



# MANUEL

DU

## POËLIER-FUMISTE,

OU

### TRAITÉ COMPLET DE CET ART,

INDIQUANT LES MOYENS D'EMPÊCHER LES CHEMINÉES DE FUMER,  
L'ART DE CHAUFFER ÉCONOMIQUEMENT ET D'AÉRER LES HA-  
BITATIONS, LES MANUFACTURES, LES ATELIERS, etc. ;

PAR MM. ARDENNI ET JULIA DE FONTENELLE.

*DEUXIÈME ÉDITION,*

Ornée d'un grand nombre de planches, considérablement augmentée  
et enrichie de toutes les découvertes et perfectionnemens qui ont eu  
lieu jusqu'à ce jour, tant en France que dans les pays étrangers.

---

Paris,

A LA LIBRAIRIE ENCYCLOPÉDIQUE DE RORET,  
RUE HAUTEFEUILLE, n° 10 bis.

1835.



## INTRODUCTION.

---

S'IL est un sujet propre à intéresser l'économie domestique, c'est, à coup sûr, celui du chauffage. Cet art embrasse en effet deux questions principales : celle d'une bonne distribution de calorique avec le moins de perte possible, et l'autre, la production d'un même degré de chaleur avec la moindre quantité de combustible. L'intérêt qu'offrent ces deux questions est d'une si haute importance, que les physiciens les plus distingués n'ont pas dédaigné d'en faire l'objet de leurs principales investigations, et nous ne craignons point de dire que leurs travaux n'ont point été infructueux ; mais il est encore un autre point essentiel : il arrive par fois que la mauvaise construction des cheminées ou divers autres accidens font refouler, dans les appartemens ou les ateliers, la fumée qui exerce une si funeste influence sur l'homme, les meubles, etc., qu'on ne peut résister à une telle incommodité ; ce grave inconvénient a également fixé l'attention des physiciens et d'un grand nombre de mécaniciens. Ce fut donc une heureuse idée que de rassembler dans un ouvrage spécial tout ce qui se rattache au poëlier-fumiste ; aussi, quand la première édition de ce manuel parut, son utilité fut généralement reconnue par les journaux ; et l'accueil qu'il reçut du public justifia nos prévisions, c'est ce qui a porté l'éditeur à le rendre de plus en plus digne de cette bien-



veillance. Depuis 1828, époque de la publication de la première édition, de nombreux travaux ont eu lieu sur l'étude et la distribution du calorique, le chauffage à l'air chaud et à la vapeur, la construction des cheminées, des poêles, des calorifères et séchoirs; un grand nombre de brevets d'invention et de patentes ont été publiés; la science s'est enrichie des travaux de H. Davy, sur la flamme, et de ceux d'un grand nombre de physiiciens et de mécaniciens sur les meilleurs modes de chauffage. Pour tenir cet ouvrage au niveau de la science, il nous importait donc de recueillir tous ces faits et de traiter l'article calorique avec plus de développement, en y joignant des articles spéciaux sur sa transmission, sur la nature de la flamme, sur la combustion et les théories émises sur ce phénomène, sur l'air, son agent indispensable, sur la fumée, etc. Pour donner à ce travail tout l'intérêt dont il est susceptible, nous avons cru devoir le confier à un chimiste versé dans la technologie, M<sup>r</sup> Julia de Fontenelle, à qui cette collection encyclopédique doit plusieurs manuels d'un mérite incontestable, a bien voulu se charger de ce soin. Indépendamment des articles précités, il a enrichi ce recueil d'un grand nombre d'autres marqués au coin de l'utilité, parmi lesquels nous nous bornerons à citer les suivans :

Les cheminées perfectionnées d'HORT. (Brev. d'inv.)

La cheminée économique mise à l'abri de la fumée; par Pierre ARNOT. (Brevet d'invention.)

La cheminée fumicalorique qui préserve de la fumée

en même temps qu'elle renvoie plus de chaleur que les autres ; par M. LE COUSTINIER DE COURCY. (Brev. d'inv.)

Les cheminées portatives en tôle ou en terre cuite, qui se placent dans les cheminées ordinaires, etc. ; par Julien LEROY, ( Brev et d'inv. )

Les cheminées portatives fumivores perfectionnées, d'André MILLET. ( Brevet d'inv. )

Les cheminées fumifuges de Mich. ODDO. (Brev. d'inv.)

L'appareil fumifuge propre à être adapté à toutes les cheminées ; par M. R. GASTON. ( Brevet d'inv. )

Les moules, ustensiles et procédés pour confectionner les cheminées et fourneaux ; par M. Jul. LEROY. (Br. d'inv.)

La machine thermanémique de M. LAINGEL. (Br. d'inv.)

Les nouvelles mitres de cheminées de M. CHEDEBOIS. ( Brevet d'inv. )

Les appareils et procédés propres à la cuisson, de M. MARÉCHAL. (Brevet d'inv.)

L'appareil de NÉRY, pour empêcher les cheminées de fumer.

Les appareils fumifuges de DESARNOD, qui s'appliquent à toutes les cheminées. ( Brevet d'inv. )

Le cylindre creux d'André MILLET, pour empêcher le refoulement de la fumée. ( Brevet d'inv. )

Les poêles de nouvelle construction, de FONZY. ( Brevet d'inv. )

Les appareils de chauffage, de DARCHE. ( Br. d'inv. )

Le calorifère cubique à circulation d'air, de DESARNOD. ( Brevet d'inv. )

Les procédés propres à chauffer les habitations, ateliers, etc. ; par John HAGUE et CROSLBY. (Brev. d'inv.)

La machine à ramoner les cheminées ; par Pierre ARNUT. ( Brevet d'inv. )

Des considérations sur le ramonage et les ramoneurs.

Les cheminées de sir GEORGE ONESYPHORUS PAUL.

Les poêles suédois, russes et chinois.

Les appareils de JEFFREYS, pour condenser la fumée et les vapeurs délétères qui s'élèvent des fourneaux.

Les constructions de tuyaux fumivores de PALISSOT.

Les calorifères à air chaud de WAGENMANN.

Enfin, les découvertes, les perfectionnemens et procédés nouveaux qui ont paru dans les ouvrages et les recueils périodiques les plus modernes.

Il est aisé de voir que le cadre de cet ouvrage a dû être prodigieusement agrandi; en effet, la première édition se composait d'un volume de 350 pages de 26 lignes, 34 lettres à la ligne, tandis que la page de celle-ci est de 44 lignes de 45 lettres. Ainsi, sous le même volume, la deuxième édition contient plus du double de matière que la précédente; le nombre de planches est également doublé: cependant, malgré les grands sacrifices que s'est imposés l'éditeur, pour l'amélioration de ce Manuel, le prix en est resté le même. On doit lui en savoir d'autant plus de gré que cette édition, au lieu d'être un léger badigeonage, comme le sont le plus grand nombre des réimpressions, est au contraire une œuvre consciencieuse qui justifie le titre philanthropique placé en tête du prospectus de sa Collection encyclopédique de Manuels.

Les planches qui accompagnent ces nouveaux documens sont parfaitement exécutées, et ne laissent rien à désirer pour l'exactitude des appareils.

Il serait aussi curieux qu'utile, lorsqu'on donne une nouvelle édition d'un ouvrage, que l'auteur voulût bien faire connaître, avec autant de loyauté, ce qu'il y a de nouveau dans sa publication; le public jugerait aisément, si les additions et corrections correspondent au nouveau titre de l'ouvrage.

---



## AVANT-PROPOS.

IL nous reste peu de traces, peu de données positives sur la manière dont les anciens se chauffaient. Toutefois, il y a lieu de croire qu'ils allumaient un grand feu au milieu d'une pièce, dont le comble était ouvert pour laisser échapper la fumée ; que souvent de simples brasiers portatifs étaient placés dans les salles de réunion pour les échauffer. Les anciens monumens ne présentent aucun indice de cheminées, et c'est au temps de Sénèque que semble en remonter l'invention. Dans l'Ép. 70, ce philosophe dit : « Que » de son temps on inventa de certains tuyaux qu'on mettait » dans les murailles, afin que la fumée du feu que l'on allumait aux bas étages des maisons, passant par ces tuyaux, » échauffât les chambres jusqu'au plus haut étage. »

Les cheminées alors se composaient d'un foyer ouvert de tous côtés, placé près d'un mur, et d'une hotte en forme d'entonnoir établie immédiatement au-dessus pour recevoir et diriger la fumée dans le tuyau qui la conduisait au-dehors.

Depuis le commencement du 15<sup>e</sup> siècle, les foyers ont été entourés et placés dans des enfoncemens, ce qui a fait perdre une portion considérable de la chaleur rayonnante.

Cette amélioration laissa subsister de graves inconvéniens : d'une part, il se dégagait peu de chaleur de ces foyers ; de l'autre, la fumée, s'échappant par l'ouverture trop considérable du devant, incommodait et rendait souvent insupportable le séjour des appartemens. Ces inconvéniens déterminèrent des savans, des physiciens, à s'occuper des moyens d'y remédier. On vit successivement paraître les observations d'Alberty Léon, dans le quinzième siècle ; celles de Cardan, de Philibert Delorme, de Serlio et de Savot dans le 16<sup>e</sup> siècle.

Pour profiter des deux avantages que présentaient séparément le foyer adossé au mur et le foyer placé au milieu des salles, et, pour les combiner ensemble, on imagina les poêles, lesquels, pouvant être placés dans toutes les parties de l'appartement, et dégagant la chaleur de toutes les parties de leur surface, peuvent être disposés de manière à obliger la fumée de suivre la direction d'un tuyau, et à empêcher qu'elle ne se répande dans l'intérieur de l'habitation. Ce fut alors que parut, en 1619, le premier ouvrage sur les poêles, intitulé *Épargne du bois*, par Lestard, qui proposa d'é-



tablir dans ces appareils de chauffage jusqu'à huit chambres les unes au-dessus des autres, dans lesquelles la fumée devait passer avant d'arriver dans le tuyau.

Un conduit, placé sous l'âtre, et communiquant avec l'extérieur, amenait l'air pour activer la combustion; une autre ouverture était destinée à faciliter le renouvellement de l'air de la chambre.

En 1686, Dalesme fit la découverte d'un poêle dans lequel la fumée est obligée de descendre dans le brasier, et de s'y convertir en flamme; cette découverte donna naissance aux *alendiers* (1), et aux foyers *fumivores*.

En 1713, Gauger donna, dans sa *Mécanique du feu*, le système le plus complet de vues et d'expériences sur le chauffage et la ventilation. Cet ouvrage contient une foule d'inventions ingénieuses, qui, de nos jours, ont été présentées comme nouvelles.

En 1745, Franklin fit connaître ce qu'il appela les nouveaux chauffoirs de Pensylvanie.

En 1756, parut la *Caminologie* de don Ebrard, ou *Traité sur les Cheminées*.

En 1763, Montalembert publia des observations sur les poêles russes.

En 1767, le comte C.-J. de Cronstedt écrivit également sur le chauffage. Vers la fin du siècle dernier, et au commencement de celui-ci, parurent le manuscrit de Clavelin, les Mémoires du comte de Rumford, de Guyton-Morveau et de plusieurs autres savans. Enfin, depuis vingt ans, la consommation du bois(2) s'étant accrue dans une progression qui faisait craindre, pour les générations à venir, la pénurie, et même le manque absolu de combustible, beaucoup d'inventions pyrotechniques ont eu lieu; elles ont passé successivement; mais leur existence, pour la plupart du moins, a été si éphémère que, sans les recueils périodiques qui en ont fait mention, elles seraient aujourd'hui ignorées, et l'on aurait moins à s'étonner qu'un aussi grand nombre de tentatives aient été faites pour laisser les choses au point où elles sont.

(1) Grilles de fer sur lesquelles on étend le combustible dans les grands fourneaux.

(2) La rareté de plus en plus sentie du bois de chauffage vient de déterminer le conseil général du département de la Marne à voter une somme de 3,000 fr. pour la recherche de bouillières nouvelles ( *Gazette de France* du 23 septembre 1827. )

La consommation du bois, à Paris, s'est élevée jusqu'à 749,007 voies dans une année, et cela indépendamment de l'emploi du charbon de terre et de la tourbe.



## EXPLICATION

### DE QUELQUES TERMES ET SIGNES EMPLOYÉS DANS CE MANUEL.

*Bouches de chaleur.* Ouvertures pratiquées pour donner issue à l'écoulement de l'air chaud dans un appartement.

*Calorifère, de calor, chaleur, et ferre, porter.* On donne ce nom à des appareils de chauffage, appliqués en général à échauffer de grands ateliers, des magasins, des étuves, des séchoirs, etc., ou une suite de salles dans lesquelles on veut éviter d'avoir un grand nombre de foyers.

*Caminologie* (du grec *καμινος*, cheminée, et *λογος*, science), science des cheminées.

*Dévoitement.* Changement de direction qu'on fait suivre à un tuyau de cheminée, c'est-à-dire qu'après l'avoir monté verticalement, on le dirige obliquement à droite ou à gauche.

*Fuligineux*, de *fuligo*, suie, se dit des gaz colorés, dégagés par la combustion, et qui contiennent une certaine quantité de suie.

*Fumifuge*, de *fumus*, fumée, et de *pheugô*, je chasse, qui chasse la fumée.

*Fumivore*, de *fumus*, fumée, et *vorare*, dévorer. On donne ce nom aux appareils de chauffage dont la disposition particulière a pour objet d'achever la combustion des parties combustibles qui s'échappent avec la fumée.



*Fissure*, de *fissura*, *fento*.

*Languette*. Les fumistes appellent ainsi une cloison en plâtre qu'ils placent dans l'intérieur du tuyau d'une cheminée, pour y former un conduit destiné à amener l'air extérieur dans le voisinage du foyer. Le canal qui résulte de cette disposition est appelé *ventouse*. Voyez ce mot et l'article *Vices de construction des cheminées*.

*Mitre*. Une mitre est composée ordinairement de deux planches, en plâtre, inclinées, qui forment une espèce de toit, ou de quatre de ces planches assemblées en forme de trémie renversée; les unes et les autres se placent sur le sommet des tuyaux des cheminées en les fixant avec du plâtre.

*Unité*. L'unité dont il est question dans ce Manuel est la quantité de chaleur capable d'élever d'un degré centigrade la température d'un kilogramme d'eau.

*Ventouse*. Ouverture pratiquée pour livrer passage à l'air extérieur, ou à de l'air à une température plus basse que celle du lieu échauffé.

= ..... Égale.

× ..... Multiplié par

— ..... Moins.

+ ..... Plus.

: ..... Est à.

:: ..... Comme.

√ ..... Racine carrée.

$\frac{5}{12}$  divisé par ..... ainsi, dans cet exemple, cela signifie 5 divisé par 12.

# MANUEL

DU

## POËLIER-FUMISTE.

### CHAPITRE PREMIER.

Du calorique et de la chaleur. -- Propriétés du calorique. -- Dilatabilité des corps par la chaleur. -- Moyen de mesurer la chaleur ou des thermomètres. -- Des calculs des dilatactions des corps. -- Du changement d'état des corps et du calorique latent. -- De la transmission du calorique. -- De la chaleur spécifique. -- De la combustion. -- Nature de la flamme. -- De l'air. -- De la fumée.

#### ARTICLE PREMIER.

##### *Du calorique et de la chaleur.*

Le calorique est un agent si puissant qu'il paraît avoir été connu de tous les temps, mais sous diverses dénominations.

Les philosophes, les physiciens et les chimistes anciens paraissent n'avoir jamais été d'accord entre eux sur la chaleur. D'après leurs écrits, tantôt on serait porté à croire qu'ils ont confondu la chaleur avec le feu, tantôt il semble qu'ils ont voulu en faire deux êtres distincts.

Aristote et les péripatéticiens définissent la chaleur une qualité ou un accident qui réunit ou qui rassemble des choses homogènes, c'est-à-dire de la même nature et espèce, et qui désunit ou sépare des choses hétérogènes ou de nature différente.

Il paraît que ceux-ci ont regardé la chaleur comme un corps particulier, et qu'ils lui ont attribué les effets que nous attribuons au calorique. Mais, quand même ils eussent voulu exprimer par le mot *chaleur* ce que nous entendons aujourd'hui par le mot *calorique*, la définition qu'ils en donnent est non-seulement insuffisante, mais même quelquefois inexacte. En effet, s'il est des



cas où le calorique réunit deux corps homogènes, il en est aussi d'autres où il produit les mêmes effets sur des substances de diverse nature.

Les épicuriens et autres corpusculaires ont raisonné différemment : ils ont regardé la chaleur comme une espèce de propriété du feu, qui, dans le fond, est le feu même, et qui n'en est distincte que par rapport à notre manière de concevoir. Ils croyaient que la chaleur est la substance volatile du feu réduite en atômes et émanée des corps ignés par un écoulement continuél : ce qui fait que, non-seulement elle chauffe les objets qui sont à sa portée, mais aussi qu'elle les allume lorsque ce sont des corps combustibles, et que c'est de ces corps, ainsi réduits en feu, dont elle se sert pour exciter la flamme. Ils pensaient que ces corpuscules ignés constituent le feu par leur mouvement, tant qu'ils ne sortent point de la sphère de la flamme ; mais, dès qu'ils en sont échappés, ils se dispersent en divers endroits, de sorte qu'ils ne sont appréciables que par le tact.

Cette doctrine, au premier aspect, semble être assez attrayant et se rapprocher un peu de celle des modernes : néanmoins, en l'examinant avec un peu d'attention, on voit combien elle en diffère et surtout combien les conséquences qu'ils en ont déduites sont éloignées de notre manière de voir.

Les philosophes mécaniciens, et en particulier Bacon, Boyle, Newton, ont considéré la chaleur sous un aspect différent : ils n'ont pas cru que ce fût une propriété originellement inhérente à quelque espèce particulière des corps, mais ils l'ont regardée comme une propriété que l'on peut produire dans tous les corps mécaniquement. Bacon, dans son traité de *Forma calidi*, considère la chaleur de la manière suivante : il prétend,

1°. Qu'elle n'est qu'une espèce de mouvement accompagné de plusieurs circonstances particulières ; 2°. que c'est un mouvement par lequel le corps cherche à se dilater et acquérir, par ce moyen, un plus grand volume ; 3°. que ce mouvement doit se faire du centre vers la circonférence et en même temps du bas en haut, ce qu'il croit pouvoir prouver par l'expérience suivante :

Si vous mettez une barre droite au feu, et que vous la teniez verticalement avec la main, elle vous brûlera plutôt que si elle était placée horizontalement ; il en est

qui ont cru le contraire, puisqu'ils ont avancé que le feu tendait toujours en bas (1).

4°. Que ce mouvement n'est pas égal dans tous les corps et qu'il n'existe que dans les plus petites parties. Enfin, il définit la chaleur au mouvement d'extension et d'ondulation dans les plus petites parties d'un corps qui les oblige à s'étendre vers la circonférence et à s'élever un peu.

Descartes et ses sectateurs paraissent se rapprocher un peu de cette opinion. Ce physicien semble croire que le feu n'est produit que par le mouvement et l'arrangement; il va même bien plus loin, puisqu'il pense que toute matière en poudre très-fine peut devenir ce corps de feu, et que cette matière subtile, qu'il appelle son premier élément, est le feu même.

Boyle soutient l'opinion de Descartes, et paraît même la confirmer par plusieurs expériences dans son traité du chaud et du froid.

Newton semble se rapprocher beaucoup de l'opinion de Descartes, surtout dans ce passage où il dit que la terre peut se changer en feu, comme l'eau en terre; ceci peut présenter un double sens: en effet, si ce physicien a prétendu dire que le feu se cache dans l'eau, comme l'eau dans la terre, cette opinion sera la même que celle des modernes, en ce qu'elle supposera que le feu peut se cacher en se combinant ou seulement en s'interposant entre les molécules de la terre; mais, s'il veut prétendre, comme il y a apparence, que la terre peut se transformer en feu, nous dirons que nous pouvons rejeter avec autant de fondement cette supposition que celle qui admettait que l'eau pouvait être changée en terre: erreur qui n'a que trop long-temps existé (2).

On doit se convaincre déjà, par ce que je viens d'exposer, que, jusqu'à présent, tout nous démontre que

(1) On trouvera cette opinion dans un ouvrage intitulé: *Nouveau Traité de Physique sur la pesanteur universelle*.

Voltaire rapporte que, ne sachant à quoi s'en tenir, il fit quelques expériences qui le décidèrent à rejeter toutes ces opinions et qui lui démontrèrent que le feu se répandait également dans tous les sens.

On peut voir les expériences qu'il a faites à ce sujet dans son traité sur le feu.

(2) On sait aujourd'hui que si Boyle et Newton se sont laissés entraîner dans cette idée, ce n'est pas parce qu'ils l'avaient vu, mais parce qu'un chimiste, intime ami de Boyle, lui avait écrit qu'il était parvenu à convertir l'eau en terre par la distillation.

les anciens ont confondu la chaleur avec le feu , c'est aussi ce qui m'a engagé à rapporter ici toutes ces hypothèses.

Une des premières opinions , aussi ancienne que Démocrite , a été renouvelée par quelques auteurs , tels que Homberg , Lemery , Gravesande , etc. , et principalement par Boerhaave.

Homberg croit et prétend même , dans son essai sur le soufre-principe , que le soufre , qui est regardé comme un principe , est le feu pur. D'où il conclut que le feu est un corps particulier aussi ancien que tous les autres.

Le docteur Gravesande adopte assez généralement cette opinion ; mais Lemery , en conciliant ce qu'avaient dit ces deux savans avec sa manière de voir , pousse ce système bien plus loin , comme on peut le voir dans les mémoires de l'Académie des sciences pour l'année 1715.

Muschenbroëck se rapproche du sentiment de Lemery , d'Homberg , de Gravesande : il croit que le feu est un corps particulier qui s'insinue dans les autres ; que ce corps est pesant , qu'il est impénétrable , que ses parties sont très-subtiles ; par conséquent fort solides et fort poreuses , qu'elles sont lisses et à ressort , qu'enfin elles peuvent être ou mues avec beaucoup de rapidité (mouvement nécessaire pour produire de la chaleur ) , ou en repos , comme dans les pores des corps.

Voltaire (1) regarde aussi le feu comme un être particulier répandu dans tous les corps de la nature , puisqu'il dit , dans un passage : « Les hommes ne peuvent point produire du feu , ils peuvent seulement manifester ou décéler celui que la nature a mis dans les corps , en lui communiquant de nouveaux mouvemens. » Ce grand homme paraît avoir confondu la lumière et la chaleur avec le feu , en avançant que c'était , en général , de la masse , de la quantité et du mouvement du feu que dépendaient la chaleur et la lumière ; il croyait que le feu était le seul corps qui éclairait et qui brûlait ; ce qui , de nos jours , n'est pas tout-à-fait considéré ainsi ; tenant encore un peu du cartésianisme , il a cru devoir déterminer la forme des molécules du feu , et il a pensé que la forme ronde était celle qui était la plus convenable et la seule qui pût s'accorder avec un mouvement égal en tous sens. Quant à sa couleur , confondant toujours cet être avec la lu-

(1) *Loco citato.*

mière, il l'a considérée comme composée des sept rayons que Newton y avait trouvés (1).

Le célèbre Boerhaave, considérant le feu en chimiste et en physicien, est un de ceux dont l'opinion s'accorde le plus avec celle des modernes : c'est dans son excellent ouvrage de chimie, à l'article *Feu*, qu'il développe et qu'il fait paraître, comme sous un nouveau jour, les idées du chimiste dont nous avons parlé (2). C'est dans cet ouvrage que les nouveaux chimistes ont puisé une foule de faits dont ils se sont servi avec avantage pour établir leur nouvelle théorie.

Boerhaave, après avoir examiné les signes qui caractérisent le feu, croit que ni la lumière, ni la couleur ne peuvent pas être des signes certains de la présence du feu, comme on l'avait pensé, mais que ceux qui peuvent nous faire connaître ce fluide lorsqu'il est en action, c'est-à-dire dans un état de liberté, sont la chaleur, la dilatation de tous les corps, etc. ; c'est aussi ce qui l'a porté, en se résumant, à le considérer de la manière suivante :

« J'entends par feu une chose qui, quoique inconnue de sa nature, nous démontre, par la propriété qu'elle a de pénétrer et de dilater tous les corps, que nous devons la considérer comme un être particulier, puisqu'il est le seul qui jouisse de cette propriété (3). On verra, lorsque j'exposerai le sentiment des modernes, que c'est à-peu-près la même doctrine.

Stahl et ses sectateurs ont considéré le feu sous deux points de vue : 1° comme principe de la chaleur.

Il paraît que ce célèbre chimiste a cru que le feu, la chaleur et la flamme étaient trois êtres qui ne différaient entre eux que du plus au moins ; il semble même qu'il croyait que le feu et la chaleur ne différaient que par leur action ; puisqu'en parlant des effets de la chaleur et du feu, il dit : « *Differunt saltem ab invicem gradibus : ignis enim rapidissimus et vehementissimus fluidi ætherici in particulis sulphureis motus est, acre egens ceu pabulo, corpora mixta varia destruens ; calor autem motus est identidem ætheris intestinus, vehemens, sed meliori*

(1) Les rayons, dans la composition de la lumière, se présentent dans l'ordre suivant : l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, le pourpre et le violet.

(2) Homberg, Lemery, Gravesande, etc.

(3) *Chimie de Boerhaave*, traduction française, tome premier, à l'article *Feu*.



in gradu quam in igne unde equidem alterat, ipsaque liquidiora et fluidiora reddit, at non æque destruit (1). »

2°. Comme un des matériaux ou principe de la composition des corps, c'est ce que les autres chimistes ont désigné par divers noms, tels que ceux de soufre, principe sulfureux, feu fixe, principe huileux, terre inflammable ; tous ces noms correspondent au phlogiston ou phlogistique de Stahl.

Schæèle, considérant attentivement la lumière et le feu, a cru, d'après plusieurs expériences qu'il a faites pour rechercher la nature de ces deux êtres, pouvoir en conclure que le feu était un composé d'air du feu ou oxygène et de phlogistique ou feu fixé ; il pense même qu'il ne diffère de la lumière qu'en ce qu'il contient moins de ce feu principe (2).

M<sup>r</sup> T. Bergman est de l'avis de Schæèle, puisqu'il dit, dans un avant-propos qu'il a inséré dans le traité de ce chimiste, que j'ai déjà cité : qu'ayant répété les expériences qu'il a faites pour reconnaître la nature du feu et de la lumière, il les a trouvées parfaitement justes. Il pense que si, dans la suite, on fait des recherches plus précises, le principal n'en sera pas moins bon, parce qu'il est fondé sur des expériences multipliées et concordantes. De là, il conclut que la lumière, la chaleur et le feu sont, d'après leurs matières-principes, la même chose que l'air pur et le phlogistique. Guyton-Morveau, dans les notes qu'il a ajoutées à l'ouvrage de Bergman, paraît ne pas être de son avis, du moins quant à l'action du calorique, puisqu'il dit qu'il n'est pas besoin de regarder le feu élémentaire comme un être passif, qu'il semble qu'on pourrait mieux expliquer les divers phénomènes en le considérant comme un être particulier et se servant des affinités, moyen qu'a employé Bergman pour rendre raison d'une foule de phénomènes de la manière la plus heureuse et la plus vraisemblable (3).

Outre les diverses opinions que je viens de parcourir, et qui ont été, comme on peut s'en convaincre par l'exposé succinct que j'en ai fait, tantôt préconisées par

(1) Stahl, *Fundamenta chymicæ*, part. II. trac. 1. page 19.

(2) On peut voir dans son excellent traité de l'air et du feu les expériences qu'il a faites à ce sujet.

(3) Opuscules chimiques de M. T. Bergman, tom. 1, p. 249.

les uns, et tantôt rejetées par les autres ; il en est encore plusieurs que je laisserai de côté de peur d'être trop long. Je me contenterai d'insister sur les deux dernières que je vais exposer.

La première est celle qu'avaient adoptée presque tous les savans avant l'époque heureuse de la révolution chimique. La seconde est celle qui a été émise depuis cette époque, et qui, aujourd'hui, est le plus généralement reçue.

Ceux qui soutiennent la première opinion pensent qu'il n'existe *a priori* aucune matière à laquelle on puisse donner le nom de feu, et que la chaleur n'est que le résultat des mouvemens insensibles de la matière. Buffon, qui penche pour cette opinion, croit que le développement du feu doit être attribué exclusivement au mouvement, au choc ou au frottement des molécules les unes sur les autres, puisqu'il avance (1) que, si l'homme était privé du feu, il ne pourrait s'en procurer qu'en frottant ou en choquant des corps solides les uns contre les autres. Il ajoute un peu plus bas que le feu qui est produit quelquefois par la fermentation des herbes entassées, que celui qui se manifeste dans les effervescences, ne contredit pas ce qu'il a avancé, puisque, dans ce cas, il n'est produit, selon lui, que par le mouvement ou le choc des parties les unes contre les autres. Aujourd'hui, que le flambeau de la chimie nous a un peu éclairés, nous pouvons aisément prouver que ces phénomènes tiennent à d'autres causes ; que, loin d'être cachées comme on le supposait alors, sont à présent presque palpables. Bacon, Macquer, et plusieurs autres sont du même avis : tous pensent que le feu ne peut être produit que par le mouvement, le choc ou le frottement.

Voici les principaux faits sur lesquels ils s'étaient, à-peu-près comme les rapporte Fourcroy (2).

Parce que la chaleur suit presque tous les phénomènes du mouvement et qu'elle obéit aux mêmes lois ; parce que, lorsque la cause mécanique qui la produit se ralentit ou cesse entièrement, la chaleur diminue et se dissipe bientôt (3) ; pour faire encore mieux concevoir

(1) Buffon t premier volume des *Supp. d'hist. naturelle*.

(2) *Elémens d'Histoire naturelle et de Chimie*, par Fourcroy, tome 1, page 118.

(3) On verra, dans la suite, que les lois que suit la chaleur ne sont pas les mêmes que celles du mouvement, puisque, comme tous les autres corps, elle jouit de ses affinités.

leur hypothèse , ils admettent que tous les corps étant remplis d'une grande quantité de pores, les molécules se trouvent entourées de vides qui leur permettent de se mouvoir les unes sur les autres. Si ces oscillations ne sont pas visibles, c'est qu'elles ont lieu entre des parties si déliées , qu'elles échappent à notre vue tout comme les pores des corps. Enfin, ce qui les détermine à penser ainsi, c'est qu'on n'a pas encore pu en déterminer la nature, ni la pesanteur.

Cette hypothèse a eu beaucoup de sectateurs. Lavoisier et Laplace, zélés partisans d'une opinion contraire, disent eux-mêmes que, dans certains cas, ces deux opinions pourraient bien exister toutes deux à la fois, principalement lorsqu'on développe du feu par le choc ou le frottement. Mais, quoiqu'il paraisse que cette théorie explique ce fait d'une manière très-vraisemblable, nous verrons cependant que celle des modernes dont je vais parler nous rend raison de tous les phénomènes qui se présentent avec plus de méthode, de clarté et de vraisemblance.

Les chimistes et physiciens modernes désignent sous la dénomination de *calorique* cet être que les anciens ont appelé *chaleur*, *principe inflammable*, *phlogistique*, *acide fluide igné*, *matière de la chaleur*, etc. Bien loin de confondre, comme eux, la chaleur avec ce fluide, ils ont parfaitement prouvé combien il était essentiel de la distinguer ; car la chaleur n'est rien par elle-même, c'est-à-dire qu'elle n'est point un corps comme plusieurs l'ont prétendu. En effet, cette dénomination n'exprime que la sensation que nous fait éprouver le calorique dans son état de liberté. Il paraît qu'ils ont très-bien rendu leur idée, en disant que la chaleur était au calorique ce que l'effet est à la cause.

Nous allons maintenant passer en revue les principales propriétés du calorique bien constatées par les faits.

Le calorique est un fluide invisible et impondérable ou du moins *impondéré* qui pénètre tous les corps, s'interpose entre leurs molécules, les dilate et les fait passer de l'état solide à l'état liquide, et de celui-ci à l'état gazeux. Son existence matérielle ne saurait être démontrée que par ses effets et surtout par celui qui est connu sous le nom de *chaleur*, qui, comme nous l'avons déjà dit, n'est autre chose que la sensation que nous fait éprouver le calorique.

Voici maintenant ses principales propriétés.

*Impondérabilité du calorique.* Le calorique est regardé comme un corps qui n'a aucune pesanteur, ou, si l'on veut, comme un corps impondérable. Cette opinion était également celle des anciens. *Omnia præter ignem pondus*, dit Aristote. Pour constater cette impondérabilité, on met dans un flacon de l'acide sulfurique à 66° et dans un autre de l'eau; après les avoir sondés ensemble et avoir exactement pesé le tout, on mêle l'eau avec l'acide; il se dégage aussitôt une grande quantité de calorique; malgré cela, quand cet appareil est revenu à la température ordinaire, il se trouve qu'il n'a rien perdu de son poids.

*Équilibre du calorique.* Le calorique tend constamment à se mettre en équilibre dans tous les corps, et c'est, à proprement parler, ce qui constitue le chauffage et le refroidissement. Ainsi, lorsqu'on touche un objet dont la température est au-dessus ou au-dessous de celle du corps humain, l'on éprouve soudain un sentiment de froid ou de chaud. Cela tient à ce que, dans le premier cas, il y a soustraction de calorique de notre corps qui, se trouvant en contact avec l'objet moins chaud que lui, se met à son niveau de température. Dans le second cas, la sensation de la chaleur que nous éprouvons est due au calorique du corps touché qui passe dans celui qui le touche. Cet équilibre du calorique sert également à expliquer les sensations de froid et de chaud que nous éprouvons, suivant que nous passons d'un lieu chaud dans un lieu froid, et *vice versa*. Voilà pourquoi l'on trouve frais en été et chaud en hiver les lieux où règne une température constante, comme celle des caves qui est de 10 degrés + 0.

*Attraction et répulsion du calorique.* Le calorique obéit, comme tous les corps, aux lois de l'attraction. On le démontre en dirigeant un rayon solaire sur un prisme; on voit alors qu'après les sept rayons colorés, au-delà de celui qui est le moins réfracté, il en existe un qui n'est pas lumineux, mais calorifique. Toutes les molécules du calorique jouissent d'une force répulsive qu'elles communiquent aux autres corps avec lesquels on les met en contact, comme le prouve leur passage à l'état liquide et gazeux; cette force répulsive est connue sous le nom d'*élasticité*; nous y reviendrons en parlant de la dilatabilité.



La connaissance de la plupart des phénomènes dépendant du calorique est indispensable à celui qui veut comprendre, dans tous ses développemens, la théorie des appareils de chauffage. C'est à cet objet que sont consacrés les articles suivans, dont nous écarterons avec soin tout ce qui ne se rattacherait pas directement au sujet de cet ouvrage :

## ARTICLE 2.

*De la dilatabilité des corps par la chaleur.*

L'action du calorique sur les corps ne se borne pas aux sensations de chaud et de froid qu'éprouvent les êtres animés. Un effet beaucoup plus général, puisqu'il s'étend aux corps inorganiques, c'est le changement de volume qui résulte constamment des variations de la chaleur. Cet effet consiste en ce qu'un corps quelconque, *solide, liquide, ou gazeux, se dilate*, c'est-à-dire, augmente de volume, à mesure que sa chaleur vient à augmenter, tandis qu'il *se contracte*, ou se réduit à un moindre volume, quand la chaleur diminue, de telle sorte que le même volume correspond toujours au même degré de chaleur. Donnons quelques exemples de ces phénomènes.

Si l'on prend une barre de fer qui, à froid, s'ajuste exactement entre deux points fixes, et qu'on la fasse rougir, elle deviendra trop longue pour reprendre sa place; mais elle se contractera en se refroidissant, et, quand elle sera revenue à sa chaleur primitive, elle pourra être remplacée entre les points fixes. En voici de nouvelles preuves : si l'on prend un anneau de fer dans lequel entre juste une barre de ce métal, et, qu'après avoir fait chauffer cette barre, on la présente à cet anneau, l'augmentation de volume qu'elle aura acquise sera telle qu'elle ne pourra passer à travers cet anneau que lorsqu'elle sera refroidie. Si l'on applique sur une surface plane et lisse d'un morceau de bois très-sec un poinçon sur lequel on aura tracé un poinçon en relief, et qu'après lui avoir fait subir une forte pression, on le rabote jusqu'à ce que la surface soit unie; en le plongeant ensuite dans l'eau bouillante, on voit paraître en relief le dessin précité. C'est ainsi qu'on fait les boîtes de ben qui paraissent sculptées, etc.

On mesure la dilatation des solides au moyen d'une

tige métallique qu'on chauffe; celle-ci, en se dilatant comprime un levier qui, se combinant avec des rouages fait tourner une aiguille autour d'un cercle gradué.

Lorsqu'un objet est chauffé ou refroidi d'une manière brusque dans quelques-uns de ses points seulement, il éprouve des mouvemens partiels de dilatation ou de contraction qui déterminent, dans beaucoup de cas, la séparation de ses parties. Telle est fréquemment la cause de la rupture des vases de verre, de faïence, ou même de fer coulé, et c'est ce qui arrive aussi très-souvent aux tablettes des poêles en marbre ou en faïence, surtout lorsqu'elles sont en contact avec le tuyau à fumée.

La dilatation des liquides peut s'observer au moyen d'un tube de verre terminé par une boule que l'on remplit, ainsi qu'une partie du tube, par de l'alcool, du mercure, ou tout autre liquide. Si l'on plonge la boule dans l'eau chaude, la surface du liquide s'élèvera aussitôt dans le tube; elle s'abaissera par le refroidissement.

Enfin, l'on peut se faire une idée de la dilatation des gaz par la chaleur, en prenant un tube semblable au précédent et en n'y introduisant qu'une seule bulle de liquide pour servir d'*index*, la boule et la portion du tube comprises entre elles et l'*index*, devant rester vides, ou, pour mieux dire, remplies d'air. On verra l'*index* s'écarter ou se rapprocher de la boule, suivant que celle-ci sera chauffée ou refroidie, ce qui est une preuve évidente des changemens de volume que subit l'air renfermé dans la boule.

Il faut bien se garder de considérer comme une exception à la loi que nous venons d'indiquer, le retrait qu'éprouvent, lorsqu'on les chauffent, les corps organisés et même quelques substances minérales. Si le bois, le cuir, l'argile, etc., se retirent sur eux-mêmes en présence du feu, c'est qu'ils contiennent des parties liquides qui sont chassées par la chaleur. Dans ce cas même, la dilatation a toujours lieu, mais le retrait produit par la dessiccation est plus grand qu'elle, et il en marque complètement l'effet.

L'action du calorique sur les corps, énoncée au commencement de cet article, est donc une vérité incontestable, et l'on reconnaîtra, sans peine, qu'elle fournit un moyen très-simple de mesurer les *températures*, c'est à-dire, les divers degrés d'énergie de la chaleur. Te



sont le principe et le but des instrumens nommés *thermomètres*, dont nous allons expliquer la construction.

## ARTICLE 3.

*Des moyens de mesurer la chaleur.*

Les thermomètres étant destinés à indiquer les divers degrés de chaleur au moyen des divers états de volume correspondans, on conçoit, d'après ce qui a été dit ci-dessus, que ces instrumens peuvent être exécutés indifféremment avec des matières solides, liquides ou gazeuses. L'on construit en effet des thermomètres métalliques, que l'on nomme aussi *pyromètres*, quand on les emploie à l'appréciation des températures très-élevées; des thermomètres à esprit de vin coloré et à mercure, et, enfin, des thermomètres à air, qui sont, sans contredit, les plus exacts, à cause de la propriété dont les gaz jouissent exclusivement de se dilater d'une manière parfaitement uniforme.

Néanmoins, de ces diverses sortes d'instrumens, les seuls qui soient d'un usage général sont les thermomètres à liquides, et ce seront aussi les seuls dont nous nous occuperons.

Ils consistent, comme on a eu déjà l'occasion de le dire, en un tube de verre terminé, à sa partie inférieure, par une boule, et renfermant ordinairement du mercure ou de l'alcool; ce tube est fixé sur une petite planche qui porte une échelle divisée en parties égales, appelées *degrés*. Les points fixes de l'échelle indiquent la température de la glace fondante et de l'eau bouillante. Les nombres qui désignent ces points sont arbitraires et varient dans les différens thermomètres ainsi qu'on va l'expliquer.

Pour déterminer la position du point inférieur, on plonge le tube dans de la glace en fusion, et, lorsque la surface du liquide cesse de s'abaisser, elle détermine la position de ce point; pour déterminer la position de l'autre, on plonge le tube dans de l'eau bouillante, et la hauteur à laquelle se fixe le liquide marque le point supérieur.

*Thermomètre de Réaumur.*

Le thermomètre de Réaumur est le plus usité en France, Sur ce thermomètre le point marqué 0 indique

la température de la glace fondante; le point coté 80 indique la chaleur de l'eau à l'état d'ébullition. L'espace compris entre ces deux points est divisé en 80 parties égales, dont on porte un certain nombre au-dessus de 80 et au-dessous de 0, pour l'appréciation des températures plus élevées que celle de l'eau bouillante et plus basses que celle de la glace en fusion.

*Thermomètre centigrade ou de Celsius.*

Ce thermomètre, usité en France et en Suède, comprend, du point de congélation marqué 0 à celui de l'eau bouillante, 100 parties égales.

*Thermomètre de Fahrenheit.*

Cet instrument est généralement en usage en Angleterre. Le point de son échelle qui indique la glace fondante est coté 32, et celui de l'ébullition de l'eau, 212, ce qui fait 180 degrés entre ces deux points.

*Comparaison des échelles thermométriques.*

Connaissant les échelles de ces trois thermomètres, il est facile de transformer leurs degrés les uns dans les autres. En effet, 80° Réaumur valant 100° centigrades, 1° R. vaudra  $100/80$  ou  $5/4$  de degré centigrade; donc :

*Pour convertir un certain nombre de degrés Réaumur en degrés centigrades, il faudra multiplier ce nombre par 5, puis diviser le produit par 4. Exemple : 24° R. =  $5/4 \times 24$ ° C. = 30° C.*

Réciproquement, *pour convertir un certain nombre de degrés centigrades en degrés Réaumur, il faudra en prendre les  $4/5$ . Exemple : 25° C. =  $4/5$  25° R. = 20° R.*

Quant aux degrés Fahrenheit, puisque l'intervalle des points fixés y est divisé en 180 degrés, ce nombre équivaut à 100° centigrades et par conséquent 1° F. vaut  $100/180$  ou  $5/9$  de degré centigrade. Comme d'ailleurs la glace fondante y est cotée 32 au lieu de zéro, on en déduit la règle suivante :

*Pour exprimer en degrés centigrades une température donnée en degrés Fahrenheit, on en retranchera 32 et on prendra les  $5/9$  du reste. Exemple : 41° F. =  $5/9$  (41 - 32)° C. = 5° C.; autre exemple : 14° F. =  $5/9$  (14 - 32)° C. = - 10° C. Dans cette expression - 10° C. le signe - indique qu'il s'agit de degrés au-dessous de la glace.*

Réciproquement, *une température étant donnée en de-*





grés centigrades, on la convertira en degrés Fahrenheit en la multipliant par 9, divisant le produit par 5 et ajoutant 32 au résultat. Exemple :  $15^{\circ} \text{C.} = \frac{9}{5} \times 15^{\circ} \text{F.} + 32^{\circ} \text{F.} = 59^{\circ} \text{F.}$  ; autre exemple :  $-5^{\circ} \text{C.} = -\frac{9}{5} \times 5^{\circ} \text{F.} + 32^{\circ} \text{F.} = 23^{\circ} \text{F.}$

Si l'on a besoin de transformer des degrés Fahrenheit en degrés Réaumur et réciproquement, on pourra se servir des deux règles précédentes, en ayant soin d'observer que,  $1^{\circ}$  Fahrenheit équivalant à  $\frac{4}{9}$  de degré Réaumur ; il est nécessaire d'y substituer  $\frac{4}{9}$  à  $\frac{5}{9}$  et  $\frac{9}{4}$  à  $\frac{9}{5}$ .

## ARTICLE 4.

*Du calcul des dilatations.*

La dilatabilité par la chaleur est une propriété étroitement liée au sujet de ce manuel, soit à cause de la force motrice qu'elle développe dans les gaz, soit par les accidens qui peuvent en résulter lorsqu'elle agit sur les corps solides. Il est donc indispensable que nous indiquions les résultats d'expérience et les procédés de calcul qui se rapportent à la mesure des dilatations dans ces deux espèces de corps.

*Dilatation des corps solides.*

On appelle *dilatation linéaire* l'allongement qu'un corps éprouve dans le sens d'une de ses dimensions.

Lorsqu'un corps est de forme cubique, la dilatation qui affecte son volume prend aussi le nom de *dilatation cubique*. Comme un pareil corps se dilate nécessairement de la même quantité, suivant chacune de ses dimensions, on dit que *la dilatation cubique est le triple de la dilatation linéaire*. A la vérité, ce principe n'est pas rigoureusement exact ; mais, dans la pratique, il ne peut entraîner d'erreur appréciable, la dilatation des corps solides n'étant jamais qu'une quantité très-petite comparativement à leurs dimensions.

Si, au lieu d'un cube, il s'agit d'un corps de forme quelconque, la recherche de sa dilatation en volume n'offrira pas plus de difficulté, puisque l'on pourra toujours *cuber* ce corps, c'est-à-dire, le représenter par le nombre de fois qu'il contiendra un certain cube pris pour unité de mesure, et dont la dilatation cubique, répétée le même nombre de fois, donnera celle du corps proposé.

Tout se réduit donc à la connaissance des dilatations linéaires. Le tableau ci-après contient celles que nous avons jugées pouvoir être de quelque utilité.

Tableau des dilatations linéaires.

DÉSIGNATION. des SUBSTANCES.	DILATATIONS pour 1° CENTIGRADE.
Fer forgé.....	0.000012
Fonte.....	0.000011
Cuivre rouge.....	0.000017
Cuivre jaune fondu.....	0.000019
Plomb.....	0.000028
Zinc.....	0.000050

Chacun des nombres contenus dans la 2<sup>e</sup> colonne de ce tableau indique, pour la substance qui est en regard, le rapport entre l'allongement que prendrait, par chaque degré centigrade, une barre formée de cette substance, et la longueur de cette barre mesurée à la température de 0°.

Il résulte de là que, à partir de 0°, l'allongement d'un corps sera un produit composé de la longueur de ce corps, de la dilatation du tableau qui appartient à la substance dont il est formé, et de la température exprimée en degrés centigrades.

*Exemple :* Un conduit de fonte ayant 20<sup>m</sup> de long à 0°, s'allongera à 100° C. de  $20^m \times 0.000011 \times 100 = 0^m 022$ .

Si la température à laquelle le conduit a été mesuré diffère de 0°, il faudra, pour opérer rigoureusement, commencer par calculer la longueur à 0°, puis appliquer à ce résultat la règle ci-dessus. Mais il sera bien assez exact de multiplier tout de suite la longueur donnée par la dilatation et par la différence des deux températures.

*Exemple :* Un conduit de fonte ayant 20<sup>m</sup> 022 à 100° C. s'allongera, à 500° C., de  $20^m 022 \times 0.000011 \times (500 - 100) = 0^m 044.0484$ . Ce résultat approximatif





ne diffère pas d'un vingtième de millimètre de celui qu'on aurait obtenu en procédant rigoureusement.

Supposons maintenant, comme exemple du calcul relatif à la dilatation en volume, que l'on demande celle qu'éprouvera, en passant de  $10^{\circ}$  C. à  $300^{\circ}$  C., une masse de zinc de  $2^m$  00 sur  $2^m$  00 et  $1^m$  50. Son volume sera  $2^m \times 2^m \times 1^m$  5 ou 6 mètres cubes, et, comme la dilatation cubique vaut 3 fois la dilatation linéaire, le résultat cherché sera de  $6^m$  cubes  $\times 3 \times 0.000030 \times (300 - 10) = 0^m$  cube 108.

L'expérience et le raisonnement s'accordent pour faire voir qu'un corps creux se dilate comme s'il était plein. Ainsi, la contenance d'une chaudière de zinc, des mêmes dimensions que la masse ci-dessus, augmenterait de 108 litres en élevant la température de  $290^{\circ}$  C.

#### *Dilatation des gaz.*

Tous les gaz ont la même dilatation, qui est de  $1/267$  ou 0.00375 de leur volume à  $0^{\circ}$ , pour chaque degré du thermomètre centigrade.

D'après cela, pour avoir l'augmentation de volume qu'un gaz quelconque éprouve à partir de  $0^{\circ}$ , il faut multiplier son volume par la fraction 0.00375 et par le nombre de degrés centigrades qui exprime la nouvelle température.

*Exemple :* Le volume d'un gaz à  $0^{\circ}$  étant 1 mètre cube, l'augmentation à  $100^{\circ}$  sera  $1^m$  cube  $\times 0.00375 \times 100 = 0^m$  cube 375, et par conséquent le volume deviendra  $1^m$  cube 375.

Si le volume du gaz est donné à toute autre température que  $0^{\circ}$ , on ne pourra opérer comme pour les corps solides dont les dilatations sont bien plus petites que celles des gaz, et il faudra, de toute nécessité, commencer par ramener le volume donné à la température de  $0^{\circ}$ , en procédant comme l'indique l'exemple ci-après :

Soit  $4^m$  cubes 125 le volume d'un gaz à  $100^{\circ}$ ; comme 1 mètre cube devient  $1^m$  cube 375, en passant de  $0^{\circ}$  à la même température, on pourra établir la proportion

$1.375$  (volume à  $100^{\circ}$ ) :  $1$  (volume à  $0^{\circ}$ ).  
::  $4^m$  \* 125 (volume à  $100^{\circ}$ ) :  $x$  (volume cherché à  $0^{\circ}$ ),  
d'où  $x = 1 \times 4^m$  \* 125 = 3 mètres cubes.

1.375

Ce premier résultat obtenu, on pourra facilement calculer la dilatation pour une température donnée, au moyen



de la règle ci-dessus. L'on trouvera, par exemple, pour  $266^{\circ} \frac{2}{3}$ ,  $3^m$  cubes  $\times 0.00375 \times 266 \frac{2}{3} = 0.00375 \times 800^m$  cubes = 3 mètres cubes; le volume correspondant à cette température sera donc de 6 mètres cubes, et, comme il est de  $4^m$  cubes 125 à  $100^{\circ}$ , on voit que, pour une augmentation de température de  $166^{\circ} \frac{2}{3}$ ,  $4^m$  cubes 125 de gaz à  $100^{\circ}$  se dilatent de  $6^m$  cubes 000 —  $4^m$  cubes 125 =  $1^m$  cube 875.

Les gaz jouissent à un haut degré de la propriété d'être dilatés par le calorique, puisque leur volume se double lorsque la température monte de  $0^{\circ}$  à  $266^{\circ} \frac{2}{3}$ . Dans cet état de raréfaction, la même quantité de matière se trouvant dispersée dans un espace double, on dit que le gaz est deux fois moins dense, ou bien que sa densité est deux fois moindre que dans l'état primitif.

En général, les densités, que l'on nomme aussi *pesanteurs spécifiques*, sont, à poids égal, en raison inverse des volumes. Le tableau suivant contient différentes densités qu'il est bon de contracter.

DÉSIGNATION	DENSITÉS,
des	Celle de l'eau étant 1000, ou poids du mètre cube, en kilogrammes, à $0^{\circ}$ et à $0^m 76$ de pression.
G A Z.	
Air atmosphérique....	1.2991
Acide carbonique.....	1.9805
Oxigène.....	1.4323
Hydrogène bi-carboné.	1.2752
Azote.....	1.2675
Hydrogène proto-carboné.....	0.7270
Hydrogène.....	0.0894

*Du changement d'état des corps et du calorique latent.*

Lorsqu'on soumet un corps solide à l'action d'une chaleur croissante, le corps finit par entrer en fusion, et, au bout d'un certain temps, il a passé totalement de l'état solide à l'état liquide. Cette transformation est accompagnée d'un phénomène qui mérite d'être remarqué. Aussitôt qu'elle commence, et tout le temps de sa durée, la température du corps ne prend plus aucun accroissement, quelle que soit l'activité du feu, en sorte que toute l'action de la chaleur qui s'accumule dans le corps est employée à opérer sa fusion. Cette portion de calorique, qui cesse ainsi d'être *sensible* au thermomètre, se nomme *calorique latent*.

Lorsque la fusion est complète et si l'action de la chaleur continue, celle qui s'accumule dans le corps redevient sensible jusqu'à ce qu'elle ait atteint le degré de l'ébullition, point où se manifeste un phénomène entièrement semblable à celui qui vient d'être indiqué, c'est-à-dire, que la température du corps cesse d'augmenter et que tout le calorique qu'il reçoit, pendant la durée de son ébullition, est employé uniquement à le faire passer de l'état liquide à l'état de vapeur.

Dans la réalité nous ne pouvons pas produire ces effets sur tous les corps de la nature. Le nombre de ceux qui sont susceptibles de prendre les trois états, solide, liquide et gazeux, est même extrêmement restreint ; mais il est plus que probable que cela tient uniquement à la faiblesse relative des moyens connus de faire varier les températures. Remarquons toutefois qu'il existe un grand nombre de corps formés de la réunion de plusieurs autres, et qui se décomposent plutôt que de changer d'état. Telles sont, pour la plupart, les substances végétales et animales.

Pour donner un exemple des phénomènes exposés ci-dessus, et, en même temps, des procédés que l'on emploie pour les constater, supposons que l'on prenne 1 k. de glace à 0° et qu'on veuille la fondre au moyen de la chaleur contenue dans un égal poids d'eau à 75°. Après avoir opéré le mélange, on verra la glace se li-

quiescer et la chaleur de l'eau décroître avec une égale rapidité; enfin, quand la fusion sera complète, la température du mélange ne sera plus que de  $0^{\circ}$ . Cette expérience montre donc que le calorique absorbé par la liquéfaction de 1 k. de glace fondante, est égal à celui qui élèverait la température d'un même poids d'eau, de  $0^{\circ}$  à  $75$ .

Le calorique latent que l'eau absorbe en se vaporisant est beaucoup plus considérable encore; car celui que contient 1 k. de vapeur formée à l'air libre serait capable d'élever de  $0^{\circ}$  à  $100^{\circ}$  la température de 5 k. 50 d'eau. Ce fait explique très-bien l'avantage que l'on trouve à donner au bois de chauffage, avant de l'employer, la plus grande dessiccation possible. On économise par là toute la chaleur nécessaire pour vaporiser l'eau dont le bois se trouve débarrassé.

Le retour des corps de l'état gazeux à l'état liquide, et de celui-ci à l'état solide, est accompagné de circonstances analogues à celles que nous venons de décrire. On concevra sans peine que le calorique qui avait été absorbé pendant la fusion et la vaporisation est intégralement reproduit par les changemens inverses.

#### ARTICLE 6.

##### *De la transmission du calorique.*

Tout le monde sait que, lorsqu'on met en contact deux corps dont les températures sont différentes, le plus chaud cède progressivement une partie de sa chaleur au plus froid, de sorte que, par leur influence réciproque, ils finissent par se trouver au même degré de température.

Ce phénomène a encore lieu lorsque les corps ne sont pas en contact, et, dans ce cas, il ne faut pas croire que l'échange de leur calorique se fasse au moyen de l'air ou de tout autre fluide qui serait interposé entr'eux; car on s'assure, avec la machine pneumatique, que les choses se passent de la même manière dans le vide le plus parfait.

Il résulte de cette tendance des corps diversement échauffés à se mettre en *équilibre* de température, que le calorique se meut à travers l'espace et dans l'intérieur des corps. Nous allons faire connaître successi-





vement ces deux modes de propagation du calorique, dont le premier a reçu le nom de *rayonnement*, et dont l'autre est dû à une propriété des corps que l'on nomme *conductibilité*.

### *Rayonnement.*

Le calorique qui cesse d'être engagé dans la masse d'un corps et s'échappe de tous les points de la surface, se nomme *calorique rayonnant*. Il est lancé en ligne droite, dans toutes les directions, avec une extrême vitesse, et, s'il vient à rencontrer une surface polie, les *rayons* dont il est composé se brisent contre cette surface, en prenant de nouvelles directions qui font avec elle les mêmes angles que leurs directions primitives. Ainsi, lorsqu'un rayon incident  $AB$  (*fig. 1, pl. I*) rencontre une surface polie  $CD$ , il est réfléchi sous un *angle de réflexion*  $DBE$ , égal à *l'angle d'incidence*  $ABC$ . De plus, le rayon incident et le rayon réfléchi sont dans un plan perpendiculaire à la surface réfléchissante.

On peut constater ces propriétés du calorique rayonnant au moyen d'un miroir sphérique concave qui, ainsi qu'on le démontre en géométrie, concentre, en un point que l'on nomme *foyer*, tous les rayons qu'il reçoit d'un autre point situé à une certaine distance en avant de sa surface, pourvu que ces rayons soient de nature à se réfléchir suivant un angle égal à celui d'incidence; il faut en outre un thermomètre ou mieux un *thermoscope*, instrument beaucoup plus sensible et qui n'est autre chose qu'une espèce de thermomètre à air, composé de trois branches, dont deux sont parallèles et portent une boule à leur extrémité, et, dont la troisième, qui relie les deux autres, renferme une petite colonne de mercure servant d'*index*.

Si l'on place un corps chaud, tel qu'un cube de fer-blanc rempli d'eau bouillante devant le miroir, et une des boules du thermoscope au foyer, on voit l'*index* se mouvoir instantanément.

Cet appareil peut encore servir à reconnaître la faculté plus ou moins grande des diverses substances pour réfléchir, absorber ou émettre les rayons calorifiques. Il suffit, pour cela, de couvrir successivement d'une couche de la substance à essayer le miroir, la boule du thermoscope, ou la face du cube qui regarde le mi-

roir. C'est par ce moyen qu'ont été constatés les faits suivans :

Le *pouvoir réflecteur*, c'est-à-dire, la faculté de renvoyer une portion plus ou moins grande du calorique qui frappe la surface d'un corps, varie avec la nature et l'état de cette surface. Il est très-grand pour les surfaces blanches et polies, et très-faible pour celles qui sont noires et ternes.

Le *pouvoir absorbant*, ou la faculté qu'ont les corps de retenir une partie des rayons qui tombent sur leur surface, est précisément l'inverse du pouvoir réflecteur, ce qui ne pouvait manquer d'avoir lieu; car il faut bien qu'un corps s'approprie toute la chaleur que sa surface ne renvoie pas, en exceptant, toutefois, le cas où il serait de nature à être traversé par une portion de cette chaleur.

Le *pouvoir émissif* ou *rayonnant* suit la même loi que le pouvoir absorbant. Cela provient sans doute de ce que la surface des corps agit de la même manière sur le calorique, soit qu'il se présente extérieurement, soit qu'il vienne de l'intérieur même du corps. Le tableau ci-après, dans lequel le pouvoir rayonnant de noir de fumée, qui est le plus grand connu, est représenté par 100, et les autres par des nombres proportionnels, fait voir que les surfaces noircies rayonnent 8 fois plus et par conséquent réfléchissent 8 fois moins de calorique que les surfaces métalliques brillantes :

DÉSIGNATION DES SUBSTANCES.	POUVOIRS RAYONNANS.
Noir de fumée . . . . .	100
Eau. . . . .	100
Papier à écrire . . . . .	98
Crown-glass. . . . .	90
Eau glacée. . . . .	85
Mercure. . . . .	20
Plomb brillant. . . . .	19
Fer poli. . . . .	15
Etain, argent, cuivre, or. . . . .	12





Enfin, l'on a reconnu que le calorique rayonnant traverse avec facilité, non-seulement l'air et les autres gaz, mais encore l'eau, le verre et la plupart des corps diaphanes. Néanmoins, il est toujours partiellement absorbé par les milieux qu'il traverse. Le verre, par exemple, ne laisse passer que *la moitié* du calorique émis par la flamme d'un foyer, et moins encore lorsque le corps rayonnant est à une température plus basse.

Les diverses propriétés que nous venons de rapporter trouvent de nombreuses applications dans la construction des appareils de chauffage et dans l'économie domestique. En voici quelques exemples :

La forme à donner aux foyers de cheminée dépend des lois de la réflexion du calorique. Il faut se garder de les peindre en noir, comme on le fait souvent, puisqu'il est reconnu que, dans les surfaces noires, le pouvoir réfléchissant est très-faible.

Le tuyau en cuivre d'un poêle donnera beaucoup plus de chaleur s'il est noir que s'il a son brillant métallique. Un poêle de couleur terne répandra plus de chaleur qu'un poêle à surfaces lisses et brillantes.

Il vaut mieux qu'un vase de métal soit poli et brillant que d'être noirci par la fumée, si l'on veut y conserver la chaleur d'un liquide; c'est le contraire lorsqu'il s'agit d'échauffer ce liquide.

#### *Conductibilité.*

Tous les corps possèdent, à un degré différent, la propriété de recevoir et de transmettre la chaleur. On les range ordinairement, sous ce rapport, en deux classes; la première comprend les corps appelés *bons conducteurs du calorique*; ce sont les métaux, dans l'ordre suivant : 1° l'or; 2° l'argent; 3° le cuivre; 4° le fer; 5° le zinc; 6° l'étain; 7° le plomb.

La 2<sup>e</sup> classe, formée des corps *mauvais conducteurs du calorique*, se compose d'abord des autres corps solides, tels que les pierres, la faïence, les briques et surtout le verre, le bois, les résines et le charbon fortement calciné. On peut en effet, sans craindre de se brûler, faire consumer à la main, presque entièrement, un morceau de bois ou de charbon, enflammer un bâton de cire à cacheter, ou faire fondre un tube de verre, tandis qu'on se brûlerait infailliblement en répétant la même

expérience sur une barre de métal : c'est par cette son que l'on garnit de bois les manches de certains tils et vases métalliques qu'on expose au feu, ce qui rantit la main du contact avec le métal chaud.

Il existe une énorme différence entre les pouvoirs conducteurs des diverses substances que nous venons de mentionner ; on en jugera par le tableau suivant qui contient le résultat des recherches de M. Despretz sur cet objet.

DÉSIGNATION DES SUBSTANCES.	POUVOIRS CONDUCTEURS.
Or.....	100
Argent.....	97
Cuivre.....	90
Fer.....	57
Zinc.....	36
Etain.....	30
Plomb.....	18
Marbre.....	2.4
Porcelaine.....	1.2
Terre des fourneaux.....	1.1

On doit placer au bas de l'échelle des corps mauvais conducteurs du calorique les liquides et les gaz. Lorsqu'on se propose d'échauffer une masse liquide ou gazeuse, c'est toujours à la partie inférieure de cette masse que le foyer de chaleur doit être placé : alors les couches les plus rapprochées du feu s'échauffent, deviennent spécifiquement plus légères, et par conséquent s'élèvent





et sont remplacées par les couches supérieures qui viennent s'échauffer à leur tour. Le même effet peut encore s'obtenir, quoique avec moins d'efficacité, en plaçant le feu latéralement ; mais c'est en vain qu'on chercherait à le produire en échauffant d'abord les couches supérieures. On conçoit qu'elles ne pourraient céder leur place aux couches plus pesantes qui sont au-dessous et auxquelles, d'ailleurs, elles ne transmettraient qu'une portion très-minime de leur calorique, à cause du faible pouvoir conducteur des corps dont il s'agit.

Le refroidissement des liquides et des gaz est soumis à une condition analogue, mais inverse ; car il est évident que les couches supérieures devront être refroidies les premières.

On sait que les tissus de laine, de soie et de coton, les fourrures, le duvet, etc., sont en usage pour concentrer la chaleur du corps, et l'empêcher de se répandre à l'extérieur ; ils doivent cette propriété à l'air qui est renfermé entre leurs filamens, et dont les mouvemens, sans lesquels le transport du calorique ne serait pas possible, sont empêchés par ces filamens eux-mêmes. On met également cette propriété à profit dans les arts : qu'il s'agisse, par exemple, d'empêcher le refroidissement d'une conduite d'eau chaude, on la placera au centre d'un petit canal, plus large en tous sens d'un ou deux pouces, rempli seulement d'air et de quelque substance filamenteuse, et que l'on fermera hermétiquement.

Nous ne terminerons pas cet article sans faire remarquer que le froid n'est autre chose que l'effet d'une perte de calorique. Il n'existe point de rayons frigorifiques, mais, dans l'échange réciproque de la chaleur des corps, les uns en fournissent moins que les autres et sont la cause de leur refroidissement.

#### ARTICLE 7.

##### *De la chaleur spécifique.*

Lorsqu'on veut élever d'un certain nombre de degrés la température d'un corps, il faut lui fournir une quantité de chaleur qui est proportionnelle au poids de ce corps et qui varie avec la nature de sa substance. La première partie de cette proposition est évidente par elle-même ; on peut vérifier la seconde par diverses méthodes, et

entr'autres par celles des *mélanges* que nous allons expliquer.

On a déjà vu, dans l'article précédent, que l'équilibre de température s'établit entre les corps qui sont en présence, de sorte que, quand on mêle ensemble deux liquides à des degrés de chaleur différens, le mélange doit prendre une température uniforme, intermédiaire entre celles dont les deux liquides étaient doués primitivement. L'expérience prouve que cette température uniforme est sensiblement la moyenne entre les deux autres, lorsque les parties mélangées sont d'égal poids et d'une même substance, d'où il suit qu'une masse liquide exige toujours à-peu-près la même quantité de chaleur pour s'élever d'un même nombre de degrés, quelle que soit sa température primitive; mais les choses ne se passeront pas de même si les deux parties, quoique d'égal poids, sont de nature différente. Prenons pour exemple 1 k. d'eau à 0° et 1 k. de mercure à 94°, le mélange, au lieu de prendre la température moyenne de 47°, comme cela serait pour deux parties d'eau, ne se trouvera être qu'à 3°; il en résulte qu'une égale quantité de chaleur ferait monter 1 k. d'eau de 3° et 1 k. de mercure de  $(94 - 3) = 91$ °, ou, ce qui est la même chose, que la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 3°, ou de tout autre nombre de degrés, la température de 1 k. d'eau est  $91/3 = 30.3$  fois plus grande que celle qu'il faudrait employer pour produire le même effet sur un égal poids de mercure.

On appelle *chaleurs spécifiques* ou *capacités calorifiques* des corps les quantités relatives de chaleur qui produiraient une même élévation de température sur un même poids de ces corps. Ainsi, appelant 1 la capacité calorifique de l'eau, celle du mercure serait, d'après ce qui vient d'être dit,  $1/30.3 = 0.033$ . Le tableau suivant contient les chaleurs spécifiques de diverses substances rapportées à celle de l'eau, que l'on prend ordinairement pour unité.





DÉSIGNATION des SUBSTANCES.	CHALEURS SPÉCIFIQUES, celle de l'eau étant 1.
<i>Substances diverses d'après MM. Dulong et Petit.</i>	
Eau.....	1.0000
Plomb.....	0.0295
Mercure.....	0.0550
Étain.....	0.0514
Zinc.....	0.0927
Cuivre.....	0.0949
Fer.....	0.1100
Verre.....	0.1770
<i>Gaz sous une même pression, d'après MM. Delaroché et Bérard.</i>	
Air atmosphérique.....	0.2669
Hydrogène.....	5.2956
Acide carbonique.....	0.2210
Oxigène.....	0.2561
Azote.....	0.2754
Oxide d'azote.....	0.2569
Hydrogène carboné.....	0.4207
Oxide de carbone.....	0.2884
Vapeur d'eau.....	0.8470

En formant ce tableau, où l'on a pris pour moitié la chaleur spécifique de l'eau, il était inutile de dire à quel poids, à quelle température, cette chaleur correspond, attendu que les nombres qu'il contient sont des rapports tout-à-fait indépendans de ce poids et de cette température, qui sont supposés être les mêmes pour les diverses substances; mais, dans les applications de la chaleur, on a besoin d'en connaître les quantités absolues,

et, par conséquent, il faut faire choix d'une mesure déterminée et connue à laquelle on puisse rapporter ces quantités. La mesure, ou l'unité la plus généralement en usage pour cet objet est la quantité de chaleur nécessaire pour élever 1 k. d'eau d'un degré centigrade. On dira donc, par exemple, qu'il faut 10 unités de chaleur pour élever 1 k. d'eau de 10 degrés, et  $50 \times 10 = 500$  unités pour élever d'autant 50 kilogrammes d'eau.

## ARTICLE 8.

*De la combustion.*

Les chimistes et les physiciens modernes donnent le nom de *combustion* au dégagement simultané de calorique et de lumière qui accompagne la combinaison chimique des corps avec l'oxygène. Cette dénomination ne doit pas être confondue ni avec celle d'inflammation qui doit être restreinte et appliquée seulement au cas où une substance gazeuse est brûlée, ni avec l'ignition qui n'est autre chose que l'incandescence d'un corps produite par des moyens extérieurs, sans que la constitution chimique de ce corps soit nullement altérée.

Laissant de côté la belle théorie de Stahl, dont les brillantes erreurs conduisirent aux plus importantes découvertes, nous dirons que les recherches de Schéele, Cavendisch et Priestley, sur l'air, et le rôle qu'il joue lors de la combustion, conduisirent Lavoisier à la solution de cet important problème, entrevu par Jean Rey, Black et Bayeu. La combustion ne s'opère jamais sans qu'il y ait une production plus ou moins forte de calorique, et quelquefois de lumière, avec cette différence qu'il peut y avoir émission de calorique sans lumière, et jamais dégagement de lumière sans calorique. Pour bien concevoir ce phénomène, il faut se rappeler ce que nous avons dit à l'article *Calorique*, que cet agent dilatait tous les corps de la nature en s'unissant avec eux, et que, lorsque ces corps passaient à l'état de gaz, ils étaient, pour ainsi dire, fondus dans le calorique, et leurs molécules très-écartées par cet agent répulsif. Il est donc clair que, dans la combustion, les molécules de gaz oxygène se rapprochent considérablement pour se combiner avec le combustible, et abandonnent le calorique qui les tenait écartées. Ce calorique, devenu

libre, manifeste sa présence par ses effets : de manière qu'en admettant, avec un grand nombre de physiciens et chimistes, que la lumière n'est qu'une modification du calorique, une portion de ce calorique, lorsque la température s'élève de 550 à 600°, peut devenir lumière; car ce n'est qu'à cette température que les corps deviennent lumineux. Telle est la théorie admise par le plus grand nombre de chimistes, et à laquelle on a fait des objections puissantes. Il en est une surtout qui paraît péremptoire; c'est la combustion du carbone dans le gaz oxygène qui donne son volume égal de gaz acide carbonique, de manière que le carbone, passant à l'état gazeux, absorbe nécessairement beaucoup de calorique qu'il ne peut prendre au gaz oxygène qui n'est ni liquéfié, ni solidifié, outre cela, il se dégage une si grande quantité de calorique, qu'elle opère la fusion de plusieurs corps que la combustion dans l'air ne peut produire. Dans cette combinaison, le rapprochement des molécules du gaz oxygène n'est pas assez fort pour dégager tant de calorique. Il est aussi des corps qui, en se combinant, produisent beaucoup de chaleur; tels que l'acide sulfurique et l'eau, ou l'alcool; d'autres qui produisent du calorique et de la lumière, comme les métaux qui sont brûlés par le chlore; il en est enfin qui dégagent de la lumière, sans que l'émission de calorique soit très-forte, comme dans la combustion lente du phosphore,

Presque tous nos systèmes de chimie actuels prouvent, par un grand nombre de faits, combien ces notions conjecturales ont fait éprouver de changemens à nos connaissances dans cette science.

Le docteur Robison, dans sa préface de *Black's Lectures*, après avoir décrit les belles idées de Lavoisier, dit : « Cette théorie de la combustion, le plus grand phénomène et le plus caractéristique de la nature chimique, a enfin reçu une approbation presque générale, quoiqu'après bien des hésitations et une opposition considérable : et cette théorie a produit, dans la science de la chimie, une révolution complète. » La théorie française de la combustion, comme on l'appelle d'abord, ou l'hypothèse sur la combustion, comme on aurait plutôt dû la nommer, fut, pendant quelque temps, regardée aussi démontrée que la loi de la gravitation; mais hélas ! elle s'est évanouie avec les fantômes brillans du jour,



néanmoins, la saine logique, la candeur pure et l'exactitude mathématique des conséquences qui caractérisent les élémens de Lavoisier, couvriront toujours son nom d'une gloire immortelle.

M. Berzélius, dans son *Essai sur la théorie des proportions chimiques*, a émis la théorie suivante : La combustion est, suivant lui, la combinaison des corps avec un dégagement de calorique qui n'appartient pas uniquement à l'oxigène, et qui peut, dans certaines circonstances favorables, avoir lieu dans les combinaisons dans la plupart des corps. Il croît aussi que la lumière et le calorique, qui en sont le produit, ne sont point dus à un changement de densité des corps, ni à un moindre degré de calorique spécifique des nouveaux produits, puisque le calorique spécifique est souvent plus fort que celui des principes constituans des corps brûlés.

Après avoir fixé son attention sur l'action du fluide électrique sur les corps combustibles, il suppose que les corps qui sont près de se combiner montrent des électricités libres, opposées, qui augmentent de force à mesure qu'elles approchent plus de la température à laquelle la combinaison a lieu, jusqu'à ce qu'à l'instant de l'union, les électricités disparaissent avec une élévation de température si grande, qu'il se produit du feu.

Dans l'état actuel de nos connaissances, ajoute-t-il, l'explication la plus probable de la combustion et de l'ignition, qui en est l'effet, est donc que, dans toute combinaison chimique il y a neutralisation des électricités opposées, et que cette neutralisation produit le feu de la même manière qu'elle le produit dans les décharges de la bouteille électrique, de la pile électrique et du tonnerre, sans être accompagnée, dans ces derniers phénomènes, d'une combinaison chimique. On voit que cette théorie repose sur des hypothèses à la vérité très-ingénieuses. Ce savant a la bonne foi d'en convenir. « J'ai introduit, dit-il, au lieu d'une hypothèse qui ne suffit plus, une autre qui, jusqu'à présent, est conforme à l'expérience acquise, mais qui, peut-être sous peu, aura le sort de la première, et ne sera plus d'accord avec une expérience plus étendue. »

H.-J. Davy, de son côté, a émis une autre théorie : Toutes les fois que les forces chimiques qui déterminent la combinaison ou la décomposition s'exercent avec énergie, les phénomènes de combustion, ou d'incan-





descence avec changement de propriété, se manifestent ; ainsi donc, dit-il, la distinction des corps ou soutiens de la combustion et combustibles, qui sert de base à quelques derniers traités de chimie, est frivole et partielle ; car, dans le fait, une substance joue souvent les deux rôles étant, dans un cas, soutien de combustion en apparence, et dans un autre, combustible ; mais, dans l'un et l'autre cas, la lumière et la chaleur sont dues à la même cause, et indiquent seulement l'énergie et la rapidité avec laquelle l'action réciproque s'exerce.

Ainsi, par exemple, l'hydrogène sulfuré est un combustible avec l'oxygène et le chlore, et il est soutien de combustion avec le potassium. Le soufre avec le chlore et l'oxygène est une base combustible ; tandis qu'avec les métaux, il joue le rôle de soutien de combustion, puisqu'il en résulte une incandescence et une saturation réciproque. Pareillement, le potassium s'unit avec une telle énergie au tellure et à l'arsenic, qu'il se produit un phénomène de combustion, et nous ne pouvons pas ici attribuer le phénomène au dégagement de la chaleur latente occasionnée par la condensation de volume. Le protoxide de chlore, substance qui ne contient aucun élément combustible, développe avec une force extrême, au moment de sa décomposition, de la chaleur et de la lumière, et cependant son volume est quintuplé. Le chlorure et l'iodure d'azote, composés aussi dépourvus de toute substance inflammable, selon la manière de voir ordinaire, se réduisent en leurs élémens avec une force d'explosion effrayante : et le premier de ces corps occupe un volume au-delà de 600 fois plus grand que celui qu'il avait d'abord. Or, d'après les principes de la chaleur latente, un froid considérable devrait, au contraire, accompagner une pareille dilatation. De même encore, les chlorates et nitrates, traités par le charbon, le soufre, le phosphore, ou les métaux, donnent lieu à déflagration, ou détonnent, et le volume des substances se combinant, est augmenté dans une grande proportion, on peut en dire autant des azotures d'or et d'argent. A la vérité, la combustion de la poudre à canon, phénomène avec lequel les hommes sont si familiers, aurait dû être un obstacle à l'admission de l'hypothèse de Lavoisier sur la combustion : et les subterfuges auxquels on a été obligé de recourir, et qu'on a adoptés pour le concilier avec la théorie, ne méritent point d'être détaillés.

Il est évident, d'après les faits précédens, 1° que la combustion ne dépend pas nécessairement de l'action de l'oxigène; 2° que le développement de la chaleur ne doit pas être attribué uniquement à ce que ce gaz partage ce fluide éthéré avec le corps auquel il se fixe, ou qu'il brûle, et 3° qu'il n'y a pas de substance particulière ou de forme de matière nécessaire pour produire cet effet; mais que c'est un résultat général des actions réciproques de toutes les substances qui sont douées les unes pour les autres d'une forte affinité chimique, ou qui jouissent de facultés électriques opposées; et que cet effet a lieu dans tous les cas où l'on peut concevoir qu'un mouvement interne et violent est communiqué aux particules des corps.

On peut, en effet, avec raison, attribuer tous les phénomènes chimiques à des mouvemens entre les particules extrêmes de la matière qui tendent à changer la constitution de la masse.

Il fut autrefois très-conforme aux principes: d'attribuer le calorique dégagé dans la combustion à la moindre capacité pour le calorique dans la substance produite; quelques phénomènes, observés légèrement, donnèrent lieu à généraliser cette idée: à ce sujet, je me contenterai de rapporter les conclusions auxquelles MM. Dulong et Petit sont parvenus, par suite de leurs recherches sur les lois de la chaleur, ainsi que celles de MM. Delaroche et Berard: « Nous pouvons encore, disent ces habiles physiciens, déduire de nos recherches cette autre conséquence d'une haute importance pour la théorie générale de l'action chimique sur la quantité de chaleur, développée à l'instant de la combinaison des corps, n'a aucune relation avec la capacité des élémens, et que, dans le plus grand nombre de cas, cette perte de chaleur n'est suivie d'aucune diminution dans la capacité des composés formés; ainsi, par exemple, la combinaison de l'oxigène et de l'hydrogène, ou du soufre et du plomb, qui développe une si grande quantité de chaleur, ne produit point une plus grande altération dans la capacité de l'eau, ou du sulfure de plomb, que la combinaison de l'oxigène avec le cuivre, le plomb, l'argent, ou celle du soufre avec le carbone, n'en apporte dans la capacité des oxides de ces métaux, ou dans celle du carbure de soufre.» — « Nous concevons que les rapports que nous avons fait connaître entre les chaleurs spécifiques des



corps simples et celles de leurs composés écartent la possibilité de supposer que la chaleur développée dans l'action chimique doit simplement son origine au calorique dégagé dans le changement d'état, ou à celui qu'on suppose combiné avec les molécules matérielles. (*Annales de chimie et physique X.*)

On voit, par cet exposé, que la théorie de Lavoisier, quoique très-séduisante, et rendant compte d'un grand nombre de faits, a été attaquée par une série d'autres faits contraires qui, s'ils ne constituent point à eux seuls une véritable théorie de la combustion, n'en sont pas moins des précieux matériaux pour y parvenir. Davy, comme on a pu le voir, se rapproche de Berzélius, en attribuant, en quelque sorte, la combustion à une forte affinité chimique de toutes les substances les unes pour les autres, ou qui jouissent de facultés électriques opposées.

Quoi qu'il en soit, la théorie de Lavoisier a pour elle encore l'assentiment d'un grand nombre de chimistes; dans les arts, surtout, elle est généralement adoptée, parce qu'elle rend compte de l'action de l'air dans l'acte de la combustion.

## ARTICLE 9.

*De la nature de la flamme.*

H. Davy s'est livré, sur ce sujet, à de curieuses recherches qui ne figurent que dans un très-petit nombre d'ouvrages élémentaires; ce n'est même que dans le dictionnaire de Chimie du docteur Ure qu'on les trouve décrites avec quelques détails. L'intérêt dont cette connaissance peut être pour le poëlier-fumiste nous a portés à en offrir ici un précis.

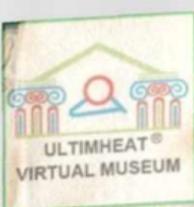
La flamme des combustibles peut être considérée comme la combustion d'un mélange explosif de gaz inflammable, ou de vapeur avec de l'air, on ne peut pas la regarder comme une simple combustion ayant lieu à la surface du corps de la matière inflammable. On prouve ce fait en tenant une bougie ou un morceau de

phosphore brûlant dans une flamme produite par la combustion de l'alcool; la flamme de la bougie ou du phosphore se montrera en outre de l'autre flamme, démontrant par là qu'il existe de l'oxygène même dans son intérieur. Lorsqu'une lampe de sûreté, ou gaze métallique, brûle dans un mélange très-explosif de gaz de houille et d'air atmosphérique, la lumière est faible et de couleur pâle; tandis que celle produite par la combustion d'un courant de ce même gaz dans l'atmosphère est extrêmement brillante, ainsi que chacun l'a vu dans le procédé d'éclairage. C'est alors une question qui présente quelque intérêt : « Pourquoi la combustion du mélange explosif, dans différentes circonstances, produirait-elle des apparences si diverses? » En réfléchissant aux circonstances qui accompagnent ces deux espèces de combustion, sir H. Davy fut conduit à imaginer que la supériorité de la lumière dans le courant de gaz de houille devait être due à la décomposition d'une partie du gaz dans l'intérieur même de la flamme, à l'endroit où l'air s'y trouvait en moindre quantité, et à la précipitation de charbon à l'état solide, qui, d'abord par son *ignition*, puis ensuite, par sa *combustion*, augmentait à un haut degré l'intensité de la lumière. Les expériences suivantes font voir que telle est en effet la véritable solution du problème.

Si l'on soutient un morceau de toile métallique, ayant environ 900 trous dans un pouce carré, au-dessus d'un courant de gaz de houille qui s'échappe d'un petit tuyau, et si l'on enflamme le gaz au-dessus de la gaze métallique placée presque en contact avec l'orifice du tuyau, le gaz brûle avec son éclat accoutumé. En élevant la toile métallique de manière que le gaz se trouve, avant son inflammation, mélangé avec une plus grande quantité d'air, la lumière s'affaiblit, et, à une certaine distance, elle offre précisément l'aspect du mélange-explosif en combustion dans l'intérieur de la lampe; mais, quoique, dans ce cas, la lumière soit très-faible, la chaleur développée est néanmoins beaucoup plus grande que lorsque la combustion est plus vive : et quand on place dans de cette flamme bleue faible un fil de platine, il y devient instantanément à la température du rouge blanc.

En faisant l'expérience de l'inflammation d'un cou-





rant de gaz de houille dans un ordre inverse, et en faisant arriver un tissu métallique par degrés depuis le sommet de la flamme jusqu'à l'orifice du tuyau, son résultat est encore plus instructif. On trouve que le sommet de la flamme, intercepté par le tissu, ne dépose point de charbon solide; mais, à mesure qu'on l'abaisse, elle abandonne du charbon en quantité considérable que le pouvoir refroidissant du tissu métallique empêche de brûler; au bas de la flamme, où le gaz brûle avec une couleur bleue dans son contact immédiat avec l'atmosphère, le charbon cesse de se déposer en quantités visibles.

Le principe de l'accroissement d'éclat et de densité des flammes, par la production et l'ignition d'une matière solide, paraît rendre compte de plusieurs phénomènes. C'est ainsi que le gaz oléifiant fournit la lumière la plus blanche et la plus éclatante de tous les gaz combustibles; parce que, comme nous le savons, d'après les expériences de Berthollet sur l'hydrogène carboné, il dépose, à une température élevée, une grande quantité de charbon solide; le phosphore, qui s'élève en vapeur à la température ordinaire et dont la vapeur se combine avec l'oxygène à cette température, est toujours lumineux, parce qu'ainsi qu'il y a lieu de le croire, chaque particule d'acide formée doit être à celle du rouge-blanc; néanmoins, il existe assez de ces particules dans un espace donné pour pouvoir élever sensiblement la température d'un corps solide qui est en contact avec elles, quoique, dans la combustion rapide du phosphore, où il s'en trouve une immense quantité dans un petit espace, elles produisent une chaleur plus intense.

Les principes qu'on vient d'exposer expliquent aisément les apparences des différentes parties des flammes des corps en combustion, et de la flamme produite par le chalumeau. Le point de la flamme bleue plus intérieure où la chaleur est la plus grande est celui où la totalité du charbon est brûlée dans sa combinaison gazeuse, et sans qu'il y ait un dépôt préalable.

Ils expliquent aussi l'intensité de la lumière de celles des flammes dans lesquelles il se produit une matière solide fixe dans l'acte même de la combustion: telles sont, par exemple, les flammes du phosphore et du zinc dans l'oxygène, etc., et celle du potassium dans le chlore,

ainsi que la faiblesse de la lumière de celles où il ne se produit qu'une matière volatile, comme cela a lieu par le soufre et l'hydrogène brûlant dans l'oxygène, le phosphore dans le chlore, etc.

Ils offrent encore les moyens d'augmenter la lumière de certaines substances en combustion, en plaçant au milieu de leurs flammes des corps même incombustibles, c'est ainsi que l'intensité de la lumière du soufre, de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone, brûlans, est augmentée à un haut degré en y projetant de l'oxyde de zinc, ou en y plaçant un fil très-délié d'amiante ou une gaze métallique.

La chaleur des flammes (du moins celle qu'elles peuvent communiquer à d'autres substances), peut actuellement être diminuée en augmentant leur lumière, et *vice versâ*. La flamme de combustion qui produit la plus forte chaleur parmi toutes celles qu'on a examinées est celle d'un mélange d'oxygène et d'hydrogène comprimés dans le chalumeau de Newman. Cette flamme, à peine visible dans un jour brillant, fond instantanément les corps les plus réfractaires, et la lumière produite par les corps solides qu'elle met en ignition est assez vive pour affecter douloureusement l'œil. C'est une application qui doit certainement son origine à la découverte de sir H. Davy, que l'explosion de l'oxygène et de l'hydrogène ne se communiquerait pas à travers de petites ouvertures, et il fit lui-même, le premier, cette expérience avec un tube de verre capillaire. La flamme n'était pas visible à l'extrémité du tube, parce que sa clarté était surpassée par l'éclat brillant du verre en ignition à son orifice.

#### ARTICLE 10.

#### *De la chaleur dégagée par différens combustibles dans l'acte de la combustion.*

Lavoisier, Crawford, Dalton et Rumford ont fait successivement des expériences pour déterminer la quantité de chaleur dégagée pendant la combustion de différens corps. L'appareil employé par le dernier de ces physiiciens était très-simple, et peut-être le plus exact de tous. La chaleur était conduite par des tubes aplatis de métal dans le centre d'une masse d'eau, et estimée



par la température qu'elle lui communiquait. Le tableau suivant représente l'ensemble des résultats obtenus.

SUBSTANCES  BRULÉES,  1 livre.	Oxigène consumé en livres.	Quantité de glace fondue ( en livres ).			
		Lavoisier.	Crawford.	Dalton.	Rumford.
Hydrogène .....	7.50	295.6	480	320	
Hydrogène carboné. .	4.00			85	
Gaz oléifiant.....	5.50			88	
Oxide de carbone....	0.58			25	
Huile d'olives.....	3.00	149.0	89	104	94.07
Huile de navette....	3.00				124.10
Cire.....	3.00	153.0	97	104	126.24
Suif.....	3.00	96.0		104	111.58
Huile de térébenthine.				60	
Alcohol.....	2.00?			58	67.47
Ether sulfurique.....	3.00			62	107.03
Naphte.....					97.83
Phosphore.....	1.33	100		60	
Charbon.....	2.66	96.5	69	40	
Soufre.....	1.00			20	
Camphre.....				70	
Gaoutchouc.....				42	

Les différences entre les résultats font assez voir combien de nouvelles expériences sur ce sujet seraient nécessaires. Le comte de Rumford entreprit une suite d'essais sur la chaleur dégagée pendant la combustion de différentes espèces de bois : il trouva qu'une livre de bois produit, en brûlant, une quantité de chaleur suffisante pour fondre de 54 à 54 livres de glace, ce qui donne environ 40 pour terme moyen. MM. Clément et Désormes ont trouvé que les bois fournissaient de la chaleur en raison de leurs quantités respectives de carbone, qu'ils regardent comme égales à la moitié du poids total ; en

partant de là, ils donnent 48 pour le nombre de livres de glace fondue par une livre de bois en brûlant.

Le tableau précédent est présenté d'une manière incorrecte dans plusieurs ouvrages systématiques : le docteur Thomson, par exemple, établit qu'une livre d'hydrogène ne consume que 6 livres d'oxygène, bien qu'il porte lui-même à 8 la quantité nécessaire pour la saturation. La proportion d'oxygène consumée par l'huile d'olive, le phosphore, le charbon et le soufre, sont pareillement fautives.

On trouve dans Dr. Black's Lectures, vol. 1, page 184, les notes suivantes : « 100 livres pesant de la meilleure houille de Newcastle, peuvent, quand elles sont brûlées dans un fourneau le mieux disposé possible, convertir environ  $1/12$  hogsheads (un muid et demi) d'eau, en vapeur qui supporte la pression de l'atmosphère. » Or, cette quantité d'eau pèse environ 790 livres ; donc une partie de charbon convertit à-peu-près 8 parties d'eau en vapeur. Le comte de Rumford dit que la chaleur produite dans la combustion d'une livre de charbon de terre ferait bouillir  $36,3/10$  livres d'eau refroidie au point de la congélation ; mais nous savons qu'il faut environ 5 fois  $1/2$  autant de chaleur pour convertir l'eau bouillante en vapeur ; donc  $\frac{360}{5} = 6 \frac{2}{3}$  sera la quantité d'eau qu'une livre de charbon de terre pourrait convertir en vapeur.

M. Watt a trouvé qu'il faut que la portion de la chaudière exposée au feu ait 8 pieds de surface pour pouvoir vaporiser un pied cube d'eau par heure, et qu'un boisseau, ou 84 livres de charbon de terre de Newcastle, brûlé de cette manière, vaporiseront de 8 à 12 pieds cubes. Il estimait que la chaleur dépensée pour faire bouillir un pied cube d'eau était environ six fois celle qui serait convenable pour l'élever de la température moyenne à celle de l'ébullition. Or, la quantité moyenne d'eau vaporisée est ici de 10 pieds cubes qui pèsent 625 livres : donc une livre de houille brûlée est suffisante pour mettre à l'état de vapeur environ sept livres et demie d'eau à la température de 15° centigrades.

Dans les circonstances qui nécessitaient l'emploi de bois au lieu de charbon de terre dans les machines à vapeur, M. Watt employait toujours trois fois la quantité de combustibles qu'il lui aurait fallu en charbon de terre. Le cube de charbon de terre de Glasgow est re-





connu pour n'avoir que les  $\frac{3}{4}$  du pouvoir calorifique du charbon de terre de Newcastle, et le petit charbon de terre, ou *culm*, doit être employé en quantité double pour produire le même effet que lorsqu'il est en plus gros morceaux. Un boisseau de charbon de Newcastle est équivalent à un cent en poids du charbon de Glasgow.

Je vais rapporter maintenant quelques expériences sur ce sujet, dues à sir H. Davy, et faisant suite à ses recherches sur la flamme. Son appareil se compose d'un récipient à mercure, muni d'un système de robinet, se terminant en un fort tube de platine ayant une très-petite ouverture ; au-dessus de celle-ci était placée une capsule de cuivre remplie d'huile d'olive, dans laquelle était placé un thermomètre. L'huile fut chauffée à 100 cent. , pour éviter toute différence qui aurait pu avoir lieu dans la communication de la chaleur à l'eau et produite par la condensation de la vapeur aqueuse : la pression fut la même pour les différens gaz soumis à l'expérience : ils furent brûlés, autant que possible, dans le même temps, et la flamme appliquée au même point de la coupe de cuivre, dont, après chaque expérience, on avait soin d'essuyer le fond. On obtint les résultats suivans :

Substances.	Èlève le therm. de 100 cent. à	Oxigène consomé.	Rapport de chaleur.
Gaz oléfiant...	129° 4 cent.	6.0	9.66
Hydrogène....	114. 4	1.0	26.0
Hydrog. sulfuré	111. 1	3.0	6.66
Gaz de houille.	113. 3	4.0	6.00
Oxide de carb..	103. 3	1.0	6.00

Les données d'après lesquelles sir H. Davy a calculé les rapports de chaleur sont les élévations de température, conjointement avec les quantités d'oxigène consommées. Nous voyons que l'hydrogène produit dans sa combustion plus de chaleur qu'aucun autre de ses composés : fait qui se trouve bien d'accord avec le résultat de M. Dalton ; seulement, le rapport de sir H. Davy est plus que double de celui de M. Dalton, relativement à l'hydrogène et à l'hydrogène carburé. Cependant, à ce sujet, sir H. Da

remarque qu'il serait sans utilité de raisonner sur ces rapports qu'on regarderait comme exacts : car, pendant l'expérience, le gaz oléifiant et le gaz de houille laissent l'un et l'autre déposer du charbon, et l'hydrogène sulfuré abandonna beaucoup de soufre. Ils confirment cependant les conclusions générales et font voir que l'hydrogène se trouve placé au haut de l'échelle, tandis que l'oxide de carbone occupe le bas. On pourrait, au premier coup-d'œil, imaginer que, d'après cette échelle, la flamme de l'oxide de carbone devrait être éteinte par raréfaction, au même degré que celle de l'hydrogène carburé ; mais il faut se rappeler, ainsi qu'on l'a déjà fait voir, que l'oxide de carbone est un gaz beaucoup plus facile à enflammer et plus combustible.

*Documens pratiques sur les quantités de chaleur qu'on peut obtenir de différentes espèces de combustibles.*

Après le coke, ce sont les houilles de première qualité qui, de tous les combustibles en usage, donnent le plus de chaleur. Ce qui distingue ces combustibles, c'est qu'ils subissent une sorte de pression en brûlant, qui fait que les morceaux contigus adhèrent et forment dans le feu des agglomérations qu'il est nécessaire de briser de temps en temps, pour que la combustion s'accomplisse comme elle doit se faire. La houille qui a cette propriété est noire et très-fragile ; elle se rompt en morceaux qui ne ressemblent pas mal à des dés à jouer, de formes un peu irrégulières.

Quand il ne s'agit que de produire de la chaleur, il est en général préférable d'employer des houilles qui s'agglutinent au feu : ce caractère est le plus aisé à reconnaître.

Il faut 27 grammes de houille de première qualité pour élever d'un degré du thermomètre de Réaumur 100 kilogrammes ou 100 litres d'eau ; c'est-à-dire que si, par hypothèse, vous avez un fourneau qui ne donne lieu à aucune déperdition de chaleur, que la chaleur produite soit bien employée, 100 litres d'eau à 0°, terme de la glace, s'élèveront à un degré de température, lorsque vous aurez brûlé 27 grammes de houille.

Si de l'eau était primitivement à 10 degrés, avec ce poids de combustible, vous la porteriez à 11°, et ainsi de suite.



Maintenant, si vous voulez voir combien il faudrait de combustible pour élever, avec le même fourneau, 100 litres d'eau prise au terme de la glace à celui de l'ébullition, c'est-à-dire à 80 degrés Réaumur, il faudra multiplier par 80 le poids de houille qui est nécessaire pour élever cette quantité d'eau 0° à 1 degré. Ainsi, il faudra multiplier 27 grammes par 80, et le produit 2,16 kil. sera le poids de houille qu'il faudra brûler.

Si l'eau que vous mettez dans la chaudière, au lieu d'être à 0°, était à 10°, il faudrait soustraire ces 10° des 80°, et multiplier par la différence 70° les 27 grammes dont on a parlé ci-dessus. On emploierait la même règle pour tous les cas semblables.

Le coke de première qualité produit plus de chaleur ; car il ne faut que 24 grammes de ce combustible pour élever d'un degré les 100 litres d'eau dont il est ici question.

La dépense de combustible est bien plus forte pour réduire 100 kilogrammes d'eau en vapeur ; il faut 15 kil. 48 de houille de première qualité pour réduire en vapeur un poids de 100 kil. d'eau prise à une température moyenne, 9° ou 10° Réaumur, c'est-à-dire que la dépense de combustible est près de 7 fois plus considérable pour réduire un poids donné d'eau en vapeur que pour porter ce même poids d'eau de 0° au point de l'ébullition.

Avec 12 kil. 54 de coke de première qualité, et en tirant tout le parti possible de la chaleur due à la combustion, on peut réduire en vapeur 100 kil. d'eau prise à 9° ou 10°.

Les quantités de chaleur produites varient avec la qualité des houilles, et il en est qui, pour produire les mêmes effets sur l'eau, exigeraient une dépense de combustible plus que double.

La qualité et l'état de sécheresse du bois influent sur la chaleur que donne sa combustion : le bois vert contient un tiers d'eau de plus que le bois sec.

La consommation du *pin sec*, pour élever d'un degré 100 kil. d'eau, est de 62 grammes, et, pour réduire en vapeur cette quantité d'eau prise à une température moyenne, elle est de 50,84 kil. ; il faut 87,25 grammes de *hêtre sec* pour élever d'un degré la même quantité d'eau, et, pour la réduire en vapeur, il en faut 45,26 kil.

Le *chêne sec* fournit moins de chaleur : il en faut 96



grammes pour élever d'un degré la quantité d'eau susdite, et 48 kil. pour la réduire en vapeur. Le tilleul en fournit plus; 85 grammes suffisent pour obtenir le même résultat, et 42,24 kilog. pour réduire en vapeur. L'orme, le frêne, le cerisier, tiennent à-peu-près le milieu entre le pin et le chêne.

Le charbon de bois exige une consommation de 54 grammes pour élever d'un degré 100 kilog. d'eau, et 17 kilog. pour réduire cette quantité en vapeur.

On peut distinguer deux espèces de *tourbes* : la première est légère, spongieuse, et les matières végétales dont elle est formée n'ont point encore changé très sensiblement de forme ; la deuxième espèce est compacte, et l'altération des matières végétales y est complète ; elle est d'un brun noirâtre assez prononcé, c'est la première qualité de tourbe.

Il faut 96 grammes de tourbe de première qualité pour élever d'un degré 100 kilog. d'eau, et 86 kil. pour réduire cette quantité en vapeur. La tourbe carbonisée est fort loin de donner autant de chaleur, à poids égal, que le charbon de bois ; pour élever d'un degré 100 kil. d'eau, la consommation de la tourbe carbonisée doit être de 75 grammes au *minimum*, et de 59 kilog. pour réduire en vapeur cette même quantité d'eau.

Les nombres que l'on vient de donner ne peuvent être obtenus dans la pratique qu'en apportant tous les soins possibles dans la construction des appareils, et, dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est guère possible de les dépasser d'une manière remarquable.

*Expériences pour déterminer les quantités comparatives de chaleur dégagées dans la combustion des principales espèces de bois et de houilles employés comme combustibles aux Etats-Unis, et pour déterminer aussi les quantités comparatives de chaleur perdue par les appareils ordinaires que l'on emploie pour les brûler ;*

PAR M<sup>r</sup> MARCUS-BULL.

Les expériences détaillées dans ce mémoire furent commencées en octobre 1825 et continuées presque sans intermittence jusqu'en juin 1824, par suite d'une maladie de l'auteur ; elles furent discontinuées jusqu'en



mai 1825 et continuées depuis ce moment sans interruption.

L'auteur, trouvant des différences énormes entre les résultats de Lavoisier, Crawford, Rumfort et Dalton, pensa que le mode qu'ils avaient adopté pour leurs expériences était peu convenable, et commença une série d'expériences avec un appareil particulier dans lequel il pouvait brûler de grandes quantités de combustibles ; il s'est proposé de parvenir aux résultats suivans :

1°. Que l'appareil dans lequel la combustion est produite soit construit de manière que toute la chaleur dégagée, ou une proportion égale de toute la chaleur dégagée, puisse être mesurée par un moyen invariable ;

2°. Que le corps qui reçoit la chaleur soit toujours affecté également par la communication de la même quantité de chaleur ;

3°. Que le milieu environnant soit à une température convenable.

L'appareil employé d'abord par l'auteur n'avait pas l'exactitude convenable ; d'après les observations du Dr Hare, il y a fait des changemens importants ; voici la description de celui auquel il s'est arrêté :

Dans une chambre de 11 pieds sur 14 et de 9 pieds  $\frac{1}{2}$  de haut est construite une autre chambre de 8 pieds carrés contenant 512 pieds cubes ; les parois de la chambre intérieure sont formées de planches de 3 pouces sur 4 ; les piliers, etc., sont à mortaises avec des tenons assez larges pour dépasser de quatre pouces ; le plancher est supporté par deux pièces de bois en croix : le tout assujéti par des clavettes et sans clous, excepté la porte et la fenêtre, et parfaitement ajusté.

La chambre intérieure est supportée à 6 pouces du plancher extérieur ; l'air peut circuler aisément dessus ; les surfaces intérieures et extérieures sont travaillées avec soin pour qu'elles soient également conductrices ; le poêle est un cylindre de 12 pouces de hauteur, 4 pieds de diamètre ; le cendrier a 4 pouces de profondeur et 4 de diamètre ; on peut les séparer pour introduire entre eux une chambre ou pièce concave de tôle perforée de trous de demi-pouces de diamètres ; à trois pouces au-dessus de cette chambre en est placée une autre entièrement renfermée dans le corps du poêle et percée de trous d'un quart de pouce de diamètre ; l'intérieur du corps du poêle est destiné à recevoir un cône dont le



sommet est tourné vers le bas. L'espace entre les cylindres est nécessaire dans les expériences sur l'authracité.

Le poêle est alimenté par l'air au moyen d'ouvertures pratiquées au-dessus du cendrier : elles peuvent être fermées au moyen d'une tirette mobile qui joint très-exactement : la porte du milieu est nécessaire pour admettre l'air dans la cavité supérieure. Pour chauffer l'eau, on peut placer entre les deux cylindres un vase d'étain en forme de croissant.

Dans le cône, 3 quarts de pouce au-dessus de sa jonction avec le corps du poêle, se trouve une ouverture de 1 pouce de large et 1 pouce  $\frac{1}{4}$  de long, couverte d'une plaque mince de cuivre ; c'est par cette ouverture que l'on juge de l'état du feu.

Un tuyau de 2 pouces de diamètre, en étain très-mince, porte la chaleur dans la chambre ; les coudes ont chacun 9 pieds de long ; la longueur totale est de 42 pieds ; cette longueur étant reconnue insuffisante pour transmettre à l'air toute sa chaleur produite, et une perte de 3° ayant lieu, on y fixa une boîte de 14 pouces de long, 10 de large, et 2 huitièmes de pouces d'épaisseur, et dont l'intérieur et l'extérieur étaient noircis, et passent à travers de cette boîte ; l'air est exposé à l'action d'une surface beaucoup plus grande que celle que présente le tuyau, et le peu de chaleur entraîné se répand dans l'air de la chambre.

Les jointures des tuyaux sont très-exactement lutées avec de l'argile, et toute la surface extérieure recouverte d'un vernis noir.

Les registres pour régler l'admission de l'air dans le poêle, ont tous la même construction : ce sont des plaques circulaires de tôle de fer mince, parfaitement ajustées pour fermer l'intérieur du tuyau.

Le tuyau passe au travers de la paroi de la chambre. Dans la cheminée extérieure, près de ses extrémités, dans l'intérieur de la chambre, se trouve une ouverture suffisante pour admettre la boule d'un thermomètre : cette ouverture est fermée par une plaque mince d'étain fort, exactement fixée à la tige du thermomètre. La boule du thermomètre est placée au centre du tuyau.

Un autre thermomètre à mercure est suspendu dans la chambre ; enfin, un thermomètre différentiel de Leslie a une de ses boules dans l'extérieur et l'autre dans l'intérieur ; les boules sont garnies d'un écran fait avec



une feuille mince d'étain ; le thermomètre différentiel employé marquait  $20^{\circ}$  par  $1^{\circ}$  du thermomètre à mercure.

Un tuyau muni d'un registre communique avec le foyer du poêle et y porte la quantité d'air nécessaire.

Un hygromètre formé de balles d'avoine sauvage est placé le long d'une des parois de la chambre.

Enfin, un baromètre est aussi placé dans la chambre.

La chambre extérieure a une capacité de 860 pieds cubés, en déduisant 542 pieds cubés pour l'espace occupé par la chambre intérieure et les matériaux qui la composent. Cette chambre est placée au midi et se trouve défendue des vents d'ouest par une construction qui s'avance de 10 pieds au midi ; elle a une porte avec des volets à l'extérieur pour exclure, s'il est nécessaire, les rayons du soleil ; les murs de l'est et du sud sont en briques et ont 10 pouces d'épaisseur ; les deux autres côtés sont en lattes et plâtres de 4 pouces d'épaisseur, qui la séparent d'un passage à l'ouest et d'une chambre au nord. La cheminée est sur le mur de l'est ; un petit poêle est placé dans la chambre, le tuyau passe au travers du plancher ; un thermomètre à mercure mesure la température de l'air, et sur une table est placée une balance pour peser les substances soumises à l'expérience.

Voici comment les expériences ont été faites :

On a pris des quantités égales en poids de chaque substance sèche, c'est-à-dire desséchées à une température de  $250^{\circ}$  Fahrenheit. Il est nécessaire de déterminer le temps pendant lequel la combustion de chaque substance maintient la température de la chambre intérieure à  $10^{\circ}$  de plus que la chambre extérieure, et ce temps donne la chaleur relative comparée avec le temps pendant lequel une autre substance a maintenu la même différence de température. Comme la température des deux chambres est supposée restée stationnaire, les accroissemens et les décroissemens de chaleur seront égaux dans des temps égaux. On doit tenir compte de la chaleur communiquée par l'opérateur à l'air de la chambre ; après toutes ces précautions prises, on trouve la quantité de chaleur que développe chaque combustible, et l'on remarque que cette quantité diffère moins pour des bois secs *en pied* qu'on ne le pensait ; par rapport au

*volume*, les différences sont très-grandes à cause de la différence de densité.

L'auteur a dressé deux longues tables renfermant les résultats auxquels il est arrivé avec 46 espèces de bois et 19 espèces de houille. Nous regrettons de ne pouvoir les joindre à cet extrait, mais leur étendue nous en empêche absolument.

A la suite de ce mémoire, le même auteur en donne un autre sur la détermination de la perte comparative de chaleur produite par les différens appareils employés habituellement pour le chauffage.

Un petit changement a été fait à la chambre intérieure pour finir ce genre d'expériences : la cheminée de la chambre extérieure étant à 12 pouces de la paroi de la chambre intérieure, sur le côté sud de celle-ci, on a pratiqué à la paroi une ouverture suffisante pour exposer la chambre intérieure au foyer de la cheminée ; les côtés, la partie supérieure et inférieure de cette ouverture ont été fermés avec des planches parfaitement jointes, et le foyer peut alors être considéré comme faisant partie de la chambre intérieure.

Tous les appareils, à l'exception du poêle, sont restés les mêmes. On choisit les appareils les plus employés et les plus convenables pour la chambre ; on n'aurait pu, sans de grands inconvéniens, se servir de tous les appareils proposés pour le chauffage.

Les expériences furent conduites sur le même plan que les premières, c'est-à-dire, en déterminant le *temps* pendant lequel l'air de l'intérieur de la chambre peut être maintenu à 10° au-dessus de la température de la chambre extérieure par la combustion dans chaque appareil de quantités égales en poids de chaque combustible. Dans quelques cas, il fut nécessaire de faire usage d'une plus grande quantité de combustible pour avoir des résultats satisfaisans, mais réduits à la même échelle.

Deux tables très-étendues renferment les résultats obtenus avec 46 espèces de bois, 14 variétés de houille et 5 espèces de charbon ; la longueur de ces tables importantes ne nous permet pas de les joindre à cet extrait. Ce qui peut du reste diminuer les regrets de ne point avoir ici ces tables, et les premières que nous avons signalées, c'est que les bois employés aux expériences sont pour la plupart étrangers à nos climats : cette ré-



flexion peut, jusqu'à un certain point, s'appliquer aux diverses houilles dont les qualités ne nous sont pas connues.

---

Nous croyons devoir ajouter ici une note sur les recherches sur l'application de la chaleur aux arts que M. Clément a émises dans son cours.

*Chaleur appliquée aux arts, par M. Clément. ( Cours de chimie appliquée, professé au Conservatoire des Arts. )*

Après quelques généralités sur la théorie de la chaleur, M. Clément a passé de suite à ses applications aux arts; il a, à cet effet, exposé les faits et principes suivants :

La chaleur utilisée dans les arts est celle qui résulte de la combustion; les divers combustibles employés sont le bois et son charbon, la houille, le coke et la tourbe; dans la combustion, l'oxygène de l'air se combine avec ces matériaux et donne surtout naissance à du gaz acide carbonique et à de l'eau, ou au premier seulement, suivant la nature du combustible: sa chaleur dégagée dans cette circonstance est de deux espèces, 1° rayonnante; elle se transmet à distance et dans toutes les directions à travers l'air sans l'échauffer; 2° emportée par les gaz raréfiés qui s'échappent de la combustion; celle-ci tend à monter seulement.

M. Clément a donné ici la description du calorimètre de glace, et son application à l'évaluation du calorique spécifique des corps; il a indiqué le mode d'expérience en citant la suivante relative à l'eau: 1 kilogr. d'eau, à 75°, fond 1 kilogr. de glace à 0°, et le fait passer à 0° liquide, d'où l'on conclut que l'eau exige autant de chaleur pour passer de 0 solide à 0 liquide que pour passer de 0 liquide à 75°. En faisant ici du degré thermométrique appliqué à un kilogr. d'eau une unité de chaleur, M. Clément établit qu'un kilogr. de glace à 0 exige pour fondre 75 unités de chaleur qu'il appelle *calories*; cette unité exprime donc la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température d'un kilogr. d'eau, et, quoiqu'elle ne soit pas d'une valeur constante pour toute l'échelle thermométrique, elle est cependant très-commode pour les calculs industriels. C'est ainsi,

et avec le calorimètre de glace, que l'on exprime dans le tableau suivant la puissance calorifique de divers combustibles.



	kilog. glace.	calories.
1 kilogr. hydrogène fond	295	$\times 75 = 22125$
<i>Idem</i> charbon de bois sec	94	$\times 75 = 7050$
<i>Id.</i> <i>id.</i> ordinaire..	80	$\times 75 = 6000$
<i>Id.</i> coke pur.....	94	$\times 75 = 7050$
<i>Id.</i> houille à $\frac{1}{10}$ cendre.	84,60	$\times 75 = 6345$
<i>Id.</i> <i>id.</i> à $\frac{1}{40}$ <i>id.</i>	94	$\times 75 = 7050$
<i>Id.</i> <i>id.</i> à $\frac{1}{5}$ <i>id.</i>	76,80	$\times 75 = 5932$
<i>Id.</i> bois séché au feu...	48,88	$\times 75 = 3666$
<i>Id.</i> à l'air.....	38,41	$\times 75 = 2945$
<i>Id.</i> tourbe la meilleure..	26,60	$\times 75 = 2000$

Ce tableau prouve que la houille, le coke et le charbon de bois, sont les meilleurs combustibles, et qu'un kilogr. de ces matériaux peut fournir, par la combustion, une quantité de chaleur capable d'élever un kilogr. d'eau à  $70.50^{\circ}$ , ou, ce qui est la même chose, d'élever, de  $1^{\circ}$  la température de 70,50 kilogr. d'eau; mais ce résultat ne peut être obtenu en pratique, et l'on ne compte, dans des fourneaux bien construits, que les deux tiers de ce produit.

L'on sent facilement comment on peut calculer avec ces données la quantité de charbon qui est nécessaire pour élever une masse d'eau d'un certain nombre de degrés. Soit, par exemple, 1000 kilogr. à porter de  $15^{\circ}$  à  $90^{\circ}$ , l'on aurait 1000 kilogr.  $\times 75 = 75000$  calories; l'on diviserait ce dernier nombre par le nombre de calories que le combustible employé est capable de produire en pratique; ainsi, dans un bon fourneau, le charbon de terre de bonne qualité donne les deux tiers de 7050; soit 4700 calories, l'on diviserait donc ici 75000 par 4700, et l'on aurait, pour combustible utile, 16 kilogr. de charbon.

La capacité de l'air pour la chaleur est quatre fois plus faible que celle de l'eau; ainsi, une calorie pourra élever quatre kilogr. d'air de  $1^{\circ}$ , ou, ce qui est la même

chose, un kilogr. d'air de 4°, pour obtenir une haute température, il faut une vive combustion ; mais la chaleur dégagée par les combustibles est la même en quantité dans une combustion lente que dans une combustion rapide. Le *maximum* de température qu'il est possible d'obtenir ne peut dépasser 2200° centigr. ; la condition la plus favorable à l'économie du chauffage est que l'air qui alimente la combustion soit amené en proportion telle qu'il se dépouille complètement de son oxygène, ou qu'il en emporte le moins possible ; il faut dix mètres cubes d'air atmosphérique pour brûler un kilogramme de charbon.

L'air chaud qui s'élève dans les cheminées est la puissance mécanique qui appelle dans le foyer l'air utile à la combustion. M. Clément a utilisé la loi de Toricelli, sur l'écoulement des fluides, pour calculer le tirage des cheminées ; il prend ici pour hauteur de chute celle accusée par l'inégalité de densité des gaz dans la cheminée et dans l'air environnant, et l'on sent combien cette évaluation expérimentale est entachée de causes d'erreurs. Il serait plus certain de chercher cet élément de calcul, comme l'a fait un de mes amis, avec un niveau d'eau.

On dispose ce niveau de manière que l'une des branches plonge dans la cheminée et l'autre dans l'air extérieur. L'on a ainsi une dépression dans l'intérieur qui indique en eau la force qui fait monter l'air dans la cheminée.

Il faut, dans la construction des fourneaux, chercher à dépouiller le plus possible de la chaleur l'air chaud qui se dégage du foyer. A cet effet, si l'on veut chauffer une chaudière, il faut faire circuler l'air chaud sur ses parois avant de le laisser passer dans la cheminée.

Les cheminées doivent être construites en matières non conductrices, ainsi, les métaux ne conviennent nullement pour ce genre de construction. M. Clément pense qu'il serait très-avantageux d'établir dans les cheminées des fourneaux de machines à vapeurs, des serpentins en cuivre destinés à conduire l'eau dans les chaudières, afin d'utiliser, au profit de celles-ci, une grande quantité de chaleur que l'on perd ordinairement. Il pense que l'on pourrait économiser ainsi 1/10 du combustible.

Dans les grands établissemens, il est avantageux de n'avoir qu'une grande cheminée pour plusieurs foyers. Ainsi, à Glasgow, une seule cheminée sert à 50 four-



neaux. Les cheminées en tôle des bateaux à vapeur sont un obstacle à la marche, et l'on cherche les moyens de remplacer, par des ventilateurs mus par la machine à vapeur, la puissance mécanique de renouvellement obtenue par ces cheminées.

M. Clément est passé ensuite aux soufflets de forge ; il a indiqué les moyens de calculer la quantité d'air qu'ils peuvent donner dans un temps connu ; il estime que le *maximum* de charbon consumé par un soufflet de forge ordinaire est égal à 2588 grammes par minute.

On préfère les soufflets à pistons, qui donnent des masses d'air plus considérables. Il existe à Myrthidwil, dans le pays de Galles, une usine de 14 hauts fourneaux, dont chacun fabrique 10,000 kilogr. de fer par jour. Les soufflets à pistons y ont 2<sup>m</sup> 745 de diamètre ; le piston frappe 12 coups par 1' ; le charbon brûlé par coup de piston est de 1.11 kilogr. : chaque soufflet consomme donc 792 kilogr. de charbon par heure. On a essayé vainement d'appliquer en grand l'éolipyle des laboratoires, comme machine soufflante : la fonte travaillée par cette machine est de mauvaise qualité.

M. Clément a parlé ensuite des moyens d'alimenter les fourneaux à la main et par machines. Il donne la préférence aux machines, et il signale comme le meilleur l'appareil alimentaire à cylindres cannelés qui brisent le charbon, et à ventilateur qui le projecte sur la grille ; la hauteur la plus convenable à laquelle on doit maintenir le combustible sur la grille est de 5 centim.

Le professeur est passé ensuite à la vapeur. Un kilogr. de vapeur peut fondre environ 8 kilogr. de glace, et sa chaleur spécifique est prise pour 650 calories. La chaleur se transmet d'un corps à un autre avec une intensité qui varie avec la différence de température.

La vaporisation des liquides croît dans les chaudières, non pas avec la surface que le liquide présente à l'air, mais bien avec l'étendue des surfaces de la chaudière qui sont en contact avec le foyer ou l'air chaud. M. Clément appelle ces surfaces *surfaces de chauffes*, c'est pourquoi, dans les machines à vapeur, où l'on veut produire un grand effet, on dispose les chaudières en surfaces. L'on compte qu'un kilogr. de charbon produit ou pratique 6 kilogr. de vapeur d'eau, et qu'une surface d'un mètre carré de cuivre, chauffé économiquement et convenablement, peut donner, dans une heure,

25 kilogr. de vapeur ; l'on peut, avec ces diverses données, calculer les dimension des fourneaux et des chaudières nécessaires pour produire une quantité de vapeur voulue dans un temps donné.

*Des causes qui modifient ou arrêtent la combustion, ou éteignent la flamme.*

Les premiers physiciens qui firent des expériences sur le vide de Boyle remarquèrent que la flamme cessait dans un air très-raréfié ; mais on avait diversement fixé le degré de raréfaction nécessaire pour produire cet effet ; les recherches auxquelles s'est livré sir H. Davy sur cet objet sont très-instructives. Lorsque du gaz hydrogène, se dégagant lentement d'un mélange convenable, est enflammé à la sortie d'un tube de verre d'un petit orifice, comme cela a lieu, par exemple, dans la lampe philosophique de Priesley, de manière à produire un jet de flamme d'environ  $\frac{1}{6}$  de pouce de hauteur, et qu'on l'introduit sous le récipient d'une machine pneumatique contenant de 200 à 500 pouces cubes d'air, la flamme s'élargit à mesure que le récipient se vide d'air ; et quand l'éprouvette indique une pression de 4 à 5 fois moindre que celle de l'atmosphère, la flamme est à son *maximum* d'étendue : elle diminue alors graduellement ; mais elle continue de brûler jusqu'à ce que la pression soit de 7 à 8 fois moindre, alors elle s'éteint.

Pour reconnaître si l'effet était dû au défaut d'oxygène, sir H. Davy fit usage d'un jet de flamme plus considérable, qu'il introduisit dans le même appareil : mais, à sa grande surprise, la combustion dura plus long-temps ; elle avait encore lieu même quand l'atmosphère fut raréfié dix fois : et plusieurs essais successifs confirmèrent ce résultat ; en faisant brûler le jet plus large, l'extrémité du tube de verre devint rouge-blanche, et conserva une chaleur rouge jusqu'à l'extinction de la flamme. Ceci lui suggéra aussitôt l'idée que la chaleur que le tube communiquait au gaz était la cause qui faisait durer la combustion plus long-temps dans le cas où l'on employait une large flamme : les expériences suivantes vinrent appuyer cette conclusion. On roula en spirale un fil de platine autour du sommet du tube, de manière à se trouver dans le corps de la flamme et à la surmonter ; on alluma alors le jet de flamme de  $\frac{1}{6}$  de

pouce de hauteur, et on fit le vide. Le fil de platine ne tarda pas à devenir rouge-blanc dans le centre de la flamme, et même il s'en fondit une petite partie vers le sommet du tube; le fil continua d'être blanc quand la pression fut devenue six fois plus petite; quand elle le fut dix fois, il resta encore rouge dans sa partie supérieure; et tant qu'il fut d'un rouge obscur, le gaz, quoique certainement éteint au-dessous, continua encore de brûler dans la partie en contact avec le fil chaud, et la combustion ne s'arrêta que lorsque la pression eut été réduite à être treize fois moindre.

Il paraît, d'après ce résultat, que la flamme de l'hydrogène s'éteint dans des atmosphères raréfiées, seulement lorsque la chaleur qu'elle produit est insuffisante pour entretenir la combustion; ce que l'on reconnaît avoir lieu quand elle ne peut plus communiquer au métal une ignition visible; et, comme c'est justement la température nécessaire pour l'inflammation de l'hydrogène à la pression ordinaire, il paraît que sa *combustibilité* n'est ni diminuée ni augmentée par la raréfaction produite par la diminution de pression.

D'après cette manière de voir, relativement à l'hydrogène, il s'ensuivrait que, parmi les autres corps combustibles, ceux qui exigent le moins de chaleur pour leur combustion doivent brûler dans un air plus raréfié que ceux qui en exigent davantage; et ceux qui développent beaucoup de chaleur dans leur combustion doivent, toutes choses égales d'ailleurs, brûler dans un air plus raréfié que ceux qui en produisent peu. Toutes les expériences faites depuis confirment ces conclusions.

Ces faits n'infirment point ce que l'expérience nous a appris que l'air active d'autant moins la combustion qu'il est plus raréfié; aussi voyons-nous le bois brûler d'autant plus rapidement en hiver dans les cheminées que l'air est plus froid et sec. Si l'air humide est moins propre à la combustion, ce n'est point directement à l'eau même qu'il contient qu'on doit attribuer cet effet, mais bien à la raréfaction qui est en raison directe de l'humidité de l'air, ou, si l'on veut, de l'eau qu'il contient. Voilà pourquoi l'air humide est moins propre à la combustion que l'air sec.

## ART. 11.

*De l'air atmosphérique.*

Dans un ouvrage dans lequel la combustion joue un





si grand rôle, nous croyons indispensable de parler de l'air, de cet agent, sans la présence duquel cette même combustion ne saurait avoir lieu. Son étude et la connaissance de ses propriétés importent d'ailleurs infiniment au poëlier, au fumiste, etc.

On donne le nom d'*atmosphère* à cette masse gazeuse, formée de tous les corps susceptibles de rester à l'état de gaz au degré de pression et de température sous lequel nous vivons, ainsi que d'une foule d'autres substances solides, très-divisées et suspendues dans ce fluide aëriiforme. Le nom d'*air*, ou d'*air atmosphérique*, est consacré, au contraire, au gaz qui, abstraction faite de toutes les exhalaisons, les vapeurs, etc., qu'il contient, entoure le globe terrestre, s'élève à une hauteur inconnue, pénètre dans les abîmes les plus profonds, fait partie de tous les corps et adhère à leur surface. Sans le secours de ce fluide élastique, le végétal ni l'animal ne sauraient vivre. Nous allons énumérer ses principales propriétés.

*Pesanteur de l'air.* Aristote avait connu cette pesanteur qui fut niée par ses successeurs jusqu'à Galilée, Torricelli et Pascal. *Omnia præter ignem pondus*, avait dit le philosophe grec; *signum cujus est utrem inflatum plus ponderis quam vacuum habere*. Il avait constaté aussi qu'en dissolvant de l'eau il devenait plus léger: *cum enim aqua ex aere est orta, gravior est*. L'épaisseur de la couche d'air atmosphérique qui environne la terre ne saurait être exactement déterminée, puisque sa densité varie suivant son élévation. On l'évalue cependant de 15 à 17 lieux; le poids ou la pression de cette couche équivaut à celui d'une colonne d'eau de 32 pieds ou d'une de mercure de 28 pouces. Or, comme le poids d'un pied cube d'eau est égal à 64 livres, on n'a qu'à multiplier 64 par 32 et l'on obtiendra 2,048 pour celui d'une colonne d'eau de 32 pieds carrés.

En multipliant ensuite la surface de la terre, évaluée à 5,547,800,000,000,000 pieds carrés par 2,048, l'on a pour produit 11,361,894,400,000,000,000, qui est la valeur approchante avec laquelle l'air comprime la masse des corps terrestres. Il est aisé de voir que nous serions écrasés par cet énorme poids, si les couches latérales et inférieures de l'air ne jouissaient pas d'une égale pression qui sert d'équilibre à la pression supérieure, comme l'eau de la mer, des fleuves, etc., nous en offre un

exemple ; c'est sur cette pesanteur de l'air et sur sa dilatation ou sa compression qu'est fondée la théorie du baromètre.

*Compression de l'air.* L'air est si compressible qu'on peut lui faire occuper un très-petit volume, soit par une forte pression, soit par une grande diminution de température ; mais, dès que l'un ou l'autre vient à cesser, il reprend plus ou moins vite son premier état. On peut donc, par l'action du calorique, augmenter prodigieusement le ressort de l'air, en lui faisant occuper un plus grand espace et le rendant ainsi beaucoup plus léger, comme on pourra le voir dans l'article suivant :

*Dilatabilité de l'air.* L'air peut se dilater de trois manières : 1° par une diminution de pression ; 2° en dissolvant de l'eau ; 3° par l'action du calorique ; il résulte des expériences faites, dans le même temps, par M. Gay-Lussac, en France, et M. Dalton, en Angleterre, que tous les fluides aériformes, soit gaz permanens, soit vapeurs, chauffés de 0° à 100°, se dilatent dans le rapport de 100 à 137,5, par conséquent, l'augmentation de volume est de 37,5 ; en divisant par 100, l'augmentation pour chaque degré de thermomètre est de 0,375.

L'air dissout d'autant plus d'eau qu'il est plus dense et plus chaud ; il est alors d'autant plus rare qu'il contient plus d'eau en dissolution ; voilà pourquoi l'air humide est moins propre à la combustion que l'air sec qui, sous le même volume, offre plus de poids.

L'air n'éprouve aucune décomposition par la plus haute ou par la plus basse température ; tous les corps combustibles sont susceptibles de lui enlever l'un de ses principes constituans, l'oxygène.

*Composition.* L'air fut considéré par les anciens philosophes comme un élément ; Démocrite entrevit sa composition ; il en fut de même d'Hypocrate, de Pline, de Newton, Boyle, Hooke et Mayow. La connaissance de cette importante découverte était réservée au génie d'un homme dont le nom est devenu l'emblème de la science, des talens et des vertus. En effet, guidé par son génie et par les importans travaux de Schéele et de Priestley, Lavoisier parvint, en août 1774, à opérer la décomposition de l'air, source de la naissance de la chimie pneumatique et des nombreuses vérités qu'elle a fait éclore.



Lavoisier reconnu que l'air était un mélange de

Air vital ou oxigène. . . . .	79
Azote. . . . .	21

---

100

Ces expériences répétées depuis en Egypte, en France, en Angleterre, en Espagne, etc., par MM. Berthollet, Davy, Gay-Lussac, de Humboldt, Julia de Fontenelle, de Marty, Campy fils, etc., n'ont montré dans l'air que 21 oxigène et 79 azote.

La connaissance de ces deux gaz se rattache trop à celle de l'air pour ne pas les faire connaître.

*De l'Azote.*

Le gaz azote est incolore et insipide ; son odeur est un peu fade quand il a été dégagé des substances animales ; il est impropre à la combustion et à la respiration ; son poids spécifique est de 0,957 ; il entre dans la composition de l'air pour 79/100.

*De l'Oxigène.*

Le gaz oxigène est incolore, inodore, insipide ; son poids spécifique est à celui de l'air :: 1,1025 : à 100 ; il est le seul gaz propre à la respiration et à la combustion, et c'est à sa présence dans l'air atmosphérique que celui-ci doit d'être considéré comme l'agent indispensable de la combustion. Si l'on plonge un animal ou un corps en ignition dans l'azote, le premier meurt aussitôt et le second s'éteint ; dans le gaz oxigène il vit beaucoup plus long-temps que dans l'air et le corps en combustion y brûle rapidement en répandant une vive lumière et une grande chaleur ; bien plus un corps qui est presque éteint s'y rallume promptement.

Nous ne pousserons pas plus loin cet examen ; nous nous bornerons à dire que l'oxigène, en s'unissant aux métaux, les convertit en oxides, (rouilles ou terres métalliques) et qu'en s'unissant à d'autres substances, il forme entre elles une classe d'acides connue sous le nom d'*oxalides*.

Il est aisé de voir que l'air n'est agent de la combustion que par l'oxigène qu'il contient et que, plus l'air sera dépouillé de ce gaz, comme celui qui a déjà servi à la

combustion et qui s'échappe par le tuyau des cheminées, moins il sera propre à cette opération.

*Circulation de l'air dans un appartement où il y a du feu.*

L'air le plus chaud occupe la partie supérieure, en vertu de la légèreté qu'il a acquise. S'il peut entrer de l'air frais par quelque endroit, il s'établit dans l'appartement deux courans en sens contraires, l'un d'air froid, à la partie inférieure, l'autre d'air chaud, à la partie supérieure: le premier se dirige vers le foyer, l'autre s'échappe au dehors. Tout le monde sait qu'étant auprès du feu, on sent sur les jambes un air froid qui se glisse par dessous les portes; c'est pour l'éviter qu'on dispose des paravens derrière soi. On peut se convaincre facilement de l'existence de ces deux courans, en plaçant, près de la porte une bougie allumée sur le plancher, et une autre à la partie supérieure: on verra leurs flammes agitées en sens contraires.

Auprès des tuyaux d'un poêle, il y a toujours un courant ascendant d'air dilaté; c'est ce courant qui frappe les spirales de papier que les enfans suspendent au tuyau sur des fils de fer, et les fait tourner.

C'est l'air dilaté qui, en s'élevant dans le tuyau d'une cheminée, entraîne avec lui les fumées et les diverses substances volatiles qui s'échappent du combustible; on conçoit qu'il doit y avoir un certain rapport entre la largeur du tuyau et le degré de chaleur qui se développe au foyer, pour que la construction soit parfaite. Il est bon en général, que le tuyau soit très-étroit, parce qu'alors l'air dilaté s'échappe avec plus de vitesse.

ART. 12.

*De la Fumée.*

On donne le nom de *fumée* à une production gazeuse, opaque, diversement colorée, qui se dégage souvent des corps, surtout quand leur combustion est incomplète, comme le bois, le charbon, etc., dans nos foyers. La fumée est formée :

- 1°. Des produits gazeux de la combustion, acide carbonique et eau en vapeur;
- 2°. De l'azote de l'air qui a servi à la combustion;
- 3°. Des gaz combustibles qui ont échappé à la combustion;
- 4°. De charbon très-fin qui se volatilise;



5°. D'acide acétique ;

6°. D'huile empyreumatique.

La fumée, en passant sur des corps froids, s'y condense en partie et s'y dépose sous forme de suie, tandis que les gaz azote, acide carbonique, etc., se dégagent. M. Reichembach, qui a fait une étude approfondie de la suie, y a découvert la *créosote*, la *capnomore*, l'*éu-pione*, la *parafine*, la *picamare*, etc., substances qui doivent, par conséquent, exister dans la fumée.

## CHAPITRE II.

Causes de l'ascension de la fumée. -- Du mouvement de l'air dans les tuyaux de cheminées. -- Détermination de la vitesse du tirage dans les tuyaux de cheminées. -- Du renouvellement de l'air nécessaire à la combustion. -- De la Ventilation.

### ARTICLE PREMIER.

#### *Causes de l'ascension de la Fumée.*

La fumée d'un feu allumé en plein air s'élève rapidement, parce que la chaleur du foyer, en la raréfiant, la rend *spécifiquement* (1) plus légère que l'air; elle est, à l'égard de l'atmosphère, ce qu'est à l'égard de l'eau un morceau de liège, qui, plongé à une certaine profondeur dans cette eau et abandonné ensuite à lui-même, remonte à la surface. C'est aussi pour cette raison que les ballons s'élèvent dans l'atmosphère. Pour rendre cet effet sensible, Rumfort a dit : « Si l'on mêle de petites balles ou de gros plombs à giboyer avec des pois, et qu'on secoue le tout dans un boisseau, le plomb se séparera, il se logera au fond du vase et forcera, par sa plus grande pesanteur, les pois à se mouvoir de *bas en haut* contre leur tendance naturelle, et à occuper la partie supérieure du mélange.

« Si l'on met dans un vase de l'eau et de l'huile, et qu'on les mêle bien ensemble, aussitôt qu'on aura cessé d'agiter ce mélange, l'eau, comme le plus pesant des deux liquides, descendra au fond du vase, et l'huile,

(1) C'est-à-dire que de deux volumes égaux, l'un d'air atmosphérique, l'autre de fumée, celui-ci pesera beaucoup moins.

chassée de sa place par l'excès du poids de l'eau, s'élèvera et finira par surnager tout entière à la surface de ce liquide.

« Si l'on plonge dans l'eau une bouteille pleine d'huile, ouverte par le haut, l'huile s'élèvera hors de la bouteille, et, traversant l'eau sous la forme d'un filet continu, elle s'étendra sur sa surface.

« Il en arrivera de même toutes les fois que deux fluides de densités différentes, c'est-à-dire, dont le poids, à volume égal, est différent, ce qu'on appelle aussi *pesanteur spécifique*, seront en contact ou mêlés ensemble; le plus léger sera soulevé de bas en haut par la tendance du plus pesant à descendre. »

Si l'on met en contact deux quantités d'un même fluide à des températures différentes, celle qui sera la plus chaude ou la plus raréfiée, étant spécifiquement plus légère que la portion froide, occupera la surface supérieure du mélange. Que l'on place une bouteille d'eau chaude colorée au fond d'un vase plein d'eau froide, l'eau chaude s'élèvera à la surface et sera remplacée dans la bouteille par l'eau froide. C'est encore ainsi que l'air froid d'un appartement occupe toujours la partie inférieure, et l'air chaud la partie voisine du plafond.

La différence de pesanteur spécifique de l'air et de la fumée est donc une des principales causes de son ascension; mais, dans les cheminées, une seconde cause vient se joindre à la première et augmenter la rapidité du mouvement ascensionnel.

L'air du canal ou tuyau d'une cheminée est ordinairement plus chaud, plus raréfié, et par conséquent moins pesant que l'air extérieur; la colonne d'air qui est dans la cheminée est poussée de bas en haut par la colonne de même hauteur, mais plus pesante, qui est hors de l'appartement, ce qui détermine un courant ascendant dont la rapidité est proportionnelle à la différence de pesanteur de ces deux colonnes; ce courant entraîne la fumée déjà en mouvement, et lui ajoute une nouvelle vitesse.

Ces deux causes de l'ascension de la fumée ne sont pas constantes, et n'agissent pas toujours dans le même sens. Ainsi, à mesure que la fumée s'éloigne du foyer, elle perd de sa chaleur; sa pesanteur spécifique augmente, et peut même devenir plus grande que celle de





l'air environnant ; alors la fumée descendra dans l'air, s'il est en repos. On voit par là que, sous le rapport de cette première cause, la hauteur de la cheminée a des bornes.

La seconde cause est aussi variable ; car la vitesse du courant dépend en même temps de la différence de température entre les deux colonnes d'air et de leur hauteur, d'où l'on conclut que, sous le seul rapport de la vitesse du courant, la hauteur de la cheminée ne devrait pas avoir de limites.

Par la combinaison des causes ascensionnelles, on explique pourquoi la fumée, en général, monte plus vite la nuit que le jour, l'hiver que l'été, quand le feu est en pleine activité que quand on l'allume, dans les appartemens bas que dans ceux élevés ; pourquoi enfin elle descend souvent dans l'appartement, à midi, pendant l'été, etc.

Nous verrons dans la suite quelles sont les causes accidentelles ou particulières qui modifient les deux causes générales ci-dessus énoncées, et contrarient ou favorisent l'ascension de la fumée.

#### ARTICLE 2.

##### *Du mouvement de l'air dans les tuyaux de Cheminées.*

Les tuyaux de cheminées placés au-dessus des foyers sont destinés à recueillir les gaz produits par la combustion, et à leur procurer les moyens de s'échapper sans se répandre dans la pièce que l'on chauffe. Pour que la fumée et les autres produits se dirigent dans ces conduits, il faut qu'il s'y établisse naturellement un courant ascendant qui force une partie de l'air de la chambre à se porter vers l'ouverture du tuyau, et à s'échapper avec la fumée. Nous allons d'abord examiner comment le courant peut être établi. (1)

Un foyer de cheminée surmonté d'un tuyau a, par cette addition, deux communications avec l'air extérieur ; l'une par les fissures de l'appartement, l'autre par l'ouverture supérieure du tuyau de la cheminée. Si l'on imagine un plan horizontal A B (*fig. 2, pl. I*), passant par le sommet du tuyau de la cheminée, il déter-

(1) Extrait des observations contenues dans le Mémoire de Glavelin, publié dans le *Dictionnaire de Physique*, tome 11 de l'Encyclopédie méthodique.

minera la hauteur de deux colonnes d'air ; l'une , B D , dans l'intérieur du tuyau , et l'autre , A C , placée à l'intérieur du bâtiment ; un second plus horizontal , C D , mené par le point où se fait la combustion , déterminera la hauteur de ces deux colonnes qui sont évidemment égales en hauteur. Il résulte des lois de la statique des fluides , que deux colonnes de même hauteur et de même densité se font équilibre ; mais que , si l'une d'elles est plus dense que l'autre , l'équilibre sera rompu , et celle qui aura plus de densité soulèvera l'autre.

Si l'on suppose que l'air extérieur et celui du tuyau de la cheminée sont de même nature , comme l'air froid est plus dense que l'air chaud , il en résultera que , selon que l'air du tuyau sera plus froid ou plus chaud que l'air extérieur , la pression exercée sur le foyer sera plus petite ou plus grande que celle de l'air extérieur ; et de là , dans le premier cas , l'existence d'un courant ascendant dans le tuyau de cheminée , par la plus forte pression exercée par l'air extérieur ; et , dans le second cas , un courant descendant dans le tuyau , occasionné par la plus grande pression de l'air que le tuyau contient.

Ces deux courans sont assez généralement observés dans les tuyaux de cheminées dans lesquels on ne fait pas de feu ; et cela , selon que l'air de l'intérieur de l'appartement avec lequel ces tuyaux communiquent est plus ou moins chaud que l'air extérieur. Lorsque l'air est plus chaud , celui des tuyaux qui y communique participant à cette température , il en résulte un courant d'air ascendant ; si , au contraire , l'air intérieur est plus froid , il s'établit un courant descendant.

Franklin , en conséquence de ce principe , avait annoncé qu'il se formait journellement dans les tuyaux des cheminées un courant d'air ascendant qui commence vers les cinq heures du soir et qui dure jusque vers les huit ou neuf heures du matin ; à cette heure , le courant s'interrompt , et l'air intérieur se balance avec l'air extérieur ; ensuite l'équilibre se rompt , et il succède un courant descendant qui dure jusqu'au soir. Ce célèbre physicien s'exprime ainsi :

« Pendant l'été , il y a , généralement parlant , une grande différence de la chaleur de l'air à midi et à minuit , et conséquemment une grande différence par rapport à sa pesanteur spécifique , puisque , plus l'air est

échauffé, plus il est raréfié. Le tuyau d'une cheminée, étant entouré presque entièrement par le reste de la maison, est en grande partie à l'abri de l'action directe des rayons du soleil pendant le jour, et de la fraîcheur de l'air pendant la nuit : il conserve donc une température moyenne entre la chaleur des jours et la fraîcheur des nuits, et il communique cette même température à l'air qu'il contient. Lorsque l'air extérieur est plus froid que celui qui est dans le tuyau de la cheminée, il doit le forcer, par son excès de pesanteur, à monter et à sortir par le haut. L'air d'en bas qui le remplace, étant échauffé à son tour par la chaleur du tuyau, est également poussé par l'air plus froid et plus pesant des couches inférieures, et ainsi le courant continue jusqu'au lendemain où le soleil, à mesure qu'il s'élève, change par degré l'état de l'air extérieur, le rend d'abord aussi chaud que celui du tuyau de la cheminée (et c'est alors que le courant commence à vaciller), et, bientôt après, le rend même plus chaud. Alors le tuyau étant plus froid que l'air qui y pénètre, le rafraîchit, le rend plus pesant que l'air extérieur, et conséquemment le fait descendre ; celui qui le remplace d'en haut étant refroidi à son tour, le courant descendant continue jusque vers le soir, qu'il balance de nouveau, et change de direction, à cause du changement de la chaleur de l'air du dehors, tandis que celui du tuyau qui l'avoisine se maintient toujours à-peu-près dans la même température moyenne. »

Franklin ajoute encore une observation : c'est que, si la partie du tuyau d'une cheminée qui s'élève au-dessus du toit de la maison est un peu haute, et qu'elle ait trois de ses côtés successivement exposés à la chaleur du soleil, savoir ceux qui sont exposés au levant, au midi et au couchant, et que le côté tourné au nord soit défendu des vents froids du nord par les bâtimens attenans, il pourra souvent arriver qu'une telle cheminée soit si échauffée par le soleil qu'elle continue à tirer fortement de bas en haut pendant toutes les vingt-quatre heures, et peut-être pendant plusieurs jours de suite. Si on peint le dehors de cette cheminée en noir, l'effet en sera encore plus grand, et le courant plus fort.

Clavelin, savant caminologiste, a cherché à vérifier, par l'expérience, l'existence et la loi de ces deux sortes de courant ; il résulte de ses observations que l'ordre et



la durée de ce phénomène présentent beaucoup d'anomalies ; que cependant le courant descendant de la nuit est assez régulier depuis cinq à six heures du soir jusqu'à huit ou neuf heures du matin ; mais que le courant ascendant du jour est loin de présenter autant de régularité, même dans les temps calmes.

Ces phénomènes nous font concevoir la raison pour laquelle, quand plusieurs tuyaux de cheminées se trouvent réunis en une seule masse, la fumée de celles où le feu est allumé descend souvent dans les autres, et remplit ainsi les appartemens.

En appliquant aux tuyaux des cheminées dans lesquelles on fait du feu, la théorie des mouvemens ascendants et descendans, occasionnés par la différence de densité entre l'air extérieur et celui des tuyaux de cheminées, on voit que, dès que le combustible du foyer commence à s'enflammer, il attire, pour entretenir la combustion, l'air qui communique à la partie la plus basse de l'air extérieur, conséquemment celui de la chambre ; par sa combinaison avec le combustible, il se dégage de la chaleur qui chauffe l'air en contact avec le combustible, celui-ci chauffé s'élève naturellement dans le tuyau qui est placé au-dessus du foyer ; il se forme également plusieurs produits plus légers que l'air atmosphérique qui s'élèvent également ; enfin, il se forme quelques produits plus denses, lesquels, au degré de chaleur qu'ils ont acquis en sortant du foyer, sont encore plus légers que l'air de la chambre. L'air chauffé et les produits de la combustion communiquent de la chaleur à l'air du tuyau ; bientôt celui-ci est assez chauffé pour que la colonne de fluide qui remplit le tuyau de la cheminée soit plus légère que celle de l'air extérieur, alors le courant ascendant s'établit, et il acquiert une vitesse d'autant plus grande que la pesanteur de sa colonne diffère plus de celle de l'air extérieur, ou autrement qu'elle acquiert plus de légèreté.

Les résultats du mouvement de l'air dans les tuyaux de cheminées, expliqués d'après ce principe : que tout fluide plus léger que l'air de l'atmosphère s'élève en proportion de la différence de sa pesanteur spécifique, comme tout fluide plus pesant tombe par l'effet de la même pesanteur, ont beaucoup d'analogie avec ceux que présentent les siphons ; en effet, on sait que, quand les branches d'un siphon rempli d'un fluide plus



pesant que l'air atmosphérique sont égales, l'équilibre se maintient ; quand l'une est plus courte que l'autre, comme A B et B C, *fig. 4 bis, pl. I*, le fluide s'écoule rapidement par l'extrémité C de la plus longue branche, et entraîne le liquide contenu dans la plus courte C ; maintenant, que l'on renverse le siphon, et que ces branches soient dirigées en haut, il deviendra alors pour les fluides plus léger que l'air de l'atmosphère, ce qu'il était auparavant pour les liquides plus pesans qu'elle ; le fluide léger s'élèvera par la branche l plus longue, et la colonne la plus longue entrainera la colonne la plus courte, selon les lois inverses de la gravitation.

Cette théorie établit en peu de mots tout le système de la caminologie ; elle est parfaitement démontrée par les expériences que Clavelin a faites avec le tuyau imaginé en 1686, par Dalesme, qui a été décrit dans le *Journal des Savans* de la même année, et dont M. de la Hire rendit compte à l'Académie des Sciences (1).

Dalesme composa sa machine de plusieurs tuyaux de fonte ou de tôle de fer, B C D, *fig. 3, pl. I*, d'environ quatre à cinq pouces de diamètre, qui s'emboîtent l'un dans l'autre ; elle se tenait droite au milieu de la chambre, sur une espèce de trépied fait exprès. A est le lieu où l'on fait le feu : en y mettant deux petits morceaux de bois, on observe qu'il n'y a aucune apparence de fumée ni en A, ni en B. On ne peut en approcher la main de moins d'un pied, à cause de la grande chaleur. Si l'on tire du feu de l'un des morceaux de bois, il fume à l'instant ; mais il cesse de fumer dès qu'on le remet dans le foyer. Les combustibles les plus puans ne produisent pas la moindre odeur dans cette machine, et tous les parfums s'y perdent, ce qui n'arrive cependant que quand le feu qui est en A est bien allumé, et que le tuyau B D est fort chaud ; de sorte que l'air qui entretient la combustion ne peut entrer que par l'ouverture A, et ne frappe que sur le feu qui est à découvert ; par ce moyen, la flamme et la fumée sont entraînées en bas vers l'intérieur du tuyau, et sont obligées de traverser le combustible.

Pour que la combustion puisse s'opérer sans fumée, il faut que l'ouverture A soit proportionnée à l'ouverture B ; il faut encore que l'ouverture A ne soit pas trop

(1) Tome 8, ann. 1686, *Transact. philos.*, n° 181.





grande. Il paraît que ces rapports de grandeur ont empêché que l'on ne tirât de cette machine tout le parti que sa découverte semblait en faire espérer. Au reste, c'est probablement à cette invention que l'on doit l'idée des allendiers, que l'on a établis comme foyers de plusieurs grands fourneaux; c'est encore aux propriétés de ce système que l'on doit les fourneaux et foyers fumivores.

Revenons aux expériences que Clavelin a faites avec cette machine, à laquelle il a fait subir quelques changemens pour la rendre propre aux expériences qu'il s'est proposées.

Il conserva partout la partie horizontale D D (*fig. 4, pl. I*), sur laquelle est soudé le bout du tuyau A faisant office de foyer; mais aux extrémités de cette partie il adapta deux tuyaux verticaux B et C, dont il varia la direction. Dans le nombre d'expériences qu'il a faites avec cet appareil, deux surtout méritent une attention particulière.

*Première expérience.* Lorsque les extrémités d'un tuyau horizontal sont garnies des deux branches verticales de la même longueur, le courant du réchaud placé entre deux, en A sur le tuyau horizontal, se partage en deux, et sort par les deux branches; mais si l'une de ces branches est maintenue froide, l'autre étant chaude, le courant s'établit de l'une à l'autre, descendant par la branche froide, ascendant par la branche chaude; si l'on plonge celle-ci dans l'eau froide, le courant change et descend pour remonter de l'autre côté; si l'on supprime l'une des branches, l'air entre alors par cette extrémité du tuyau, monte et sort par la branche restante. Cet effet du refroidissement d'une des branches de ce poêle sur la direction du courant est applicable à un grand nombre de phénomènes de la caminologie.

*Seconde expérience.* La partie horizontale du tuyau et la position du foyer restant les mêmes, si l'on bouche l'une des branches et que l'on fasse mouvoir l'autre jusqu'à ce qu'elle soit horizontale E, l'air qui alimente le foyer entre par la branche ainsi couchée, la flamme et la fumée s'élèvent au-dessus du foyer: si alors on redresse peu-à-peu la branche qu'on avait couchée horizontalement, au lieu d'un seul courant on en aura deux dans la capacité du même tuyau, l'un entrant, l'autre sortant. Plus on élève cette branche, plus le courant sortant devient fort. Enfin, lorsqu'elle fait, avec la partie



horizontale de la machine, un angle de 35 à 40 degrés, le courant entrant sans cesse, et le courant sortant, le seul en activité, remplit toute la capacité du tuyau; alors la flamme et la fumée plongent absolument dans le foyer.

D'après d'anciens réglemens, les tuyaux des cheminées devaient avoir, à Paris, 3 pieds de long (1 mètre) sur 10 pouces de large (30 centim.), et ceux des cuisines, de 4 pieds et demi à 5 pieds de long (1 mètre 50 à 1 mètre 60) sur 10 pouces de large (30 centim.).

Dès 1624, Savot avait observé que, dans ces sortes de tuyaux, il s'établissait deux courans d'air : l'un ascendant, l'autre descendant. Clavelin a depuis également remarqué que la colonne de fumée pèse moins en général sur les côtés que vers son centre; qu'il en résulte que, lorsque les ouvertures qui fournissent l'air au foyer sont exactement fermées, il s'établit un courant d'air descendant sur l'un des côtés du tuyau, tandis que la colonne de fumée s'élève dans l'autre partie; que c'est là une des causes qui font fumer les cheminées: de sorte que beaucoup d'entre elles fument par les angles, quoique la fumée paraisse monter librement. Clavelin fait voir que, pour obvier à cet inconvénient, il faut rétrécir l'issue du tuyau jusqu'au point où l'impulsion de la colonne de fumée sur son centre ou sur ses côtés soit nulle ou très-légère.

Il est difficile d'indiquer une largeur constante pour les tuyaux de cheminée; cette largeur doit être en proportion de la masse de vapeur fuligineuse et de l'air que le tuyau doit recevoir. Ces conduits ne doivent pas être assez resserrés pour donner lieu, en aucun temps, à la poussée par la chaleur, ni assez larges pour qu'il puisse s'y établir deux courans, l'un ascendant, l'autre descendant.

On a cru, pendant long-temps, que le dévoiement des tuyaux de cheminée contribuait à les faire fumer; c'est pourquoi on avait autrefois pris le parti d'adosser l'un sur l'autre les tuyaux des divers étages qui se correspondaient; mais on reconnut bientôt que cette méthode avait deux inconvéniens: 1<sup>o</sup> que les tuyaux élevés verticalement étaient plus sujets à fumer; 2<sup>o</sup> qu'en les adossant les uns sur les autres, on diminuait l'étendue des étages supérieurs. Depuis lors on a pris le parti de dévoyer sur leur élévation sans diminuer la solidité de

leur construction, de manière que toutes leurs ouvertures se rejoignent pour sortir au-dessus du toit.

Quelque crainte qu'on eût dans l'origine que cette direction oblique et tortueuse des tuyaux ne fût un obstacle à l'ascension de la fumée ou une cause fréquente d'incendie, l'expérience a fait connaître que cette disposition n'apportait par elle-même aucun de ces inconvéniens, pourvu que le tuyau n'eût rien dans son étendue qui pût arrêter la fumée. Aujourd'hui, on contourne les tuyaux de mille manières ; on fait faire à la fumée plusieurs circonvolutions pour échauffer les appartemens ; on la fait descendre, monter ; on la divise pour la faire passer dans différens conduits, qui se réunissent ensuite dans le tuyau principal, comme dans le calorifère d'Olivier, les cheminées de Desarnod, de Curandeau, etc.

Rumford a proposé de rétrécir l'ouverture des cheminées près du foyer, comme nous le verrons, afin d'augmenter la rapidité du courant. Ce mode, que l'on a perfectionné de nos jours dans les foyers que l'on établit en avant des cheminées, obtient un grand succès lorsqu'il est employé avec les précautions qu'il exige.

Le rétrécissement de l'ouverture inférieure des cheminées paraît en contradiction avec le système opposé des larges *hottes* que l'on employait anciennement : l'une et l'autre manière a ses avantages et ses inconvéniens. Les *hottes* réunissent sur une grande surface les produits de la combustion et toutes les vapeurs qui se forment au-dessus du foyer ; elles les dirigent vers le tuyau, mais elles ne s'opposent pas à l'effet des courans descendans qui, comme on l'a déjà dit, s'établissent ordinairement dans les tuyaux qui ont une grande largeur. Les rétrécissemens obligent la masse d'air, de gaz et de vapeur, qui se dirige vers le tuyau de la cheminée, à se resserrer dans le passage étroit qui se présente, à acquérir dans ce passage une grande vitesse, laquelle augmente celle de l'ascension ; ils s'opposent, par la petitesse des ouvertures, au reflux de l'air descendant. L'air froid de l'appartement ne peut pas se réunir en aussi grande abondance avec les produits de la combustion, d'où il résulte, 1° une moins grande consommation d'air, une moins grande rentrée d'air froid et un moins grand refroidissement ; 2° les produits de la combustion étant refroidis par l'air de l'intérieur qui s'y mêle, ont une plus grande force ascensionnelle, et le

tirage en est mieux établi ; mais aussi se répand-il une bien moindre quantité de chaleur dans la pièce.

Clavelin semble préférer l'usage des hottes à celui du rétrécissement du tuyau près du foyer. Il observe qu'une des dispositions les plus importantes et les moins connues jusqu'ici, consiste à donner aux tuyaux de cheminée une forme pyramidale, et que la base de ces tuyaux, prise à six ou sept pieds au-dessus du foyer, ait un tiers de plus que son issue à l'extrémité supérieure, en sorte que la totalité du système du tuyau soit composée de deux pyramydes, l'une inférieure, de six à sept pieds de haut, à compter de la tablette du chambranle, ayant pour base l'air du foyer, et pour sommet la base de la pyramide supérieure ; la seconde, immédiatement au-dessus de celle-là, ayant pour base son sommet, et pour sommet une ouverture d'un tiers moindre que sa base.

Quoique Clavelin paraisse préférer la forme de tuyau que nous venons d'indiquer, il ne rejette pas pour cela l'usage des petites ouvertures ; car il résulte de ses expériences, que le rétrécissement des ouvertures qui fournissent l'air, et de celles qui donnent au-dehors issue à la fumée, accélère le mouvement de l'air affluent et celui de l'ascension de la fumée ; que cette accélération du mouvement est telle que, jusqu'à un certain terme fixé par l'expérience, la masse d'air fournie, ou de fumée émise par des ouvertures étroites, se trouve supérieure à celle que fournit une ouverture plus grande.

Un des résultats principaux que l'on doit se proposer d'obtenir pour empêcher la fumée de pénétrer dans les appartemens, c'est un bon et un fort tirage dans les tuyaux de cheminée. Ce tirage est d'autant plus grand, que la pression de la colonne d'air qui communique par le tuyau est plus faible que celle qui communique par les fissures. Or, cette grande différence dans la pression peut s'obtenir de deux manières : 1° par le plus grand échauffement des matières fuligineuses qui s'élèvent dans le tuyau ; 2° par la plus grande hauteur du tuyau.

Clavelin a observé (1), 1° que la chaleur de la fumée s'accroît par l'augmentation de la consommation du bois, mais non pas dans une proportion correspondante, au moins si l'on en juge par le rapport du thermomètre ;

(1) *Ann. de Chimie*, t. XXXIII, p. 172, an 8.



2° que la chaleur dans le tuyau de la cheminée, toutes choses absolument égales d'ailleurs, est d'autant plus forte que la chambre où se fait la combustion est moins grande; 3° que la chaleur diminue sensiblement à mesure que la fumée monte, et que cette diminution est d'environ un degré du thermomètre (de Réaumur) par pied d'ascension; qu'en conséquence, il est des cas où, selon la hauteur de la cheminée ou la température de l'air, la fumée, parvenue au sommet du tuyau, doit être à la température de l'atmosphère; mais l'auteur observe que les gaz qui forment la fumée, étant à une température égale à celle de l'atmosphère, ne lui sont pas cependant équipondérables; ce qui est vrai à quelques égards.

Quant à la hauteur des cheminées, il prouve qu'au-dessous de 15 pieds (5 mètres), les tuyaux de nos cheminées ne suffiraient que difficilement à entretenir le courant nécessaire; et pour que le système soit sûr, il faut que l'issue du tuyau soit élevée à-peu-près de 30 pieds (10 mètres) au-dessus de l'air du foyer.

### ART. 3.

#### *Détermination de la vitesse du tirage dans les tuyaux de Cheminées.*

Pour déterminer la vitesse du courant ascendant de la fumée dans les tuyaux des cheminées, on ramène les effets du tirage aux mêmes lois que l'écoulement d'un liquide, c'est-à-dire, que sa vitesse est la même que celle d'un corps grave tombant d'une hauteur égale à la différence de hauteur des deux colonnes; en effet, la différence de pesanteur de la colonne de fluide élastique contenu dans le tuyau de la cheminée, à celle de la colonne d'air extérieur, ou la différence de hauteur de ces deux colonnes supposées, réduites à la même densité, est la pression motrice qui détermine la vitesse d'ascension.

Cela posé, il sera facile de calculer la vitesse du tirage lorsqu'on connaîtra la température de l'air contenu dans le tuyau de la cheminée, sachant que la dilatation de l'air, pour chaque degré centigrade, est de 0,00375 de son volume à zéro, ou pour 100 degrés, de 0,375.

Nous allons éclaircir cela par un exemple: supposons que la température extérieure soit à zéro;





La température dans le tuyau de la cheminée à 100 degrés ;

La hauteur de la cheminée soit de 100 mètres ;

La section horizontale du tuyau de la cheminée soit de 0<sup>m</sup>,50 ;

Les volumes étant en raison inverse des densités, on aura :

100 ( air extérieur ) : 137,5 ( volume de l'air intérieur )  
::  $x$  : 100.

D'où  $x$ , densité cherchée, = 71.

La colonne d'air extérieur à zéro étant de 100 mètres, celle intérieure sera représentée par 71<sup>m</sup>, ce qui fait une différence de 29 mètres ; la vitesse due à cette pression sera  $4,45 \times \sqrt{29} = 25^m,84$  (1). Pour connaître la quantité d'air qui passera en une seconde, il faudra multiplier la surface de la section du tuyau de la cheminée par 25<sup>m</sup>,84 ; or, dans cet exemple, nous avons supposé que cette section était de 0<sup>m</sup>,50 carrés, on aura donc :  $25,84 \times 0^m,50 = 11^m,92$  ; quantité plus que suffisante pour brûler un demi-kilogramme de charbon par seconde.

Ce calcul est établi en supposant que l'air qui a servi à la combustion n'a pas changé de pesanteur, mais cette différence est assez considérable pour qu'on y ait égard ; on compte qu'il éprouve, par sa combinaison avec le charbon ou *carbone*, une augmentation de 1 kilogramme par 20 mètres cubes d'air, sans acquérir plus de volume si la température est la même, et, comme 20 mètres cubes d'air pèsent environ 26 kilogr., ils augmentent donc de 1/26 ; ainsi il faudra compter  $71 + 1/26 = 73,73$ , ce qui réduira à 26<sup>m</sup>,27 la différence des deux colonnes d'air, et donnera une rapidité de  $4,45 \times \sqrt{26,27} = 22^m,21$  au lieu de 25<sup>m</sup>,84.

(1) Étant donnée la hauteur d'où un corps est tombé, il sera facile de calculer la vitesse acquise au moyen d'une proportion.

Soit, par exemple, 3 mètres ; ce corps en tombant de 4 m., 904, acquiert une vitesse de 9 m., 808, on aura :

$$\sqrt{4^m,904} : \sqrt{3} :: 9^m,808 : x,$$

d'où  $x = 4,45 \times \sqrt{3}$ , ou 7<sup>m</sup>,67 par seconde.

En général, il suffit, comme on le voit par le résultat de cette proportion, de multiplier la racine de la hauteur par 4,45.

Une autre circonstance à laquelle il faut également avoir égard, c'est qu'il n'y a environ que la moitié de l'oxygène de l'air qui soit employée ; il faut donc faire passer un volume d'air double, et, dans ce cas, il ne faudrait augmenter que de  $1/52$  le poids de la colonne intérieure.

## ARTICLE 4.

*Du renouvellement de l'air nécessaire à la combustion.*

Nous avons déjà vu que l'air est un des principaux agens de la combustion. Pour que le foyer reçoive celui qui lui est nécessaire, il faut qu'il en pénétre dans l'appartement une quantité assez abondante pour alimenter la combustion ; ainsi, dans un appartement que l'on chauffe, il doit donc exister des ouvertures qui établissent des communications entre l'air extérieur et l'air de l'appartement. Mais les moyens ordinaires de chauffage, par les cheminées ou par les poêles, ne remplissent nullement cette condition, et il faut que les joints des portes et des fenêtres fournissent l'air nécessaire à la combustion ; et, comme les courans qui s'établissent par ces joints ont une très-grande vitesse, et forment ce qu'on appelle des *vents coulis* (1), qui occasionnent des rhumes et autres maladies, il faut pourvoir au remplacement de cet air par le moyen indiqué par Gauger, ce qui consiste à pratiquer sous le plancher un conduit qui amène l'air du dehors, pour le verser derrière le contre-cœur, ou sur une des faces du poêle, d'où, après s'être échauffé, il se répand dans l'appartement. Ce procédé procure deux grands avantages, celui de remplacer l'air enlevé de l'appartement par de l'air pur et chaud, et de prévenir entièrement les vents coulis. Nous insisterons sur cet objet lorsque nous traiterons en particulier des différens modes de chauffage.

Les moyens indiqués pour introduire de l'air extérieur sont les *vasistas*, les *moulinets*, etc.

Il est presque inutile de dire que ces moyens de se procurer de l'air nouveau ont plus d'inconvéniens encore que les fissures des portes et des fenêtres, parce qu'ils introduisent un torrent d'air froid. Cependant, comme

(1) Franklin cite, à propos de ces courans, le proverbe chinois : « Il faut éviter le vent qui se glisse par un passage étroit avec autant de soin que la pointe d'une flèche. » Tome II, page 89.



il peut être indispensable, dans des constructions déjà faites, de placer des conduits d'air pris à l'extérieur, et que la situation de ces ouvertures peut avoir une grande influence sur l'échauffement de l'appartement, nous ferons remarquer que, l'air chaud étant plus léger que l'air froid, si l'on place les ouvertures d'introduction d'air dans les parties élevées, l'air froid qui entre, à cause de sa pesanteur, doit nécessairement descendre; en traversant les couches d'air supérieures, il s'échauffe et il parvient sur le sol à une température qui le rend un peu plus supportable; mais, si les ouvertures d'introduction sont placées dans le bas, près du sol, l'air, en entrant, conserve sa température et exerce sur les jambes une sensation de froid d'autant plus grande que la température extérieure est plus basse.

## ART. 5.

*De la Ventilation.*

Dans un lieu fermé, l'air, continuellement aspiré et expiré et altéré par les émanations de toute espèce, devient impropre à la respiration et nuit à la santé s'il n'est fréquemment renouvelé; les bases suivantes devront servir à établir les calculs relatifs à la ventilation.

On compte que 95 mètres cubes d'air atmosphérique, qui contient  $\frac{21}{100}$  d'oxygène, peuvent suffire à la respiration d'une personne pendant vingt-quatre heures; mais, pour que la respiration soit agréable, on quadruple cette quantité, ce qui fait 580 mètres cubes en vingt-quatre heures. Ainsi, dans une chambre de grandeur quelconque, si l'on veut que le renouvellement de l'air s'y fasse d'une manière continue, il faudra, pour alimenter la respiration d'une seule personne, que l'introduction, comme la sortie, soit de 16 mètres cubes par heure.

Ce n'est pas le manque d'oxygène qui donne lieu aux indispositions que beaucoup de personnes éprouvent dans les salles de spectacles, les hôpitaux et les autres lieux de grandes réunions d'hommes (1); on a fait l'analyse de l'air lorsqu'il était devenu impropre à la respiration, et que, par suite, il causait des accidens plus ou

(1) Extrait du *Dictionn. technol.*, tome 1, article *Assainissement*,



moins graves; la proportion d'oxygène dans cet air n'avait pas diminué d'un vingtième; or, les mêmes individus n'éprouvaient pas la moindre indisposition en respirant un air qui ne contenait que les  $\frac{4}{5}$  de l'oxygène qui constitue l'air ordinaire. Il est donc bien démontré qu'on ne peut attribuer au défaut d'oxygène les mauvais effets que nous éprouvons en respirant l'air des lieux où un grand nombre de personnes sont rassemblées : on pense que ces effets sont dus aux miasmes qui y sont répandus en vapeurs. En effet, si dans ces endroits publics où la respiration est gênée, et dans lesquels on n'a pas établi de circulation d'air, on suspend un ballon rempli de glace, la vapeur répandue dans l'air se condensera sur toute sa surface extérieure; et le liquide que l'on pourra recueillir (dans une petite cuvette placée sous le ballon), mis dans un flacon bouché et exposé à une température de 25 degrés centigrades, éprouvera promptement une fermentation putride; et, en débouchant le flacon, ils s'en exhamera une odeur fétide.

Il est donc bien important d'établir une ventilation pour renouveler l'air, soit d'une manière continue, soit périodiquement : dans tous les cas, il est indispensable de pouvoir mesurer la quantité d'air introduite dans un temps donné; on y parviendra par le procédé suivant : Pour évaluer la vitesse d'un courant d'air ou d'un courant de gaz quelconque, il faut tout simplement produire une petite bouffée de noir de fumée ou de tout autre corps coloré et très-léger, à l'entrée d'un tuyau d'une longueur déterminée et dans lequel passe le courant dont on se propose de connaître la vitesse. On observe bien exactement, par la sortie de la poudre noire, le temps qu'elle aura employé à parcourir la longueur du tuyau, et il est bien clair que ce sera la mesure de la vitesse du courant. On peut d'ailleurs répéter cette expérience plusieurs fois de suite, et prendre une moyenne qui présente encore plus de probabilité d'exactitude.

Ayant obtenu la vitesse de l'air, on aura la quantité introduite dans un temps donné, en mesurant la section du canal par lequel l'air passe (ou la section du passage le plus étroit, s'il n'est pas égal partout), et multipliant la surface de cette section par la vitesse de l'air. Exemple : soit un conduit de forme prismatique rectangulaire, de 100 décimètres de longueur, dont la sec-

