis le siècle dernier, dans nos grandes cités ; mais on le retrouve dans quelques petites villes, et surtout dans les villages.

C'était jadis à Paris une grande solennité publique. L'histoire nous a conservé tous les détails de celui de la place de Grève. On y entassait un grand amas de bois : au roi seul appartenait l'honneur d'y mettre le feu. Un autre feu de la Saint-Jean était allumé à la Bastille par les soins du Gouverneur de cette forteresse.

Le feu de la Saint-Jean, en 1573, fut très-remarquable : un arbre ou mât de 20 mètres de hauteur, hérissé de traverses de bois, auquelles étaient attachées cinq cents bourrées, deux cents cotonnets, dix voies de bois et beaucoup de paille, formait la base de ce vaste bûcher. Cet appareil colossal était sillonné par des guirlandes et des couronnes ; des fusées et des pétards étaient disposés dans les diverses parties du bûcher. On suspendit à l'arbre un grand panier renfermant deux douzaines de chats et un renard. Le feu consumé, le monarque rentra à l'Hôtel-de-ville où l'attendait une collation, tandis que la foule se ruait sur les débris du bûcher et s'en disputait les moindres tisons, car les tisons des feux de la Saint-Jean étaient considérés comme gages de bonheur.

Louis XIV n'assista qu'une seule fois à cette cérémonie : Louis XV, jamais. Le feu de la Saint-Jean, jusqu'à l'époque de

la révolution de 1789, n'était plus une solennité publique. Le corps municipal paraissait un instant pour y mettre le feu, puis se retirait.

FIN