BIBLIOTHÈQUE DES CONNAISSANCES UTILES

J. LEFÈVRE

LE CHAUFFAGE

PARIS
J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

DU MÊME AUTEUR

La Photographie et ses applications aux sciences, aux arts et à l'industrie. Avec figures dans le texte et spécimens de procédés de reproduction, 1888, 1 vol. in-16 *(Bibliothèque scientifique contemporaine)*. 3 fr. 50

L'Électricité a la maison. Avec 209 figures intercalées dans le texte, 1889, 1 vol. in-18 *(Bibliothèque des connaissances utiles)*. 4 fr.

Dictionnaire d'électricité et de magnétisme, comprenant les applications aux sciences, aux arts et à l'industrie, à l'usage des Électriciens, des Ingénieurs, des Industriels, etc. Avec la collaboration d'Ingénieurs et d'Électriciens. Précédé d'une Introduction par M. E. Bouty, professeur à la Faculté des sciences de Paris, 1891, 1 vol. gr. in-8°, 1022 pages avec 1125 figures intercalées dans le texte. . . . 25 fr.

BIBLIOTHÈQUE DES CONNAISSANCES UTILES

A 4 FR. LE VOLUME

Collection de volumes in-16 comprenant 400 pages, illustrés et cartonnés

Beauvisage. *Les Matières grasses*, caractères, falsifications et essai des huiles, beurres, graisses, suifs, et cire.

Buchard. *Les Constructions agricoles et l'architecture rurale.*

—— *Le Matériel agricole.* Machines, outils, instruments employés dans la grande et la petite culture.

Graffigny (De). *Les Industries d'amateurs*, le papier, le bois, le verre, la porcelaine et le fer.

Halphen. *La Pratique des essais commerciaux et industriels*, par G. Halphen, chimiste au Laboratoire du ministère du commerce. Matières minérales : 1 vol. Matières organiques : 1 vol.

Hèraud. *Les Secrets de l'alimentation.*

—— *Les Secrets de l'économie domestique* à la ville et à la campagne, recettes, formules et procédés d'une utilité générale et d'une application journalière.

—— *Les Secrets de la science et de l'industrie*, recettes, formules et procédés d'une utilité générale et d'une application journalière.

Montserrat (de) et Brisac. *Le Gaz*, éclairage, chauffage, force motrice.

Piesse (S.). *Histoire des Parfums.*

—— *Chimie des parfums et fabrication des savons, odeurs, essences*, etc.

Riche. *L'Art de l'essayeur.*

—— *Monnaie, médailles et bijoux.*

Tassart. *Les matières colorantes et la chimie de la teinture.*

—— *L'Industrie de la teinture.*

Vignon (L). *La Soie*, au point de vue scientifique et industriel.

Witz (A). *La Machine à vapeur*, par A. Witz, docteur ès sciences, ingénieur des arts et manufactures.

Lyon. — Imp. Pitrat Ainé, A. Rey Successeur, 4, rue Gentil. — 4656

JULIEN LEFÈVRE
PROFESSEUR SUPPLÉANT A L'ÉCOLE DE MÉDECINE DE NANTES
PROFESSEUR A L'ÉCOLE DES SCIENCES

LE CHAUFFAGE

ET

LES APPLICATIONS DE LA CHALEUR DANS L'INDUSTRIE

ET L'ÉCONOMIE DOMESTIQUE

Avec 188 figures intercalées dans le texte

VENTILATION
Ventilation naturelle ;
par cheminée chauffée ; mécanique
CHAUFFAGE
Chauffage par les cheminées, par les poêles ;
par l'air chaud ; par l'eau chaude ; par la vapeur ;
chauffage mixte et indirect ; chauffage des cuisines
Applications à l'économie domestique et à l'industrie
Distillation ; Evaporation ; Séchage ;
Stérilisation et désinfection ; Crémation
PRODUCTION ET APPLICATIONS DU FROID
Conservation des matières alimentaires
par la chaleur et le froid

PARIS
LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
19, RUE HAUTEFEUILLE, PRÈS DU BOULEVARD SAINT-GERMAIN
—
1893

INTRODUCTION

Parmi les agents physiques qui nous entourent, il n'en est pas de plus utile que la chaleur. Si l'électricité a engendré un nombre incalculable d'applications, qui fournissent à l'industrie une foule de procédés nouveaux ou perfectionnés, ou qui apportent à notre existence de nouvelles conditions de bien-être et de confort, la chaleur se traduit par un grand nombre de manifestations, dont quelques-unes sont indispensables à notre existence elle-même.

Sans la chaleur solaire, notre globe se refroidirait rapidement et la vie s'éteindrait bientôt à sa surface. C'est elle qui fait naître et grandir autour de nous les plantes dont nous avons besoin, elle qui fait mûrir le blé et qui amène les fruits à leur maturité. Son action bienfaisante n'est pas moins indispensable au développement des animaux. La chaleur et la lumière sont les deux agents qui mettent en jeu toutes les réactions chimiques nécessaires à la vie des êtres animés.

La chaleur produite dans nos organes par la combustion lente des substances organiques maintient notre corps à la température qui lui est indispensable. En brûlant dans des foyers convenables les combustibles que nous fournit la nature, nous obtenons la chaleur nécessaire soit pour chauffer nos maisons en hiver, soit pour alimenter les fours que l'industrie emploie pour la métallurgie, la verrerie, la

cuisson du pain, des briques, de la porcelaine, de la chaux, etc.

Les changements d'état produits par la chaleur ne sont pas moins utiles : en fondant les métaux, elle permet de les travailler plus facilement. L'eau, transformée en vapeur, acquiert une force élastique qui actionne les machines à vapeur. La vaporisation des liquides est encore utilisée dans diverses autres applications, telles que la distillation, l'évaporation, le séchage, l'essorage, etc.

Nous nous sommes proposé de décrire dans ce volume les applications si nombreuses de la chaleur à l'industrie et à l'économie domestique. Mais, précisément à cause du nombre et de l'importance de ces applications, nous avons dû faire un choix, pour ne pas sortir des limites qui nous sont assignées. D'ailleurs, un certain nombre de ces applications ayant déjà trouvé place dans d'autres ouvrages de la *Bibliothèque des connaissances utiles*, il devenait inutile de les décrire ici avec détail ; il nous suffira de les indiquer sommairement.

Ainsi que notre titre l'indique, nous avons consacré la plus large place à la VENTILATION et au CHAUFFAGE. Tous les systèmes employés aujourd'hui pour ces deux opérations sont décrits avec soin. A la fin de cette première partie, nous avons ajouté un certain nombre d'exemples, qui montrent les dispositions adoptées dans des établissements dont l'installation, le plus souvent nouvelle, est considérée comme satisfaisante.

Après les appareils destinés au chauffage des appartements et des édifices, nous avons placé ceux qui servent aux divers usages de l'économie domestique : chauffage des cuisines, des bains, des serres, des voitures et des wagons, etc.

Les chapitres qui suivent sont consacrés aux applications tirées de la TRANSFORMATION DES LIQUIDES EN VAPEURS : *distillation, évaporation, séchage et essorage.* Pour la

distillation, nous avons développé surtout les procédés relatifs à la distillation de l'eau et à celle de l'eau de mer, et nous avons traité sommairement la distillation de l'alcool et celle du goudron de houille. Le lecteur trouvera, s'il le désire, des détails très complets sur ces questions dans des ouvrages de cette collection déjà publiés[1].

Nous arrivons ensuite à des applications plus nouvelles, c'est-à-dire à l'emploi de la chaleur pour la DESTRUCTION DES MICROBES ET DES GERMES qui jouent un si grand rôle dans la transmission des maladies épidémiques et de ceux qui provoquent les fermentations capables d'altérer les matières animales ou végétales utiles à notre alimentation ; c'est ce qui constitue la désinfection et la conservation des matières alimentaires.

Un chapitre spécial est employé à décrire les nouveaux *fours crématoires*.

Enfin la dernière partie est consacrée à l'étude des divers procédés mis en œuvre pour la PRODUCTION DU FROID, ainsi qu'à leurs applications : *mélanges réfrigérants*, *machines frigorifiques*, *fabrication et conservation de la glace*, *conservation des matières alimentaires*.

[1] Voy. L'ALCOOL, par M. Larbaletrier, et LE GAZ, par MM. Montserrat et Brisac.

LE CHAUFFAGE

ET LES APPLICATIONS DE LA CHALEUR DANS L'INDUSTRIE

ET L'ÉCONOMIE DOMESTIQUE

CHAPITRE PREMIER

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA VENTILATION

Nécessité de la ventilation. — Volume d'air qui lui est nécessaire. — Divers modes de ventilation. — Ventilation ascendante, descendante, horizontale. — Ventilation naturelle, artificielle, par cheminée chauffée.

Nécessité de la ventilation. — L'homme, de même que les animaux, ne peut respirer longtemps enfermé dans une chambre close sans être incommodé par les produits toxiques résultant soit de ses propres fonctions vitales ou de celles des êtres qui l'entourent, soit des phénomènes de combustion, de fermentation, de putréfaction, qui se produisent autour de lui.

Au dehors, ces gaz délétères sont sans cesse mélangés avec l'énorme masse gazeuse qui constitue l'atmosphère ; l'acide carbonique, qui forme la plus grande partie de ces gaz, disparaît grâce à diverses causes, telles que sa solubilité dans l'eau et la nutrition des plantes, et l'air garde une composition constante, qui le maintient toujours également apte à entretenir la respiration et la vie des animaux.

Il n'en est plus de même à l'intérieur des édifices, où des

causes nombreuses tendent sans cesse à vicier l'air autour de nous, et tout le monde sait qu'un animal enfermé sous une cloche fermée ne tarde pas à périr.

La première des causes qui contribuent à cette altération de l'air est la respiration de l'homme. On sait que l'atmosphère contient normalement en volume environ 20,8 pour 100 d'oxygène et 3 à 4 dix-millièmes d'acide carbonique.

Les êtres humains absorbent, en respirant, une quantité notable d'oxygène et émettent en revanche un volume à peu près égal d'acide carbonique ; ces quantités varient du reste avec l'âge, le sexe, l'état d'activité ou de repos, de santé ou de maladie. L'homme adulte consomme en vingt-quatre heures 520 litres d'oxygène et produit 462 litres d'acide carbonique, ce qui suffirait pour élever à 8 ou 10 pour 100 la teneur en acide carbonique de l'air d'une chambre close de 45 mètres cubes. La respiration est en même temps une source abondante de vapeur d'eau, car l'air qui sort des poumons, à la température de 37 degrés, est saturé de cette vapeur. En admettant que le volume de gaz inspiré, puis expiré, soit de 500 litres d'air supposé sec par heure, ou trouve 21,75 grammes de vapeur d'eau, ce qui fait 522 grammes en vingt-quatre heures.

A ces effets s'ajoutent encore ceux de la respiration cutanée, qui produit un peu d'acide carbonique et une quantité de vapeur d'eau à peu près double de celle qui sort des poumons. La quantité totale d'eau expulsée en vingt-quatre heures est donc d'environ 1500 grammes.

Les diverses parties du corps de l'homme, telles que les poumons, la peau, les glandes sébacées, les deux extrémités du tube digestif, répandent enfin dans l'atmosphère des produits organiques souvent fétides, susceptibles de fermenter sur place, de vicier rapidement l'air et de lui communiquer une odeur désagréable. Ces inconvénients augmentent encore par la malpropreté des sujets ou par leur état pathologique.

D'un autre côté, tout conspire, autour de l'homme, à multiplier les causes d'altération de l'air. Toutes les combustions sont accompagnées, comme la respiration, d'une absorption d'oxygène et d'une production correspondante d'acide carbonique. Les appareils de chauffage et d'éclairage, à part la lumière électrique, ont donc toujours une influence nuisible. Ainsi, une bougie brûlant 10 ou 12 grammes par heure produit à peu près autant d'acide carbonique et de vapeur d'eau qu'un homme adulte ; une lampe à gros bec, brûlant 40 à 45 grammes d'huile, en produit quatre fois plus. Enfin, un bec de gaz qui brûle 100 litres par heure absorbe autant d'oxygène que six personnes. Ces appareils versent en outre dans l'air des vapeurs ou des gaz étrangers, dont quelques-uns, comme nous le verrons plus loin, sont dangereux par eux-mêmes.

Les animaux domestiques, qui vivent souvent dans des rapports beaucoup trop intimes avec leurs propriétaires, exercent sur l'atmosphère ambiante la même influence que l'homme lui-même. Les plantes ont aussi un rôle analogue, quoique moins grave ; si, pendant le jour, grâce à la fonction chlorophyllienne, leurs parties vertes nous débarrassent d'une partie de l'acide carbonique, ces mêmes organes, pendant la nuit, et les fleurs en tout temps, sont une source abondante de ce gaz ; il faut ajouter encore la vapeur d'eau et les produits volatils, souvent odorants ou même nuisibles, qui se dégagent des plantes.

Une foule d'autres phénomènes contribuent encore à vicier l'air dans nos habitations : tels sont les germes et les organismes inférieurs qui vivent et se reproduisent sans cesse autour de nous, et les milieux qui favorisent leur développement, comme les aliments, les ordures ménagères, les produits excrémentitiels, la mauvaise organisation des fosses d'aisances, qui devraient être fermées de façon à intercepter complètement le retour des gaz vers les pièces habitées.

Les causes nombreuses d'altération de l'air que nous venons d'énumérer rapidement montrent combien il importe de ménager dans les édifices une quantité d'air respirable suffisante pour l'usage auquel ils sont destinés ou, ce qui exige moins de place, de renouveler cet air avant qu'il puisse exercer une influence fâcheuse sur l'organisme. C'est là le but de la ventilation.

Pour faire sortir le gaz vicié et le remplacer par de l'air pur, il faut déterminer entre l'intérieur du local et l'air atmosphérique une certaine différence de pression. On peut aspirer les gaz viciés ; l'air pur rentre alors par suite de l'abaissement de pression produit à l'intérieur. On préfère dans d'autres cas insuffler dans l'édifice de l'air pur, et l'accroissement de force élastique qui résulte de son introduction chasse l'air vicié.

Volume d'air nécessaire à la ventilation. — Pour que l'air d'une habitation soit dans des conditions convenables de salubrité, il est indispensable que les produits de la respiration et des combustions ne dépassent pas une certaine proportion limite. Quelle est cette proportion et comment la déterminer ?

Les matières organiques éliminées dans la respiration et la transpiration ont une action très nuisible sur l'organisme ; mais il est impossible de les doser et de déterminer dans quelles proportions elles doivent se trouver dans l'air pour commencer à le rendre insalubre. C'est surtout l'odorat qui nous permet de constater leur présence et d'apprécier, jusqu'à un certain point, leur abondance.

Tout ce qu'on peut dire à cet égard, c'est d'affirmer que la ventilation est insuffisante toutes les fois que l'odeur caractéristique de ces matières se manifeste d'une manière notable dans les lieux habités.

L'humidité ne doit pas non plus être trop abondante, car elle gênerait le dégagement de la vapeur d'eau contenue dans l'organisme, et c'est là une des fonctions les plus impor-

tantes de la vie. C'est à cette influence qu'on attribue la sensation de chaleur et d'accablement qu'on éprouve souvent à l'approche d'un orage. Inversement, si l'air est trop sec, les transpirations pulmonaire et cutanée sont trop actives, la respiration est gênée, la gorge se dessèche et les bronches s'irritent. Mais les physiologistes ne s'accordent pas sur les limites entre lesquelles doit rester l'état hygrométrique de l'air pour éviter les inconvénients que nous venons de signaler.

De tous les produits insalubres, l'acide carbonique est le plus facile à doser ; aussi la proportion de ce gaz sert-elle ordinairement à reconnaître si l'air a besoin d'être renouvelé. Les expériences faites pour déterminer la proportion limite d'acide carbonique ont donné des résultats un peu variables. M. Pettenkofer admet que l'air devient irrespirable lorsqu'il contient un centième de ce gaz ; d'après les expériences de Leblanc, il suffirait de 8 millièmes pour rendre l'air lourd et pénible à respirer. Dans les salles d'hôpitaux, qui sont habitées d'une manière permanente, et par des malades, il est de règle qu'on ne doit pas dépasser un millième.

Il serait évidemment désirable qu'on pût toujours produire une ventilation suffisante pour assurer à l'air intérieur une composition à peu près identique à celle de l'atmosphère. Mais ce résultat est impossible à atteindre, car il faudrait produire dans les habitations de véritables courants d'air qui ne seraient pas sans inconvénients. De plus, le travail mécanique absorbé par le ventilateur augmente avec la quantité d'air qu'on veut faire passer, et, en hiver, les frais de chauffage varient dans le même sens. On doit donc se borner à introduire dans les édifices la quantité d'air exactement nécessaire pour une bonne ventilation : cette quantité varie du reste avec les circonstances. Le général Morin admettait les proportions suivantes, par heure et par personne :

	Mètres cubes
Hôpitaux à maladies communes.	60 à 70
— pour blessés et femmes en couches. .	100
— pour maladies épidémiques	150
Prisons.	50
Ateliers ordinaires.	60
— insalubres.	100
Casernes, le jour	30
— la nuit.	40
Théâtres	40 à 50
Lieux de réunion (court séjour).	30
— — (long séjour)	60
Écoles d'enfants.	12 à 15
— d'adultes.	25 à 30
Écuries et étables.	180 à 200

L'hôpital militaire de Cherbourg présente un cubage de 22 mètres cubes, celui de Rochefort 41 mètres cubes. Les hôpitaux civils de Paris ont une moyenne de 43 mètres, les hôpitaux anglais 52 (Le Fort).

Les nombres du tableau précédent sont du reste trop élevés, car ils ont été calculés pour la ventilation descendante, dans laquelle l'air neuf, introduit à la partie supérieure du local, se mélange en descendant avec les gaz insalubres, qui tendent à s'élever, et en entraîne une partie avec lui. Les produits de la respiration et de la combustion, en effet, malgré l'acide carbonique qu'ils renferment, sont toujours plus légers que l'air, à cause de la vapeur d'eau dont ils sont chargés, et de leur température, qui est notablement supérieure à celle de l'air ambiant ; ils tendent donc à monter vers le sommet de l'édifice, et il est préférable de les évacuer par cette partie du local, en faisant arriver l'air extérieur, à une température peu élevée, vers la partie inférieure, aussi près que possible des occupants. Ce système de ventilation ascendante, depuis longtemps recommandé par M. Trélat, est généralement adopté aujourd'hui. On fait cependant usage quelquefois, soit de la ventilation descendante, soit de la ventilation horizontale, dans laquelle l'air extérieur entre

par une ouverture située à une certaine hauteur, tandis que l'air vicié sort par un orifice placé en face et à la même hauteur. Quel que soit le système employé, il faut éviter soigneusement que le renouvellement de l'air soit accompagné de courants froids, désagréables et nuisibles pour les personnes placées dans le local.

On donne le nom de *ventilation naturelle* à celle qui est obtenue sans le secours d'aucun appareil spécial ; la *ventilation artificielle* est celle qu'on produit au moyen d'appareils mécaniques disposés à cet effet. Une disposition intermédiaire est celle qui utilise pour ventiler les appareils destinés au chauffage.

CHAPITRE II

VENTILATION NATURELLE

Ventilation naturelle. — Manches à vent, vasistas, vitres à soufflet, valve de Sheringham, etc. — Ventilation de porosité, briques et vitres perforées. — Appareils pour la ventilation naturelle. — Appareils pour l'évacuation de l'air vicié.

Ventilation naturelle. — Nous n'avons pas besoin de rappeler combien il est utile d'ouvrir fréquemment, et pendant un certain temps, les fenêtres et les portes des maisons. Il est facile de constater, avec une bougie allumée, qu'une porte entr'ouverte, en hiver, dans un appartement, laisse passer un courant d'air dirigé, à la partie inférieure vers l'intérieur de la chambre, et vers l'extérieur au haut de l'ouverture. Si l'on n'ouvre dans une pièce qu'une seule fenêtre ou des fenêtres situées d'un même côté, les courants aériens

ne pénètrent pas très profondément, et l'atmosphère n'est renouvelée que dans le voisinage des ouvertures. Mais, si l'on ouvre des fenêtres ou des portes sur deux parois opposées d'une chambre, qui sont toujours inégalement échauffées par le soleil, il se produit aussitôt des courants qui renouvellent très vite l'air intérieur. Un vent ayant même une vitesse insensible, par exemple 0,5 mètre par seconde, introduit à travers une fenêtre de 3 m. carrés de section 5400 mètres cubes par heure.

C'est donc le moyen le plus rapide et le plus efficace de renouveler l'air. Aussi beaucoup d'hygiénistes recommandent-ils d'avoir, même dans les hôpitaux, des fenêtres sur les deux parois opposées et de les ouvrir plusieurs fois par jour, en prenant les précautions nécessaires pour garantir des courants d'air les malades qui ne peuvent quitter leur lit; on peut faire des fenêtres séparées en deux parties et ouvrir seulement la moitié supérieure.

Il arrive seulement quelquefois, par les temps chauds et lourds, que l'air est complètement calme et la ventilation par les fenêtres ouvertes ne se fait pas. De plus ce procédé n'est pas applicable en toute saison.

Enfin, lorsque les portes et les fenêtres sont fermées, les parois de nos maisons, qui présentent toujours une certaine porosité, les joints des portes et des fenêtres, qui sont toujours bien loin d'être parfaitement étanches, produisent déjà une certaine ventilation, qu'on augmente parfois au moyen d'orifices plus ou moins nombreux pratiqués dans les vitres, les murs ou les planchers.

Il est vrai que la ventilation due aux joints des portes et des fenêtres se produit souvent, comme tout le monde a pu le constater, sous la forme de courants d'air extrêmement désagréables; mais elle a l'avantage d'être à peu près inévitable, même lorsqu'on essaie de boucher ces joints plus ou moins complètement à l'aide de bourrelets. La somme des surfaces de ces fissures est beaucoup plus grande qu'on ne

le croit communément. Ainsi, dans une expertise sur le chauffage de l'église Saint-Roch, on a constaté que la somme des sections des fissures des fenêtres atteignait 14 mètres carrés. Dans une chambre de 70 mètres cubes, ayant deux fenêtres et quatre portes, on avait dégagé de l'acide carbonique jusqu'à ce que l'air en contînt 0,07. Au bout d'une demi-heure, la ventilation produite par les joints des portes et des fenêtres avait réduit cette proportion à 0,003.

D'un autre côté, les parois des maisons, malgré leur épaisseur, laissent filtrer à travers leur masse un courant de gaz continu. L'air traverse, en effet, non seulement les enduits de plâtre qui recouvrent les plafonds, mais encore les murs de briques. Pettenköfer a montré ce résultat avec une caisse métallique bien close et séparée en deux parties par un mur de briques bien rejointoyé, de 35 centimètres d'épaisseur. Chaque compartiment était muni d'une tubulure, et, en soufflant par l'un des orifices, on pouvait éteindre une bougie présentée devant l'autre.

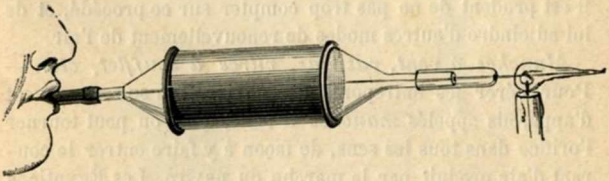


Fig. 1. — Expérience de Pettenköfer.

On peut donner à l'expérience la forme suivante (fig. 1) : la matière qu'on veut examiner, cloison de briques, de pierre, de bois, de mortier, est fixée dans un cylindre imperméable; deux entonnoirs de verre sont adaptés aux extrémités. En soufflant par l'un d'eux, on peut arriver facilement à infléchir et même à éteindre la flamme d'une bougie placée à l'autre bout.

Un mur en briques, hourdé en ciment, laisse encore passer,

sous une pression de 0,01 m. d'eau, 13 litres d'air par mètre carré et par heure. Un mur de moellons est certainement moins poreux.

Il se produit donc toujours, même dans les locaux qui ne sont munis d'aucune disposition spéciale, une certaine ventilation, qui aurait une assez grande valeur si l'on pouvait en apprécier facilement le rendement, et surtout le rendre invariable; l'air ainsi introduit n'a qu'une vitesse insensible, et, tandis qu'il chemine lentement à travers les canaux microscopiques du mur, il s'échauffe peu à peu à la température de la chambre. La ventilation de porosité n'est donc pas à dédaigner, surtout dans les maisons des pauvres, dont les murs sont généralement peu épais et souvent exempts d'enduit ou de peinture au dedans comme au dehors. Néanmoins, comme ses effets sont toujours faibles et irréguliers, qu'ils dépendent de la nature et de l'épaisseur des murs, de l'assèchement des matériaux de construction, des oscillations de la température, de l'intensité et de la direction du vent, il est prudent de ne pas trop compter sur ce procédé, et de lui adjoindre d'autres modes de renouvellement de l'air.

Manches à vent, vasistas, vitres à soufflet, etc. — Pour aérer les entreponts des navires, on se sert souvent d'appareils appelés *manches à vent*, dont on peut tourner l'orifice dans tous les sens, de façon à y faire entrer le courant d'air produit par la marche du navire. Les Égyptiens emploient depuis l'antiquité un système analogue, formé de deux orifices diamétralement opposés, dont l'un, tourné du côté des vents dominants (nord-est), sert à l'entrée de l'air, l'autre à la sortie. Cette disposition a l'inconvénient de produire des courants d'air.

En Allemagne et en Autriche, on a essayé l'emploi de gaines munies d'orifices et de registres; mais la manœuvre des registres est compliquée et le fonctionnement laisse beaucoup à désirer.

En Angleterre on se sert de gaines verticales, dissimulées

dans les murs et couronnées par une sorte de pyramide percée d'orifices nombreux ; l'air introduit dans cet appareil perd une partie de sa vitesse dans la gaine, qui est plus large, et arrive aux appartements par des bouches disposées

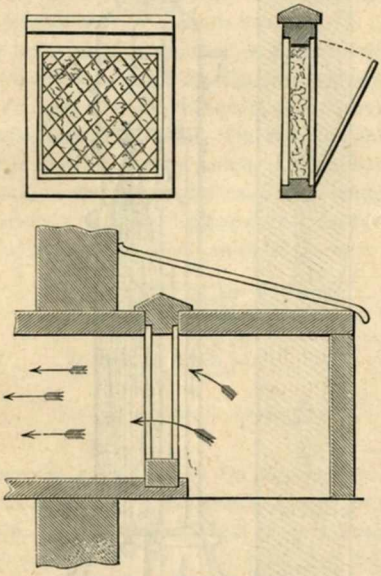


Fig. 2. — Filtre à coton.

à cet effet. Mais les orifices des pyramides sont susceptibles de se boucher plus ou moins rapidement par la poussière et la suie. Cet inconvénient est très sensible à Londres, où l'atmosphère est remplie de fumée. On peut remplacer les pyramides par des filtres à air, qui s'encrassent également, mais qu'on peut changer souvent.

Ces filtres sont souvent garnis de coton ; leur mode d'action se voit facilement sur la figure 2. On peut aussi purifier

l'air en le mettant en contact avec une lame d'eau. L'air

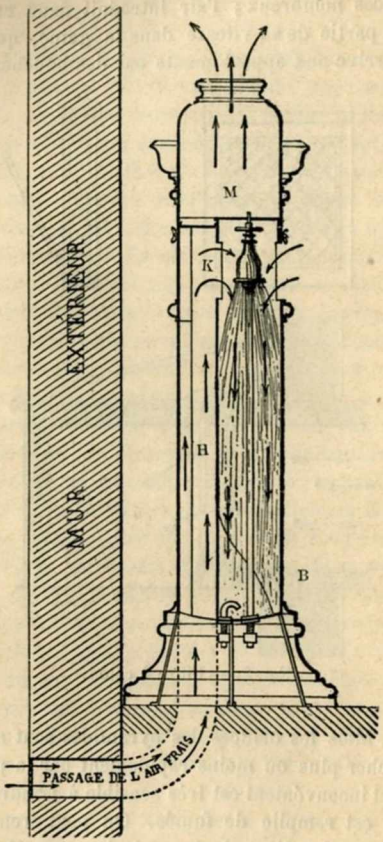


Fig. 3. — Filtre à eau.

frais monte par le tube H (fig. 3), traverse l'ouverture K, redescend jusqu'au bas de l'enveloppe B, grâce à l'aspiration

que produit l'écoulement d'eau, et remonte enfin par M pour s'échapper dans l'appartement par l'ouverture du sommet.

En France, on a parfois recours à des ouvertures pratiquées dans la partie supérieure des fenêtres et pouvant s'ouvrir d'une façon indépendante. Ces appareils sont généralement désignés sous le nom de *vasistas.*

Lorsque ces vasistas s'ouvrent en tournant autour d'une charnière verticale, comme les fenêtres ordinaires, ils ont le défaut de produire des courants d'air violents et de laisser parfois entrer la pluie. On évite ces inconvénients en rendant le vasistas mobile autour de son bord inférieur et en le garnissant de joues latérales métalliques, qui font saillie au dehors lorsque l'appareil est fermé *(vitres à soufflet):* le courant d'air est alors dirigé vers le plafond,

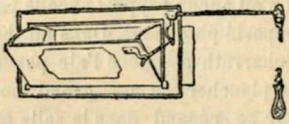


Fig. 4. — Valve de Sheringham.

d'où il s'éparpille dans la salle. On peut encore diminuer la vitesse de ce courant en garnissant la baie du vasistas d'une tôle perforée, ou d'un canevas qui divise la masse d'air en une foule de petits filets. On a fait aussi des vasistas munis de mécanismes plus ou moins compliqués pour graduer la surface de l'orifice. L'une des meilleures formes est celle de la valve de Sheringham (fig. 4), qui se compose d'une boîte métallique encastrée dans le mur, grillée à l'extérieur et s'ouvrant à l'intérieur au moyen d'un contre-poids.

A l'étranger, on utilise parfois pour la ventilation les fenêtres doubles, souvent employées pour préserver les locaux contre le froid extérieur. Dans ce cas, on laisse une partie ouverte au haut du châssis extérieur et une autre au bas du châssis intérieur. L'air entre par la première ouver-

ture, s'échauffe entre les deux fenêtres, et pénètre dans la pièce par l'orifice inférieur.

On peut aussi remplacer une ou plusieurs vitres d'une fenêtre par des lames de verre inclinées comme celles d'une persienne. L'éclairage n'est pas diminué et le courant d'air est brisé par les lames. On peut ajouter par-dessus cet appareil des vitres pleines, que l'on ferme lorsque la ventilation est inutile ou la température trop basse.

Ventilation de porosité, briques et vitres perforées. — Il existe d'autres dispositions dans lesquelles on divise l'air en filets très minces pour éviter les courants nuisibles ou désagréables.

Tel est le système de Reid et de Scharrath, qu'on a désigné sous le nom de *ventilation de porosité (Porenventilation)*, bien qu'il n'ait aucun rapport avec la porosité des murs dont nous avons parlé plus haut. Dans un théâtre de Berlin, par exemple, Scharrath a amené l'air par un canal qui se ramifie sous le plancher en un grand nombre de petits conduits ; cet air se répand dans la salle par des appareils placés sous chaque fauteuil et formés d'une gaze tendue sur un cadre. Ce système ne s'est pas répandu.

Dans nos casernes, on a essayé parfois de remplacer une ou plusieurs vitres par des toiles métalliques. Ces toiles donnent peu d'air, mais sous la forme de courants qui sont insupportables pour les personnes placées près de l'appareil. En outre, la poussière bouche bientôt les mailles de la toile et empêche le fonctionnement de l'appareil, qui diminue aussi l'éclairage. Ce système doit donc être abandonné.

On peut encore faire usage de briques perforées, disposées dans les murs, et dont les orifices, très étroits à l'entrée, vont en s'élargissant vers l'intérieur, de façon à diminuer la vitesse de l'air. Ici encore la poussière peut entraver le fonctionnement, sans qu'il soit possible de nettoyer l'appareil pour le remettre en bon état.

La même objection ne s'applique pas aux vitres perforées,

qui ont l'avantage de ne pas diminuer la lumière et de pouvoir se nettoyer facilement. Ces vitres, dont la fabrication présenta d'abord de grandes difficultés, sont obtenues aujourd'hui par MM. Appert et employées par MM. Geneste et Herscher. Ce sont des plaques de verre de 3,5 à 5 millimètres d'épaisseur, percées de 5000 trous par mètre carré. Ces orifices sont en forme de troncs de cône ; ils ont 3 millimètres de diamètre à l'extérieur et 6 millimètres sur la face intérieure, ce qui donne une surface ouverte supérieure à 3 décimètres par mètre carré. Ce système donne d'assez bons résultats quand le vent extérieur n'est pas trop fort ; lorsque ce vent souffle avec violence, il est nécessaire de fermer les châssis vitrés pleins qui doublent intérieurement les vitres perforées.

M. Wallon a expérimenté ces vitres au lycée Janson de Sailly, dans des classes de vingt-huit élèves, chauffées par des tuyaux qui entouraient la partie inférieure des salles. Ces classes étaient d'ailleurs munies de bouches d'introduction près du plancher et de gaines d'évacuation ayant leur entrée près du plafond. Quand la classe reste inoccupée pendant une heure et demie, l'acide carbonique reprend sa proportion normale, 3/10.000.

Après deux heures d'occupation, on a trouvé les proportions suivantes d'acide carbonique en dix-millièmes.

1° Sans aération	27
2° Avec vitres perforées ouvertes sur les deux faces opposées de la salle.	20
3° Les vitres fermées et les bouches d'introduction et d'évacuation d'air ouvertes.	18
4° Les vitres et les bouches ouvertes. . . .	15

Les résultats donnés par ces vitres sont donc inférieurs à ceux des bouches et gaines d'évacuation du système Geneste et Herscher.

Il est à peine besoin d'indiquer que, parmi les appareils précédents, ceux qui servent seulement à l'introduction de

l'air frais doivent être accompagnés d'orifices pour l'évacuation de l'air vicié.

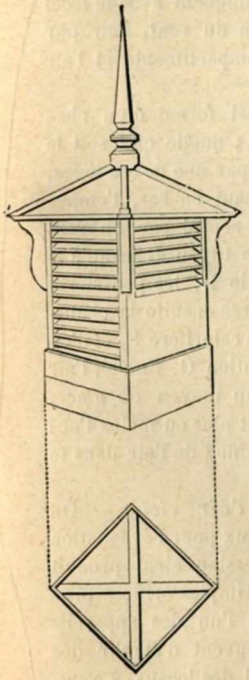
Appareils pour la ventilation naturelle. — Un certain nombre d'appareils auxquels on peut donner le nom de ventilateurs peuvent être employés, seuls ou concurremment avec les dispositions précédentes, pour produire ou pour augmenter la ventilation naturelle. On remplace parfois un carreau de fenêtre par une plaque métallique portant au centre un *moulinet*, qui tourne d'autant plus vite qu'il fait plus de vent. Cet appareil éparpille le courant d'air, mais il a beaucoup d'inconvénients : pour produire une ventilation abondante, il doit avoir des dimensions assez grandes ; il interrompt la lumière et il fait beaucoup de bruit.

On se contente quelquefois de ménager un vide entre le plafond des pièces à ventiler et le plancher de l'étage supérieur ; le vent circule dans cet espace et entraîne l'air vicié par des ouvertures ménagées dans le plafond.

On peut de même, dans certains cas, se servir du toit lui-même comme organe de ventilation, surtout pour les petits bâtiments dont la toiture n'a que deux pentes, en sens opposé l'une de l'autre. Ces deux pentes sont interrompues sur une partie de la longueur du faîte et séparées par une baie de largeur convenable que recouvre un *surtoit (Dachreiter)*, parallèle au toit principal et porté par quatre montants verticaux. Ce surtoit doit avoir des dimensions convenables pour protéger l'ouverture contre la pluie, tout en laissant passer l'air. Pour l'hiver, on peut munir l'ouverture de vitres mobiles qu'on ferme à volonté.

Les dispositions précédentes ne servent qu'à évacuer l'air vicié, et l'air pur rentre par des orifices disposés à cet effet, grâce à la dépression qui s'est produite. Les appareils suivants sont destinés à produire à la fois la sortie de l'air vicié et l'introduction de l'air pur.

Le *ventilateur Watson* est formé de deux tubes parallèles, partant du plafond du local à ventiler et s'élevant



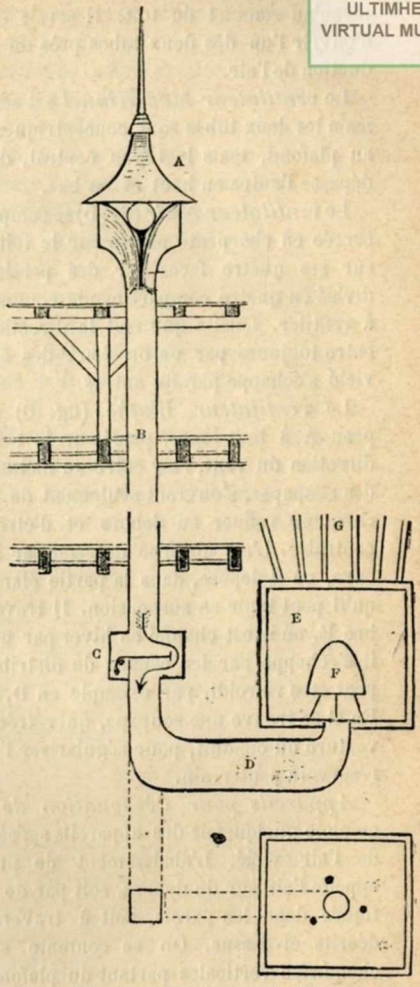


Fig. 5. — Ventilateur Muir.

Fig. 6. — Ventilateur de Wutke.

jusqu'au sommet du toit. Il serait évidemment préférable d'ouvrir l'un des deux tubes près du plancher pour l'introduction de l'air.

Le *ventilateur Mac-Kinnel* est semblable au précédent, mais les deux tubes sont concentriques. Ils s'ouvrent encore au plafond, mais le tuyau central, destiné à l'évacuation, dépasse l'autre en haut et en bas.

Le *ventilateur Muir* (fig. 5) se compose d'une sorte de tour carrée en charpente placée sur le toit de l'édifice et fermée sur ses quatre faces par des persiennes ; l'intérieur est divisé en quatre compartiments communiquant avec le local à ventiler. Quelle que soit la direction du vent, l'air pur entre toujours par un ou deux des compartiments et l'air vicié s'échappe par les autres.

Le *ventilateur Wutke* (fig. 6) est formé d'un chapeau A à huit loges, placé sur le toit ; quelle que soit la direction du vent, l'air entre au moins par une de ces loges; des soupapes, s'ouvrant seulement de haut en bas, l'empêchent de refluer au dehors et d'être aspiré par un vent contraire. L'air absorbé descend par le tuyau B jusqu'à la cave, où il dépose, dans la partie élargie D, les poussières qu'il peut tenir en suspension. Il traverse ensuite la chambre E, où il est chauffé en hiver par un calorifère F, et d'où il s'échappe par les canaux de distribution G. En été, l'air peut être refroidi, par exemple en D, au moyen de glace. En C se trouve une soupape, qui rétrécit plus ou moins l'ouverture du conduit, pour régulariser l'afflux de l'air dans le réservoir souterrain.

Appareils pour l'évacuation de l'air vicié. — On emploie quelquefois des appareils spéciaux pour l'évacuation de l'air vicié. L'abaissement de pression ainsi produit appelle l'air pur du dehors, soit par de simples orifices pratiqués dans les parois, soit à travers l'un des appareils décrits ci-dessus. On se contente souvent d'établir des cheminées verticales partant du plafond des locaux à ven-

tiler et s'ouvrant au-dessus des toits, à une hauteur suffisante. On peut les fermer à la partie supérieure, qui est garnie de lames de persienne pour arrêter la pluie. En hiver, avec une hauteur de 10 à 15 mètres et une différence de température de 10 à 15 degrés, on peut obtenir un courant d'air ayant une vitesse de 0,60 à 0,80 m. par seconde. Mais, en été, quand la différence de température est à peu près nulle, le courant peut s'arrêter complètement.

La plupart des systèmes utilisent le vent pour produire l'écoulement de l'air vicié,

On peut employer une cheminée d'appel, surmontée d'un chapiteau mobile, qui tourne autour d'elle. Ce chapiteau porte deux orifices, l'un à la partie inférieure pour l'introduction du vent, l'autre à la partie supérieure et du côté opposé pour sa sortie; il est terminé par une sorte de girouette qui, sous l'influence du vent, fait tourner l'appareil et oriente l'orifice inférieur du côté d'où vient le courant aérien. L'air pénètre dans le chapiteau et, avant de s'échapper, passe horizontalement devant l'orifice de la cheminée, entraînant l'air qu'elle contient.

L'appareil, imaginé par Wolpert, et appelé *cape à vent (Windkappe)*, est analogue au précédent et rappelle un peu la manche à vent des navires. La cheminée d'appel se termine par un tube évasé en entonnoir (fig. 7) et tournant autour de son axe vertical ; une girouette placée à la partie supérieure oriente l'entonnoir du côté opposé au point d'où vient le vent. Les courants aériens qui passent autour de l'entonnoir y font le vide et aspirent l'air de la cheminée d'appel.

L'appareil (fig. 8), attribué à W. Hammond, doit aussi terminer une cheminée d'appel. Il est formé de deux cornets opposés A et B ; la girouette oriente A du côté d'où vient le vent; le courant d'air, traversant l'appareil dans le sens de la flèche, aspire les gaz de la cheminée, et contribue aussi à les pousser au dehors lorsqu'ils sont arrivés dans le tube

horizontal. La partie étranglée C du double entonnoir est plus rapprochée de A, afin d'empêcher la pression du vent de couper ou même de renverser le courant ascendant.

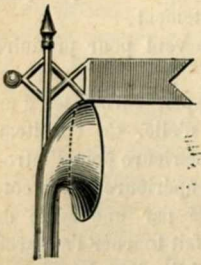


Fig. 7. — Cape à vent.

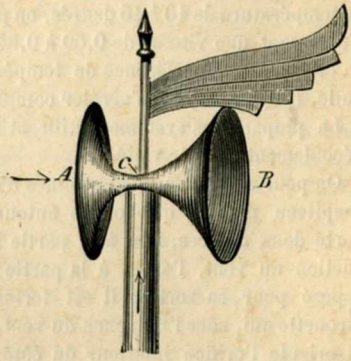


Fig. 8. — Appareil Hammond.

Les appareils à girouette ont l'inconvénient, une fois rouillés, de faire entendre en tournant un bruit désagréable, ou même de ne plus tourner du tout et par suite de ne plus ventiler. Les appareils fixes, tels que ceux qui suivent, sont donc préférables.

Le *ventilateur fixe de Wolpert* (fig. 9) se compose d'une cheminée d'appel *a*, terminée par une caisse d'aspiration conique *b*, que surmonte un couvercle *c*. L'appareil étant symétrique, l'action du vent est la même, de quelque point qu'il vienne. Les flèches horizontales indiquent la direction du vent : les flèches recourbées montrent le courant d'aspiration produit par le glissement du vent sur les surfaces courbes et inclinées de la caisse *b*. D'après Wiel et Gnehm, ce dispositif donnerait de bons effets sur les maisons et surtout sur les wagons de chemins de fer, grâce au courant d'air produit par le rapide déplacement du train.

Le *ventilateur Noualhier* se compose d'une cheminée d'appel entourée de conduits hélicoïdaux, dont les orifices inférieurs sont disposés en cercle tout autour de la base de cette cheminée, tandis que les orifices supérieurs s'ouvrent au haut de celle-ci. Le vent, quelle que soit sa direction,

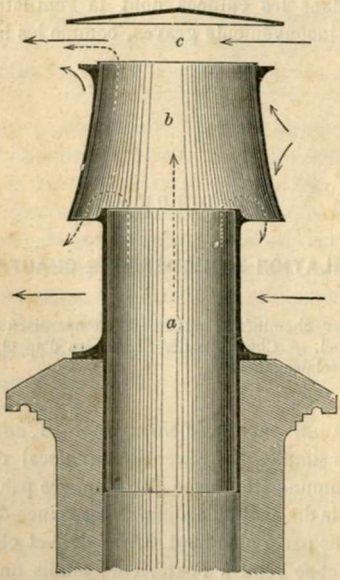


FIG. 9. — Appareil fixe de Wolpert.

s'engage dans un certain nombre de conduits et s'échappe verticalement au haut de l'appareil. L'appel ainsi produit entraîne l'air vicié par le tuyau.

La ventilation naturelle a l'avantage de n'exiger aucune dépense de fonctionnement et de se contenter d'appareils simples, peu coûteux et peu susceptibles de se détériorer;

elle a l'inconvénient de dépendre des conditions atmosphériques, de sorte qu'elle devient à peu près nulle en été. Elle peut suffire dans des locaux occupés par un petit nombre de personnes ou d'une manière intermittente. Mais elle est incapable de remédier à la viciation de l'air dans les salles qui contiennent un grand nombre de personnes, comme les théâtres, ou dans les édifices dont la ventilation ne peut s'arrêter sans inconvénients graves, comme les hôpitaux.

CHAPITRE III

VENTILATION PAR CHEMINÉE CHAUFFÉE

Ventilation par cheminée chauffée. — Comparaison des divers modes d'appel. — Chauffage des cheminées d'appel. — Ventilation par l'éclairage.

Ventilation par cheminée chauffée. — L'une des dispositions les plus simples pour ventiler un local consiste à le mettre en communication avec l'atmosphère par un conduit vertical; c'est la disposition ordinaire des gaines d'évacuation dont nous avons parlé plus haut. L'air vicié et chaud s'élève dans la gaine et se rend à l'extérieur, tandis que l'air frais est appelé par d'autres orifices. Mais le fonctionnement de ces conduits est très irrégulier; comme il dépend de la différence des températures intérieure et extérieure, il est beaucoup meilleur en hiver qu'en été.

On peut obtenir une marche régulière et suffisamment active en maintenant artificiellement la différence de température nécessaire, au moyen d'un foyer allumé à la partie inférieure du conduit.

Tous les appareils de chauffage local, que nous décrivons plus loin, sont des organes de ventilation plus ou moins parfaits, car ils consomment une partie de l'air intérieur, ce qui aspire une quantité égale d'air frais. Les cheminées ventilent d'ailleurs beaucoup mieux que les poêles, car elles aspirent et rejettent au dehors un volume d'air bien supérieur à celui que nécessite la combustion. Un grand nombre d'appareils de chauffage sont munis de dispositions spéciales se rapportant à la ventilation; nous les indiquerons en décrivant ces appareils.

La ventilation obtenue ainsi, par les appareils de chauffage, ne se produit qu'en hiver ; en été, les cheminées sont dépourvues de feu et fonctionnent comme tous les appareils servant à la ventilation naturelle, c'est-à-dire fort mal ; mais on peut obtenir de bons résultats en se servant de cheminées dans lesquelles on entretient en toute saison un foyer destiné à assurer la ventilation. Suivant que cet appareil de chauffage est placé au-dessus des locaux à ventiler, au niveau de ces locaux ou bien au-dessous d'eux, on distingue :

L'appel *par le haut;*

L'appel *à niveau;*

L'appel *par le bas.*

Comparaison des divers modes d'appel. — Dans le système d'appel par le haut (fig. 10), le foyer est placé dans les combles, à la base d'une cheminée qui part de ce point et surmonte le bâtiment. Le tirage ainsi produit aspire l'air vicié, que des conduits partant du bas de chaque étage amènent au-dessous du foyer; de là il se trouve entraîné par la cheminée.

Dans l'appel à niveau, le foyer se trouve à la hauteur de la pièce à ventiler : c'est de là que part la cheminée d'évacuation, qui se termine au-dessus de l'édifice. Les cheminées ordinaires d'appartement, installées pour le chauffage, utilisent l'appel à niveau.

Enfin, il y a appel par le bas (fig. 11) lorsqu'on dispose le

foyer à la base d'une cheminée partant du rez-de-chaussée ou même du sous-sol. L'air vicié redescend d'abord par des

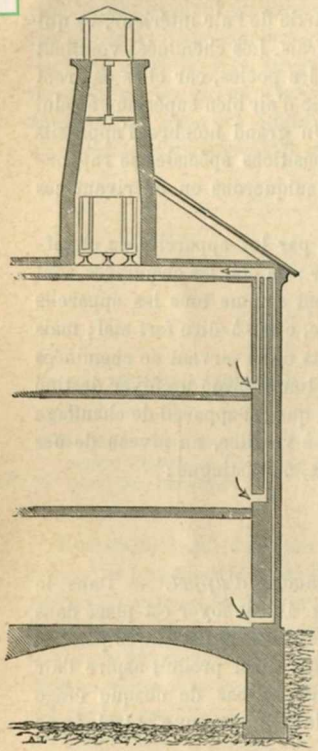


FIG. 10. — Appel en contre-haut.

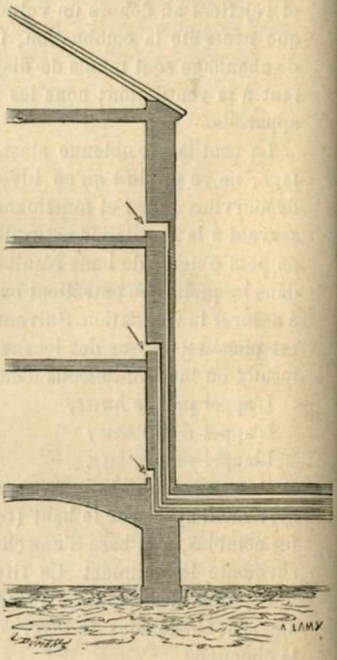


FIG. 11. — Appel en contre-bas.

tuyaux partant de chaque étage et qui le conduisent au-dessous du foyer ; de là il s'échappe par la cheminée.

L'appel par le haut est plus favorable l'hiver que l'été, car les conduits verticaux placés dans les murs sont alors chauffés

à la température des appartements et produisent un tirage qui s'ajoute à celui de la cheminée. Ce tirage va en croissant du haut de l'édifice au rez-de-chaussée. En été, la température étant la même à l'intérieur et à l'extérieur, ces conduits n'ont aucun effet au point de vue du tirage : c'est donc pour cette saison qu'il convient de calculer les dimensions de la cheminée.

Dans l'appel à niveau, il n'y a pas de différence entre l'été et l'hiver, la cheminée partant directement de l'étage à ventiler. Le tirage augmente, comme pour les cheminées de chauffage, depuis le sommet jusqu'au bas de l'édifice.

Enfin, dans l'appel par le bas, les variations de la température extérieure agissent, mais en sens contraire de ce que nous avons vu dans le premier procédé. En hiver, les conduits verticaux placés dans les murs s'échauffent à la température des appartements et tendent en quelque sorte à produire un tirage opposé à celui de la cheminée d'appel, et qu'il faut par conséquent en retrancher. Le tirage est donc encore plus faible aux étages supérieurs qu'au rez-de-chaussée. En été, les conduits sont à la température extérieure et leur influence devient nulle. Le tirage est donc dû seulement à la cheminée d'appel, et il est le même pour tout l'édifice.

L'appel par le bas présente divers inconvénients. Il exige une cheminée très haute, qui doit dépasser le sommet de l'édifice à ventiler, afin d'assurer le tirage même aux étages les plus élevés. Il nécessite en outre d'importantes canalisations dans le sol, ce qui n'est pas toujours possible, et des conduits verticaux dans les murs allant en s'élargissant vers le bas, ce qui est illogique. L'installation de ce système peut donc être aussi coûteuse que celle d'appareils mécaniques, dont le fonctionnement est toujours beaucoup plus sûr. Aussi l'appel par le bas ne doit-il être employé que lorsqu'il est rendu obligatoire par des motifs particuliers.

Lorsqu'on adopte la ventilation par appel, ce qui ne se fait

guère que pour des bâtiments peu importants, il est préfé-

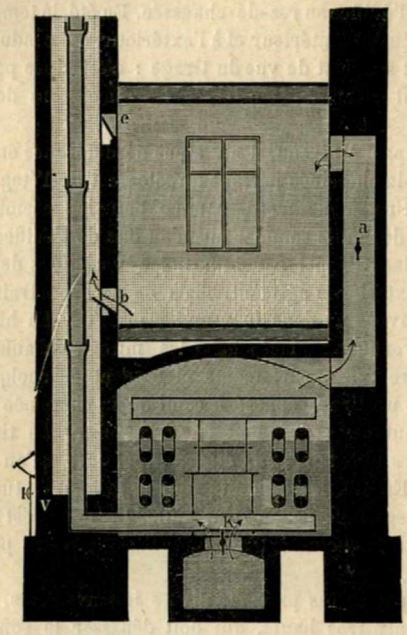


Fig. 12. — Ventilation de l'hôpital militaire de l'Albertstadt à Dresde (hiver).

rable d'adopter l'appel par le haut, qui se prête à une installation plus économique, sans être plus coûteux d'entretien.

Chauffage des cheminées d'appel. — Pour assurer une bonne ventilation, il faut en toute saison maintenir l'air de

la cheminée d'appel à 20 ou 25 degrés au-dessus de la température ambiante.

On peut obtenir ce résultat en installant à la base de la

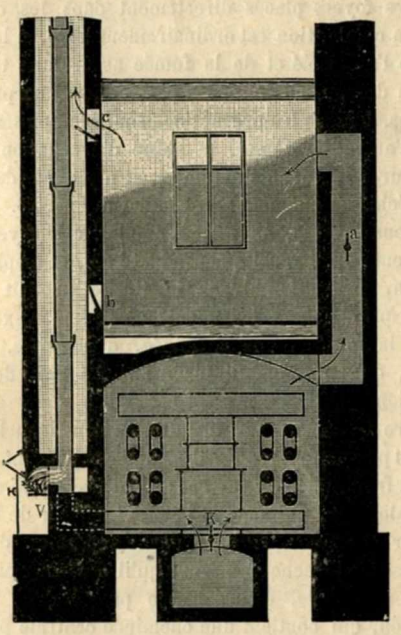


Fig. 13. — Ventilation de l'hôpital militaire de l'Alberstadt, à Dresde (été).

cheminée un foyer spécialement destiné à cet usage. Ce foyer occupe seulement une petite partie de la section, et la fumée, se mélangeant avec l'air vicié, l'échauffe et l'entraîne avec elle.

Pour mieux assurer le mélange, M. Grouvelle place le foyer dans une cloche portant au sommet une couronne en

fonte percée d'un certain nombre d'ajutages. La fumée, sortant par ces orifices, se trouve répartie sur toute la surface du conduit et se mélange mieux avec l'air vicié.

Avec les foyers placés directement dans les cheminées d'appel, la combustion est ordinairement lente, et le mélange intime de l'air vicié et de la fumée assure une très bonne utilisation du combustible ; les pertes dues aux parois sont très faibles, lorsque les précautions sont bien prises.

Dans d'autres systèmes, la gaine d'évacuation de l'air peut entourer le tuyau de fumée ; il n'y a pas de mélange et l'air s'échauffe seulement au contact des parois.

Dans tous les cas, on peut n'employer le foyer destiné spécialement pour l'appel que pendant l'été, et employer à la ventilation, pendant l'hiver, le tirage produit par les appareils qui chauffent les appartements, par exemple en dirigeant la fumée d'une cheminée, d'un poêle, ou d'un calorifère, dans un conduit placé suivant l'axe de la gaine d'évacuation.

La figure 12 montre une installation dans laquelle l'appel est produit par un foyer spécial seulement pendant l'été. En hiver, l'air frais, qui arrive au bas de l'édifice par K, s'échauffe dans le calorifère, qui occupe l'étage inférieur de la figure, arrive par des tuyaux *a* à la partie supérieure des salles, descend vers le plancher à mesure qu'il devient moins chaud et moins respirable, et s'échappe par *b* dans la gaine d'évacuation, qui contient une cheminée centrale parcourue par la fumée du calorifère. En été, cette cheminée reçoit les gaz d'un foyer spécial V, destiné à produire l'appel ; on ferme les soupapes *b* et on ouvre les orifices *c*, placés au haut des salles. L'air froid arrive encore par K, et traverse les conduits *a* pour se rendre dans les salles, où il descend vers le plancher, à cause de sa plus grande densité, tandis que l'air vicié et chaud s'échappe par *c*. On peut reprocher seulement à ce système, imaginé par l'ingénieur Kelling, l'introduction de l'air chaud, en hiver, à la partie supérieure des salles, ce

qui a l'inconvénient de chauffer surtout la partie où se trouve la tête des habitants.

On emploie quelquefois, pour le chauffage des cheminées d'appel, des récipients remplis d'eau chaude ou de vapeur. On évite ainsi l'entretien d'un foyer, mais, l'air ne prenant que peu de chaleur par contact, on est obligé d'avoir une surface de chauffe considérable.

On peut encore se servir d'une couronne de becs de gaz ; c'est évidemment le foyer le plus commode, car on n'a besoin ni de surveiller, ni d'entretenir la combustion ; mais le gaz a l'inconvénient d'être toujours coûteux.

Ventilation par l'éclairage. — Les sources de lumière, dégageant presque toujours une quantité assez notable de

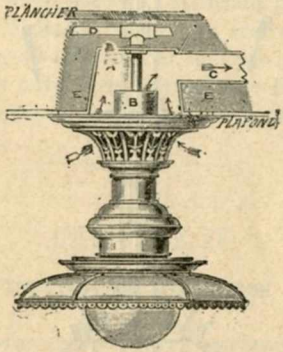


Fig. 14. — Bec Wenham ventilateur.

chaleur, peuvent servir utilement à chauffer une cheminée d'appel. On emploie souvent ainsi les becs de gaz qui éclairent pendant la nuit les salles d'hospices, les dortoirs de lycées, etc. La ventilation produite de cette manière n'entraîne aucun supplément de dépense.

Les lampes à gaz qui éclairent les appartements peuvent

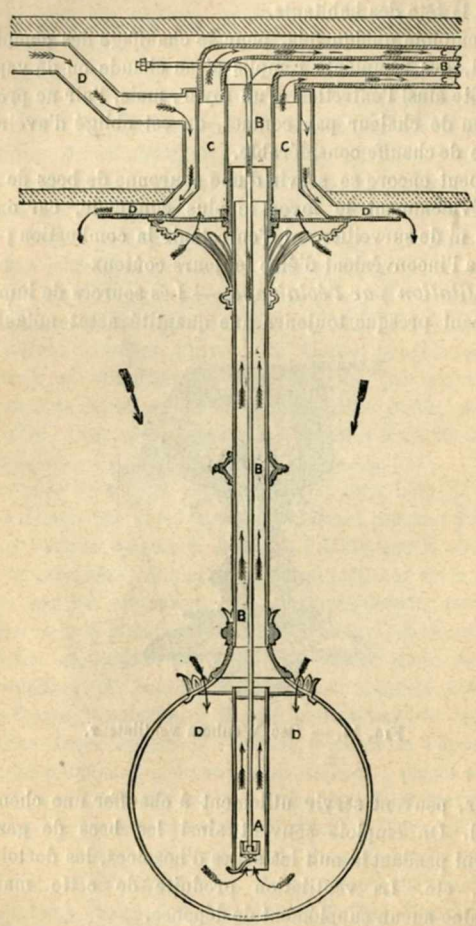


Fig. 15. — Bec de gaz ventilateur.

être disposées pour un usage analogue [1]. La figure 14 montre un bec Wenham qui évacue au dehors, avec les produits de sa combustion, une partie de l'air vicié. Les gaz brûlés se réunissent en B ; l'air vicié est aspiré par la gaine A, pratiquée dans l'entrevous E.

Les becs de gaz ordinaires peuvent être installés de la même manière (fig. 15). Le gaz d'éclairage arrive par A, et les produits de la combustion s'échappent par le tube B, qui passe entre le plafond et le plancher de l'étage supérieur pour se rendre dans une cheminée. L'air vicié est aspiré en C, près du plafond, et s'échappe par un tuyau qui entoure le premier. Ce double tube est entouré lui-même d'une enveloppe incombustible, pour préserver le plancher de l'étage supérieur ; une valve, placée à l'extrémité, peut être fermée quand le gaz ne brûle pas. L'air frais arrive par le tube D, qui s'ouvre à travers le mur extérieur ; une partie de ce gaz pénètre, par les ouvertures marquées de la même lettre, dans le globe lumineux, pour entretenir la combustion.

CHAPITRE IV

VENTILATION MÉCANIQUE

Ventilation mécanique. — Ventilateurs à force centrifuge : Decoster, Bourdon, horizontal, Combes, Letoret, Guibal, Golay, Ser. — Ventilateurs humecteurs d'air : Sée, Kosmos-ventilator. — Ventilateurs à hélice : Geneste-Herscher. — Hydro-ventilateur Dulait. — Ventilateurs à capacité variable : Lemielle. — Ventilation par les injecteurs : Kœrting. — Rendement des ventilateurs.

Ventilation mécanique. — La ventilation naturelle et celle qui est produite par le tirage des cheminées ne peuvent

[1] Voy. de Montserrat et Brisac, *Le Gaz et ses applications*, Paris, 1892 *(Bibliothèque des connaissances utiles)*.

établir qu'une faible différence de pression entre l'atmosphère et l'air intérieur ; cette différence ne dépasse pas 25 à 30 millimètres d'eau. Seuls, les puits de mines forment des cheminées assez hautes pour permettre de dépasser notablement cette limite. A part ce cas particulier, si l'on veut avoir une différence de pression capable de produire une ventilation énergique, 300 ou 400 millimètres d'eau, ou même davantage, il est indispensable d'avoir recours aux ventilateurs.

Les ventilateurs sont formés d'un axe animé d'un mouvement de rotation et portant des palettes. Le déplacement de ces palettes produit autour de l'axe un abaissement de pression qui détermine un appel d'air. On peut diviser ces machines en ventilateurs à force centrifuge, ventilateurs à hélice et ventilateurs à capacité variable.

Ventilateurs à force centrifuge. — Les ventilateurs à force centrifuge se composent essentiellement d'un axe, mis en rotation par un moteur quelconque et portant des ailettes planes ou cylindriques ; dans le premier cas, le plan de chaque ailette passe par l'axe, dans le second, les génératrices de tous les cylindres sont parallèles à l'axe. Sous l'influence du mouvement de rotation, l'air est aspiré par des *ouïes* situées aux deux bouts de l'axe : il est entraîné par les palettes et rejeté par la force centrifuge vers la périphérie, où il s'échappe par un ou plusieurs orifices.

Le ventilateur est dit *aspirant et soufflant* lorsqu'un conduit spécial amène l'air aux ouïes et qu'un autre conduit emmène l'air refoulé. Lorsque le conduit central est supprimé et que l'appareil puise directement le gaz dans l'atmosphère, le conduit d'évacuation subsistant seul, le ventilateur est *soufflant* ou *refoulant*. On appelle enfin ventilateurs *aspirants* ceux qui possèdent seulement un conduit d'appel, le tuyau d'évacuation étant supprimé.

L'orifice de sortie du gaz est ordinairement relié à l'appareil par une *buse*, qui va en s'élargissant dans les

ventilateurs aspirants, afin de réduire la vitesse des gaz qui s'échappent dans l'atmosphère ; au contraire, dans les ventilateurs soufflants, le diamètre va en diminuant, pour permettre le raccordement avec la conduite de refoulement. Dans tous les cas, l'inclinaison ne doit pas dépasser 1/8, afin d'éviter les remous.

Ventilateur Decoster. — Ce ventilateur est un des plus simples. L'axe tournant porte un disque circulaire, sur chaque face duquel sont fixées quatre ailettes planes et rectangulaires. Les ailettes placées d'un côté du disque sont d'ailleurs à 45 degrés de celles qui sont disposées de l'autre côté, afin de régulariser le mouvement de l'air. L'appareil est enveloppé d'une caisse à section rectangulaire légèrement excentrée. L'air s'échappe par une buse disposée tangentiellement. L'axe tourne dans deux paliers graisseurs et reçoit le mouvement au moyen d'une poulie.

Ce ventilateur, comme tous ceux à ailes planes, présente un inconvénient grave. L'espace compris entre les ailes mobiles étant beaucoup plus grand à la périphérie qu'au centre, l'air ne se détend pas assez vite pour remplir cet espace et il se produit derrière les ailes des remous et des courants rentrants, qui absorbent en pure perte une partie notable du travail.

Ventilateur Bourdon. — M. Bourdon a évité ce défaut, tout en conservant aux ailes une surface à peu près plane, en leur donnant la forme d'un trapèze ayant sa petite base à la périphérie (fig. 16 et 17). Ces ailettes, en très grand nombre, sont disposées radialement et montées sur un disque fixé sur l'arbre; leur extrémité tangentielle se recourbe un peu vers l'avant. Cette roue, emboîtée entre deux roues latérales inclinées sur l'axe, tourne dans une enveloppe concentrique, d'où l'air s'échappe par une buse dirigée obliquement. L'arbre tourne dans deux paliers à graisseur automatique.

Pour diminuer les remous dans l'espace libre entre la roue mobile et l'enveloppe fixe, l'inventeur a disposé de chaque

côté un plateau annulaire bien ajusté, qui peut, à l'aide de vis, se rapprocher de la roue jusqu'à ce que le jeu soit devenu aussi faible que possible.

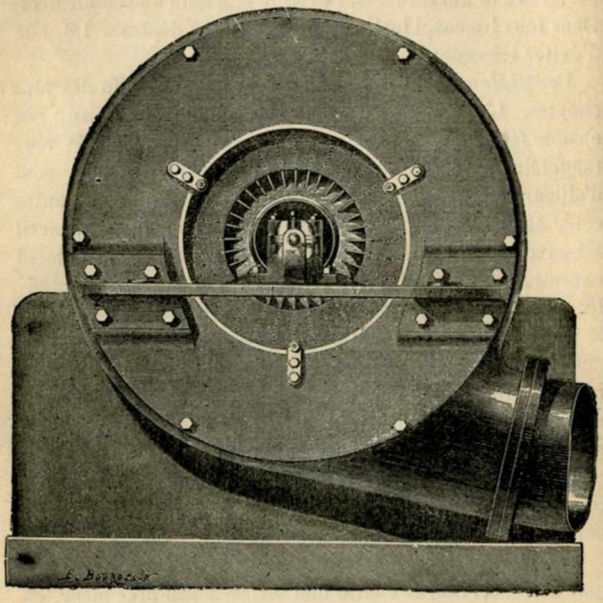


Fig. 16. — Ventilateur Bourdon (élévation).

Les expériences du général Morin ont donné, pour le rapport du volume d'air écoulé au volume engendré par les ailettes 1,06 avec un ventilateur analogue à celui de Decoster et 2,90 avec un ventilateur Lloyd, muni d'ailes trapézoïdales, comme celui de Bourdon.

Ventilateurs horizontaux. — Les ventilateurs à force centrifuge sont souvent disposés pour l'aspiration, surtout

dans la ventilation des mines. Il est alors commode de le placer horizontalement (fig. 18) à l'orifice du puits d'aspiration. L'axe se trouve vertical et repose, à la partie

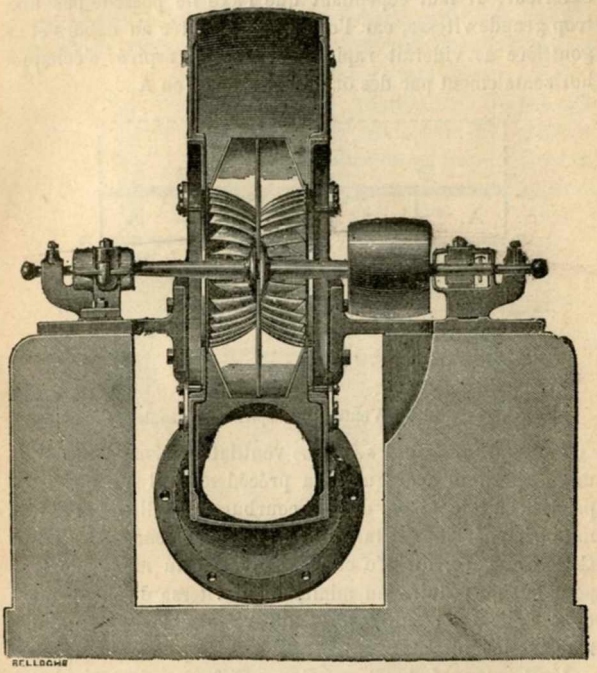


FIG. 17. — Ventilateur Bourdon (coupe par l'axe).

inférieure, sur la crapaudine *c*, portée par une armature qui garnit la bouche du puits B ; il est maintenu à l'autre extrémité par un collet *a*, et reçoit le mouvement de la poulie *p*. Les ailettes sont fixées au disque E et à la couronne *nn*, qui sert à les maintenir plus solidement et empêche en même temps l'air de s'échapper à la partie inférieure des palettes.

La partie inférieure de la couronne porte un anneau saillant *ss*, qui s'enfonce dans une gouttière remplie d'eau. On a ainsi un joint hermétique, qui empêche les rentrées d'air extérieur. Il faut cependant que l'axe ne possède pas une trop grande vitesse, car l'eau serait projetée au dehors et la gouttière se viderait rapidement. L'air aspiré s'échappe horizontalement par des orifices pratiqués en A.

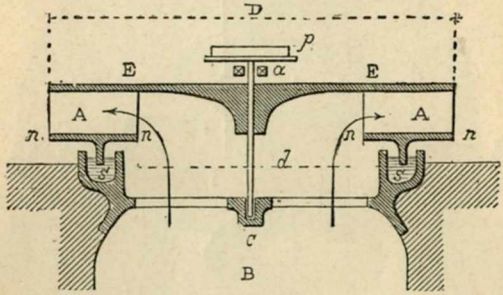


Fig. 18. — Ventilateur aspirant horizontal.

Ventilateur Combes. — Le ventilateur Combes présent une disposition analogue à la précédente : il n'a que trois palettes en tôle mince, dont la courbure est telle que l'extrémité périphérique est tangente à la circonférence extérieure. Cette courbure, dirigée en sens inverse du mouvement, a pour but de réduire au minimum la vitesse d'échappement dans l'air. Ce résultat n'est du reste obtenu que d'une manière insuffisante.

Ventilateur Letoret. — Ce ventilateur a quatre palettes rectangulaires en tôle, articulées sur des bras en fer forgé fixés à l'arbre de rotation. Cette disposition permet de faire varier l'inclinaison des ailes pour leur donner la position la plus favorable. L'appareil n'a pas d'enveloppe : il tourne entre deux murs en maçonnerie, qui portent les ouïes, munies de conduits pour l'aspiration. L'air refoulé s'échappe librement dans l'atmosphère.

Ventilateur Guibal. — Ce ventilateur, qui est, comme les précédents, souvent employé dans les mines, se construit avec de grandes dimensions. Il a souvent 9 à 10 mètres de diamètre et ne doit pas faire plus d'un tour par seconde. Il en est de même de tous les grands ventilateurs : une rotation trop rapide donnerait aux parties périphériques une vitesse capable de tout briser.

Le ventilateur Guibal n'a qu'une seule ouïe B′, dont le diamètre est environ le tiers du diamètre total de l'appareil

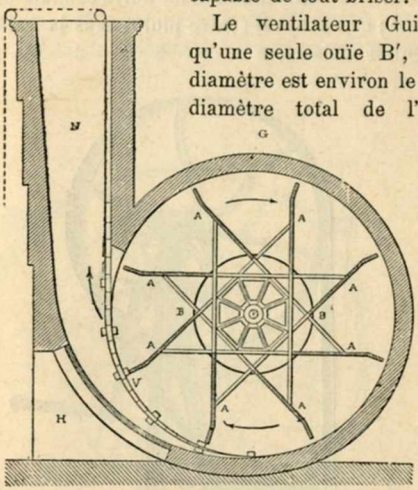


Fig. 19. — Ventilateur Guibal.

(fig. 19). Il porte huit palettes AA, reliées par une armature qui les consolide, et dont la surface, inclinée à 45 degrés sur l'ouïe, se recourbe normalement vers la circonférence extérieure. Les flèches montrent le sens de la rotation.

L'air est refoulé, soit directement par l'orifice H, soit le plus souvent par une cheminée N de forme évasée, dont la section inférieure est à peu près le tiers de celle du haut. Cette disposition augmente beaucoup le rendement.

Ce ventilateur est entouré d'une enveloppe G, interrompue

sur un quart environ de sa circonférence pour laisser échapper l'air. Il est important de régler l'ouverture V suivant la vitesse de rotation, la hauteur et la section de la cheminée. Pour cela, l'orifice V est muni d'une valve mobile et articulée, qui glisse entre des coulisseaux, et qu'on peut manœuvrer du dehors à l'aide d'une chaîne. Le ventilateur Guibal peut être muni aussi d'un autre conduit évasé pour l'aspiration ; cependant il rentre plutôt dans la catégorie des ventilateurs soufflants.

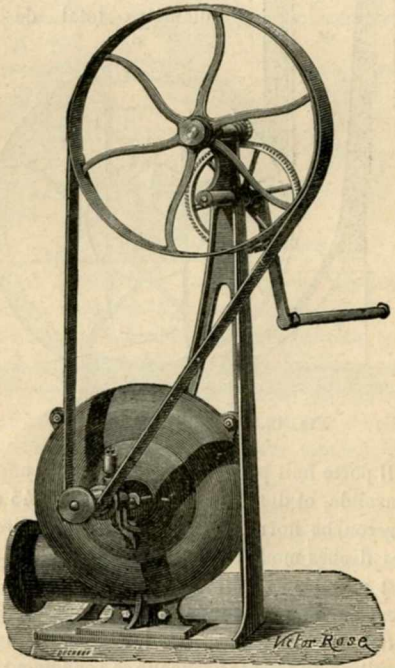


Fig. 20. — Ventilateur à brosses de Golay.

Ventilateur Golay. — Ce ventilateur se construit suivant deux modèles; l'un a des ailettes planes simples, l'autre des ailettes à brosses légèrement courbes. Ce dernier système (fig. 20) donne une bonne ventilation pour une faible dépense de force. Le modèle représenté peut donner 500 à 600 mètres cubes d'air à l'heure. Il a un diamètre de 46 centimètres. Un homme peut le manœuvrer pendant toute une journée sans trop de fatigue. C'est, comme le montre la figure, un appareil très portatif et facile à déplacer : il agit par propulsion.

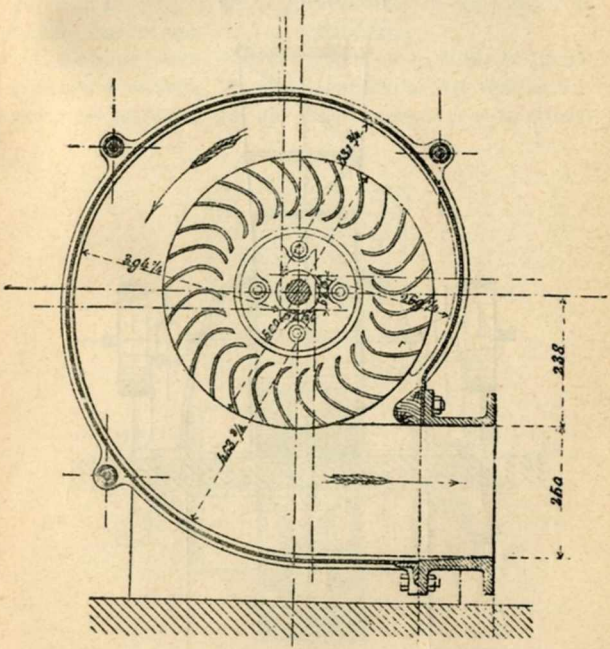


Fig. 21. — Ventilateur Ser pour forges ou cubilots.

Ventilateur Ser. — Le ventilateur Ser, construit par

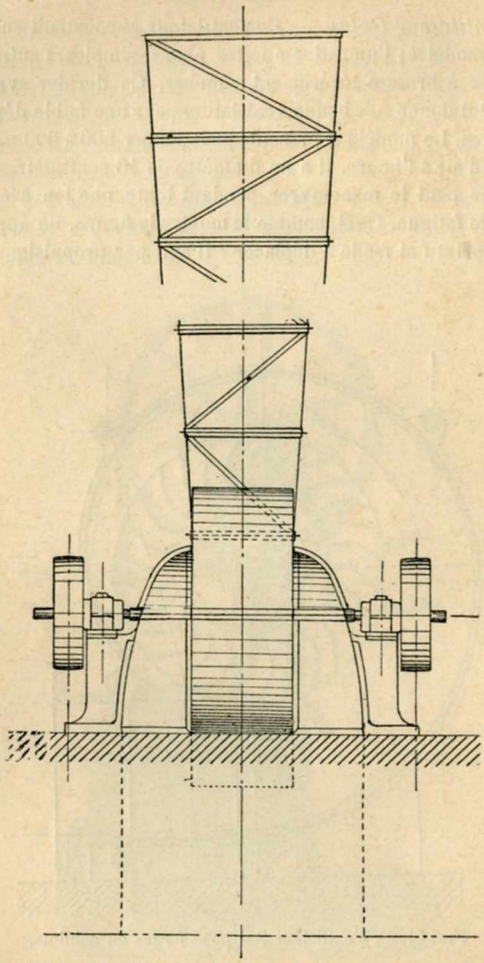


Fig. 22. — Ventilateur aspirant pour mines, système L. Ser. (Projection verticale)

MM. Geneste et Herscher, est disposé suivant les indications de la théorie et donne en effet un très bon rendement.

Le modèle ordinaire (fig. 21), est du type soufflant ; il puise l'air dans l'atmosphère et le refoule dans un conduit ; il est destiné surtout aux forges, cubilots, etc. La partie principale de cet appareil est une roue de 0,50 m. de diamètre, formée d'un plateau circulaire sur lequel sont fixées trente-deux ailettes courbes, de 0,10 de hauteur, ayant un diamètre extérieur égal à celui de la roue et un diamètre intérieur de 0,30. Leur largeur décroît en s'éloignant du centre, suivant une courbe particulière.

Cette roue tourne dans une enveloppe en forme de spirale à section croissante, disposée pour éviter les remous à la sortie des palettes. L'air, qui pénètre par deux ouïes situées

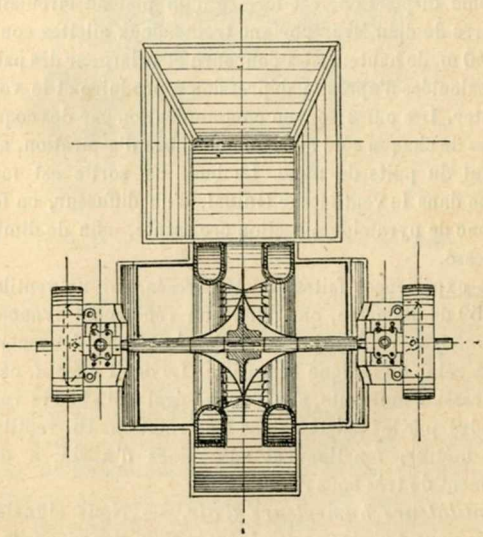


Fig. 22 *bis*. — Ventilateur aspirant pour mines. (coupe horizontale)

aux deux extrémités de l'arbre, est refoulé dans l'enveloppe en spirale, d'où il s'échappe par une buse à section carrée, de 0,0625 m. de diamètre. On a pris toutes les précautions possibles pour éviter les remous.

Une rainure circulaire, pratiquée sur chaque face du tambour, sert à fixer les chaises des paliers au moyen de boulons à ⊥. On peut ainsi faire tourner l'enveloppe et fixer la buse dans la direction la plus commode, ce qui offre parfois de grands avantages.

Lorsqu'on veut rendre le ventilateur aspirant et soufflant, une disposition analogue permet d'orienter indépendamment les deux buses.

On construit aussi, pour l'usage des mines, un ventilateur aspirant du même système (fig. 22). La roue, qui présente la même disposition, est formée d'un plateau circulaire de 2 mètres de diamètre, portant trente-deux ailettes courbes, de 0,40 m. de hauteur. La courbure et la largeur des palettes sont calculées d'après la dépression à produire et le volume à débiter. Les ouïes sont en communication par des coquilles placées de chaque côté avec une chambre d'aspiration, située au haut du puits de mine. La buse de sortie est munie, comme dans le ventilateur Guibal, d'un diffuseur, en forme de tronc de pyramide à section croissante, afin de diminuer la vitesse.

Des expériences faites par M. Tresca, sur un ventilateur de 0,50 de diamètre, ont donné un rendement dynamométrique moyen de 0,604. Le débit s'est trouvé exactement égal à celui qu'indique la théorie. Le débit effectif, calculé à la pression ambiante, s'est trouvé égal à dix fois le volume engendré par les palettes dans leur rotation. Un ventilateur de 2 mètres, fonctionnant aux mines d'Anzin, a donné également de très bons résultats.

Ventilateurs humecteurs d'air. — Nous signalerons encore, pour terminer cette énumération, des appareils destinés à humecter en même temps le gaz qui les traverse.

S'ils servent à introduire l'air frais dans les locaux, ils l'humecteront seulement d'eau pure. Si l'on se propose d'extraire l'air vicié d'un hôpital, on pourra le soumettre à l'action d'un liquide désinfectant, pour ne pas s'exposer à contaminer toute l'atmosphère environnante.

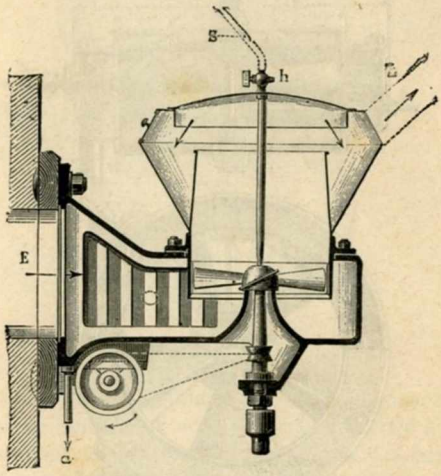


Fig. 23. — Ventilateur humecteur d'air de Sée.

Tel est le ventilateur de MM. Sée, de Lille (fig. 23), qui se compose d'une roue horizontale à ailettes. L'air est aspiré par E et rejeté par L. Pendant le fonctionnement, le tuyau S verse au centre l'eau ou le liquide désinfectant. L'appareil peut servir à l'extraction ou à la propulsion.

Le *Kosmos-Ventilator*, de Schäffer et Walcker, qui figurait à l'Exposition d'hygiène de Berlin en 1883, peut fonctionner avec ou sans appareil humecteur.

Il se compose (fig. 24) d'une petite turbine fonctionnant par l'eau de la distribution municipale, et sur l'axe de laquelle

est monté un ventilateur à ailettes. L'appareil peut servir à l'extraction ou à l'injection. On peut fixer à l'axe de la roue à ailettes et au-dessous d'elle un disque servant à pulvériser de l'eau.

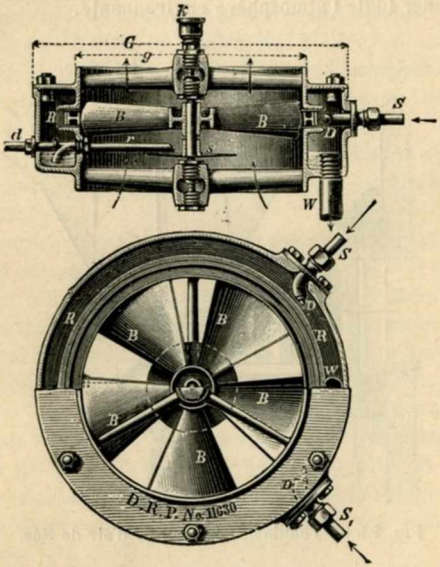


Fig. 24. — Kosmos-ventilator.

Ventilateurs à hélice. — On emploie quelquefois pour la ventilation des appareils formés d'un axe portant une hélice qui, en tournant, fait progresser l'air à l'intérieur de l'enveloppe qui le contient. Avec un arbre ayant 1,80 m. de diamètre et portant une hélice de 3,80 de pas et 5 mètres de diamètre extérieur, on obtient environ 11 mètres cubes d'air pour une vitesse de seize tours par minute.

Pour éviter les fuites d'air et les remous, on plonge

parfois la moitié de l'hélice dans un réservoir d'eau (fig. 25). Ces appareils doivent marcher assez lentement.

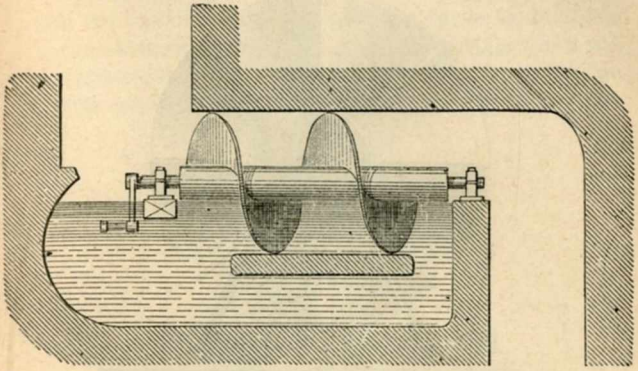


Fig. 25. — Ventilateur à vis.

Au lieu d'une hélice continue, on peut employer des portions d'hélice séparées et occupant chacune de 1/6 à 1/3 du pas. Le nombre des ailes varie donc de 3 à 6. L'appareil ressemble alors à un ventilateur centrifuge, mais les ailes, au lieu d'être des surfaces cylindriques avec génératrices parallèles à l'axe, sont des portions d'héliçoïdes, inclinées sur l'axe.

Ces appareils peuvent, comme les ventilateurs à force centrifuge, recevoir une conduite de refoulement et une conduite d'aspiration, ou l'une des deux seulement.

Dans le ventilateur Geneste-Herscher (fig. 26), les palettes sont au nombre de douze, inclinées á 45 degrés ; elles sont montées sur un noyau plein en forme de tronc de cône, pour empêcher les remous et les courants rentrants. Pour tenir compte de la force centrifuge qui tend à agir sur les molécules d'air vers la périphérie, le

diamètre de l'enveloppe est un peu plus grand à la sortie qu'à l'entrée.

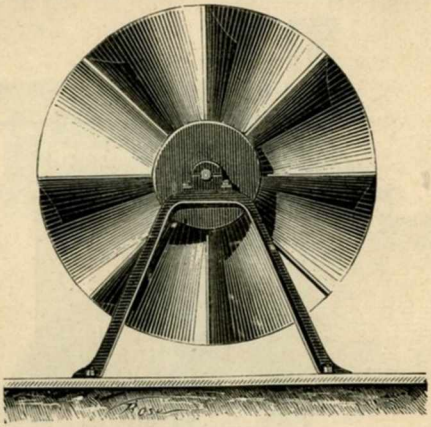


Fig. 26. — Ventilateur héliçoïdal.

Hydro-ventilateur Dulait. — Cet appareil est spécialement disposé pour être commandé par un moteur hydraulique. Il suffit de le raccorder par un tuyau avec une distribution d'eau. C'est une disposition pratique et économique, car on peut, dans la plupart des villes, avoir l'eau sous pression.

Un axe x (fig. 27) porte une ou plusieurs ailettes héliçoïdales a, dont le pas et le diamètre dépendent de la réaction à produire et de la vitesse disponible; cet axe est fixé sur le moteur hydraulique M. La rotation peut se faire dans un sens ou dans l'autre, de sorte que l'appareil peut être à volonté aspirant ou soufflant : il suffit de placer dans la caisse du moteur deux récipients de fonctionnement inverse. Pour faire varier la quantité d'air mise en jeu, on règle la vitesse du moteur, à l'aide d'un régulateur de consommation d'eau,

qui rend cette consommation proportionnelle au travail à produire sans se servir de robinets d'admission.

Ce ventilateur peut se placer dans toutes les positions; il peut être installé verticalement, comme sur la figure 27, ou horizontalement. Il peut être disposé pour purifier l'air avant de l'injecter et pour le charger d'humidité ou de vapeurs d'un liquide volatil quelconque, par exemple pour la désinfection.

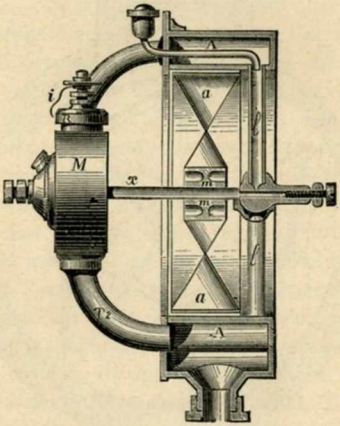


Fig. 27. — Hydro-ventilateur Dulait (de Charleroi).

Pour purifier l'air, on dispose en avant des ventilateurs des caisses à chicanes, contenant les matières nécessaires, placées sur des panneaux superposés et percés de nombreux trous, afin d'augmenter les surfaces de contact. Pour les substances liquides, ou en imbibe des éponges, ou on les fait tomber en cascade, en sens inverse de la marche de l'air.

Ventilateurs à capacité variable. — On donne ce nom à un certain nombre d'appareils formés d'obturateurs

mobiles, palettes ou piston, qui tournent ou se déplacent longitudinalement dans une enveloppe de forme convenable, en interceptant, aussi complètement que possible, toute communication entre l'avant et l'arrière de l'obturateur. A chaque manœuvre, l'organe mobile emprisonne une certaine quantité d'air et la pousse au dehors. Les principaux appareils de ce genre sont ceux de M. Fabry et de M. Lemielle.

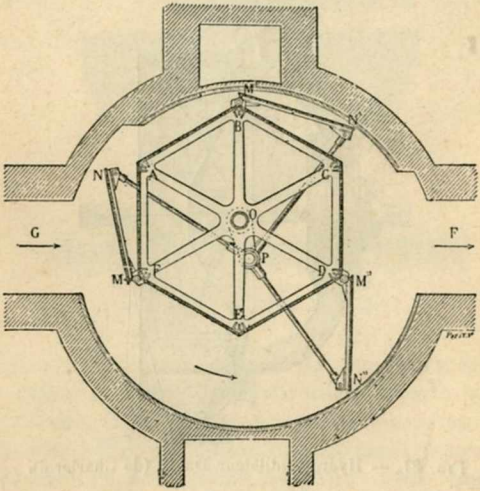


Fig. 28. — Ventilateur Lemielle.

Le ventilateur Lemielle (fig. 28) est formé d'un tambour hexagonal ABCDEF, à faces pleines, tournant autour d'un axe *o*, placé excentriquement dans une cavité cylindrique en maçonnerie. Les trois sommets BDF portent des palettes articulées à charnières, et commandées par des bielles, articulées en P sur l'axe de rotation, qui est coudé. En G et F s'ouvrent deux conduits servant le premier à aspirer l'air, le second à le refouler. Par suite de l'excentricité, les

palettes s'ouvrent en arrivant à la partie inférieure, comme on le voit en M″ N″, et enveloppent ainsi un certain volume d'air provenant de G. En arrivant à la partie supérieure, les palettes se replient, sous l'action des bielles, et rejettent en F l'air qu'elles ont entraîné. On voit que les palettes forment des capacités variables qui s'ouvrent pour se remplir d'air vers la gauche et se ferment ensuite pour chasser cet air à droite.

Injecteurs. — On peut encore employer pour la ventilation des appareils fondés sur le principe des trompes, et qu'on nomme injecteurs. Si on lance un jet d'air comprimé ou de vapeur suivant l'axe d'un tube plus large ouvert aux deux bouts, il se produit à l'orifice situé du côté du jet une aspiration qu'on peut utiliser pour diverses applications.

Dans l'injecteur Kœrting (fig. 29), l'effet du jet de vapeur est augmenté en lui faisant traverser successivement plusieurs ajutages de section croissante. La vapeur, introduite par la tubulure A, est injectée dans un premier entonnoir où elle aspire l'air par l'espace annulaire réservé autour de l'ajutage. Le mélange est lancé à son tour dans une seconde chambre de même forme, mais plus large, où il joue le même rôle, et de même dans les entonnoirs suivants. Les flèches indiquent la marche de l'air aspiré. Le volant B commande une aiguille régulatrice, composée d'une tige dont l'extrémité, de forme conique, s'enfonce plus ou moins au centre du premier ajutage, et limite ainsi la quantité de vapeur introduite.

Les injecteurs peuvent servir à activer le tirage d'un foyer ou d'une série de foyers débouchant dans un même conduit. S'il n'existe pas de cheminée et que l'injecteur doive produire à lui seul tout le tirage, on construit, à l'orifice de sortie des gaz, un bâti en maçonnerie peu élevé, fermé par une plaque de fonte sur laquelle on boulonne le ventilateur. C'est la disposition représentée par la figure précédente.

S'il y a une cheminée dont on se propose seulement de ren-

forcer le tirage, on fixe le ventilateur dans la cheminée même, suivant son axe, de façon que les bords du cône de pression qui surmontent l'appareil fassent joint étanche contre les parois. Cette fermeture est nécessaire pour que l'injecteur aspire l'air seulement au-dessous de lui, et non au-dessus.

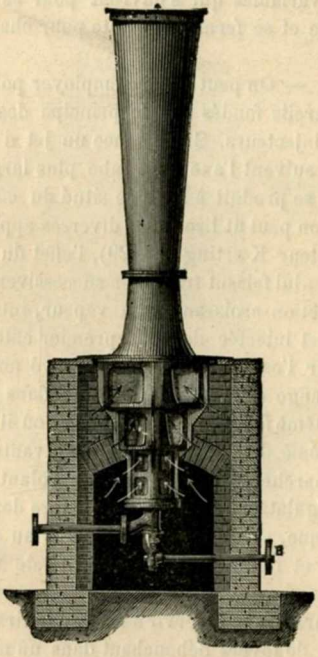


Fig. 29. — Injecteur Kœrting.

Les injecteurs peuvent servir aussi comme ventilateurs aspirants pour les mines, les ateliers, les navires. Pour les mines, on dispose l'appareil au haut d'un puits, comme sur la figure 18.

A cause de leur simplicité de construction, de leur facilité d'installation et du peu de place qu'ils occupent, les injecteurs se prêtent encore à un grand nombre d'applications; ainsi ils peuvent servir à ventiler les séchoirs, à établir une ventilation provisoire pendant le creusage des fosses de mines, des puits d'eau et des fondations, à alimenter les chaudières, à activer l'évaporation des liquides, enfin, dans les fabriques d'acide sulfurique, à aspirer l'acide sulfureux des fours et à le refouler dans les chambres de plomb.

Rendement des ventilateurs. — Le rendement des ventilateurs, c'est-à-dire le rapport du travail fourni par l'appareil et employé à mouvoir l'air au travail fourni par le moteur, varie beaucoup avec le mode de construction, le diamètre et la vitesse de rotation. Il paraît être de 10 à 15 pour 100 avec des ventilateurs de 75 centimètres à 1 mètre de diamètre, faisant de 300 à 400 tours par minute; il dépasse 60 pour 800 tours. Le rendement s'élève encore à 60 ou 80 pour 100 avec de grands ventilateurs, ayant de 8 à 9 mètres de diamètre et faisant 50 à 60 tours. Le rendement des ventilateurs à vis est de 20 à 30 pour 100.

CHAPITRE V

PRINCIPES GÉNÉRAUX DU CHAUFFAGE

Nécessité du chauffage. — Conditions du chauffage. — Matériaux de chauffage. — Divers modes de chauffage. — Division des appareils de chauffage.

Nécessité du chauffage. — L'intérieur de nos habitations participe en tout temps aux variations de la température extérieure. En hiver, par exemple, les murs, perdant de la chaleur par rayonnement et par conductibilité, se

refroidissent peu à peu et refroidissent ensuite, grâce aux mêmes causes, l'atmosphère intérieure. D'autres causes concourent encore au même résultat, notamment la ventilation.

Le corps humain ne peut d'ailleurs, sans inconvénient sérieux, supporter une variation de température supérieure à 1° ou 1°,5. Au dehors, en s'enveloppant de vêtements chauds, et en déployant une activité musculaire énergique, il est possible d'éviter un abaissement de température nuisible; mais, à l'intérieur des habitations, où l'on reste souvent sédentaire pendant de longues heures et où l'on ne peut se couvrir de vêtements qui empêcheraient de se livrer au travail, il est indispensable de recourir à des moyens artificiels pour maintenir la température suffisamment élevée ; c'est le but du chauffage.

Conditions du chauffage. — Un chauffage bien compris doit donner la température la plus favorable à la santé, d'une façon égale et continue, sans altérer les propriétés essentielles de l'air ni le mélanger d'aucune impureté ; il doit enfin être économique et n'exposer à aucun accident.

La température la plus favorable varie un peu avec l'âge et les circonstances. Elle est un peu plus faible pour les adultes que pour les enfants, les vieillards, les malades. Les personnes qui se livrent à une occupation sédentaire ont besoin aussi d'une température un peu plus élevée. En Allemagne, on exige 18 à 20 degrés dans les salles où l'on séjourne longtemps, 16 à 19 dans les classes, 12 à 16 dans les chambres à coucher (Wolpert, Wiel et Gnehm, Wolffhügel). En France, nous sommes moins frileux, et la moyenne peut être abaissée d'environ 2 degrés; les chambres à coucher n'ont besoin d'être chauffées que par les grands froids. Il faut éviter aussi de produire une température trop élevée, qui exerce une influence nuisible sur la santé et présente en outre l'inconvénient de rendre trop frileuses les personnes qui y sont exposées.

Il serait à désirer qu'on pût établir une égalité parfaite de température entre tous les points du local chauffé. Cette condition est fort difficile à remplir : l'air chaud, qui est plus léger, tend toujours à se rendre au voisinage du plafond. Il serait bon, au contraire, que la partie la plus voisine du plancher fût la plus chaude, car il est préférable d'avoir les pieds chauds et la tête froide. Les appareils de chauffage disposés autour du plancher, à la partie inférieure des murs, et particulièrement dans les allèges des fenêtres, au-dessous des points qui laissent entrer l'air froid, remédient assez bien à cet inconvénient,

Dans les salles occupées d'une façon continue, la température devrait en outre rester invariable en tout temps. Cette condition n'est plus nécessaire dans les locaux occupés seulement d'une façon intermittente. Il convient alors de chauffer fortement avant l'entrée des hôtes momentanés, et de laisser tomber le feu pendant que la salle est occupée. La chaleur emmagasinée par les parois et les meubles, celle qui est produite par les personnes réunies suffisent à entretenir la température nécessaire.

Parmi les propriétés physiques de l'air, celle qu'il importe le plus de ne pas modifier est l'état hygrométrique. La meilleure valeur de ce coefficient paraît être voisine de 0,50; mais l'humidité peut sans inconvénient varier entre des limites assez étendues, et variables d'ailleurs avec chaque individu, Telle personne supporte très bien un air plus sec et est incommodée par un état hygrométrique de 0,70 à 0,80; telle autre, qui s'accommode fort bien de ce degré de saturation, se plaint de la sécheresse avec une proportion de 0,30 à 0,40. Il est à remarquer que l'on se plaint de la sécheresse de l'air seulement lorsqu'elle est due au chauffage, tandis qu'on la supporte fort bien en toute autre circonstance, que l'air soit frais ou chaud. Quoi qu'il en soit, on a eu recours à un grand nombre de procédés pour humecter l'air, depuis le plat d'eau posé sur un poêle; on peut faire passer l'air

de ventilation à travers une lame d'eau, une douche en pluie, etc.

Lorsque le chauffage est produit en insufflant de l'air chaud dans les salles, il faut éviter que cet air soit trop humide, parce que, en se refroidissant à la température du local, il laisserait déposer de l'humidité sur les murs, ce qui faciliterait le développement des moisissures et autres micro-organismes.

Au premier rang des impuretés que le chauffage peut déverser dans l'air se trouvent l'oxyde de carbone et l'acide carbonique. Le premier de ces gaz est un poison violent, qui, à la dose de 1/800, tue en une demi-heure la moitié des globules sanguins. Le second, pour être moins dangereux, n'en est pas moins susceptible de causer la mort lorsqu'il est en trop grande proportion. L'acide carbonique produit par la seule respiration suffirait à rendre l'air irrespirable si la ventilation ne le chassait au dehors ; on doit donc éviter soigneusement son dégagement par les appareils de chauffage.

Les foyers dépourvus de tirage répandent dans l'air un mélange appelé communément *vapeur de charbon*, et qui peut contenir, outre les deux gaz toxiques sus-indiqués, de l'acide sulfureux, de l'acide sulfhydrique et de l'ammoniaque, dans la combustion de certains charbons de terre, et même un peu d'acide cyanhydrique dans le chauffage au gaz. Il faut ajouter encore les poussières émises par le combustible, ou recueillies par l'air des calorifères dans les tuyaux, jamais nettoyés, qui le conduisent aux locaux chauffés, tuyaux dans lesquels les microorganismes peuvent se développer à l'aise pendant les mois de chômage du calorifère,

Ajoutons encore que le chauffage provoque une augmentation des souillures déversées par l'homme dans l'atmosphère, lorsqu'un certain nombre de personnes se réunissent dans une même salle, souvent petite, pour profiter de la chaleur donnée par un seul appareil.

Nous croyons inutile d'insister sur la dernière qualité que doivent offrir les appareils de chauffage. C'est aux constructeurs à réaliser des appareils économiques, et n'exposant pas à des accidents, dont les principaux sont les explosions et les incendies. L'économie ne doit cependant pas être achetée aux dépens des conditions indispensables à la salubrité et à l'absence de tout danger.

Matériaux de chauffage. La plupart des matériaux employés au chauffage, bois, paille, tourbe, charbons, sont des corps solides. Parmi les liquides, on utilise les huiles de toute provenance et le goudron; parmi les substances gazeuses, on se sert parfois du gaz d'éclairage.

Le bois est le combustible le plus agréable et le plus sain, car c'est lui qui répand le moins de gaz dangereux dans les habitations. Les bois durs, tels que le hêtre et le chêne, brûlent assez lentement et doivent être préférés. Les bois blancs, saule, tremble, peuplier, brûlent plus vite, avec une flamme claire, et dégagent une chaleur vive, mais passagère. Les bois résineux brûlent aussi rapidement, avec une odeur aromatique, qui, à la longue, peut devenir fatigante. Tous les bois doivent être employés secs; sinon, une partie de la chaleur dégagée sert à vaporiser l'eau qu'ils contiennent et se trouve perdue pour le chauffage.

D'après Scheurer Kestner et Meunier, tous les bois, au même degré de dessiccation, dégagent sensiblement la même quantité de chaleur ; pour les bois parfaitement desséchés, la puissance calorifique est d'environ 4000 calories, comme celle de la cellulose,

La tourbe brûle lentement, en donnant peu de chaleur, et avec une fumée d'une odeur piquante et désagréable. Elle est souvent comprimée pour faire des briquettes, qui sont d'un meilleur usage. La puissance calorifique de la tourbe ordinaire est d'environ 3000, celle de la tourbe sèche 5150.

La houille brûle avec une flamme fumeuse et une odeur de goudron et dégage, outre l'acide carbonique et l'oxyde de

carbone, de l'acide sulfureux et aussi, quand elle est récemment extraite, un peu d'hydrogène sulfuré.

L'anthracite est un bon combustible, et ses fragments ne se collent pas ensemble; mais il exige un fort tirage. Les lignites sont des combustibles médiocres, et donnent une fumée abondante, contenant de l'acide sulfureux et de l'ammoniaque. La puissance calorifique de ces divers produits varie de 6000 à 9600.

Outre les combustibles naturels, énumérés ci-dessus, on utilise aussi des combustibles artificiels, qui sont souvent plus économiques ou plus faciles à employer.

Le charbon de bois, produit de la calcination incomplète du bois, est plus riche en carbone. Le tan épuisé, ou tannée, est souvent comprimé en forme de mottes, qui sont employées par les ménages pauvres ; il brûle lentement et en laissant beaucoup de cendres. On comprime de même la tourbe, la sciure de bois, les résidus de bois de teinture. Dans le Nord, la tourbe est carbonisée en meules, comme le bois, et donne le charbon de tourbe.

Le coke contient toutes les cendres de la houille ; il brûle presque sans flamme et ne reste allumé que s'il est en masse un peu considérable. On évite cet inconvénient en le mélangeant de houille.

Les résidus et les menus de divers charbons, qui seraient perdus, sont ordinairement employés à fabriquer des *agglomérés*, combustible économique et qui brûle lentement. Les briquettes sont agglomérées avec du goudron de houille ou du bitume; le charbon de Paris contient du tan épuisé et des plantes sans valeur.

Les principaux combustibles liquides sont le pétrole et l'huile lourde provenant de la distillation de la houille. Le pétrole a une grande puissance calorifique, environ 10000, et est appliqué utilement au chauffage des locomotives, des chaudières de navires, des laboratoires, pour lesquels Audoin, puis Ste-Claire-Deville, ont construit des appareils spéciaux.

Il n'est pas employé pour les usages domestiques, à cause des précautions nécessaires pour son transport et son maniement.

Le gaz d'éclairage est un très bon combustible, car il dégage 11000 calories par kilogramme; mais son prix est ordinairement trop élevé. Il nécessite en outre des appareils bien installés, car il donne de l'ammoniaque et beaucoup d'oxyde de carbone.

Voici, d'après Arnould[1], les prix comparés des divers combustibles à Paris.

	Pouvoir calorifique	Prix du kg.
Bois moyen à 30 pour 100 d'eau. . .	2500	0,048
Charbon de bois.	7000	0,18
Charbon de tourbe.	6600	0,12
Houille	8000	0,048
Coke de four.	7350	0,07
Coke de gaz (2,35 fr. l'hectol de 32,5 kg.)	6000	0,072
Agglomérés.	8000	0,048
Briquettes perforées.	6000	0,053
Charbon de Paris.	6000	0,12
Pétrole brut.	10000	0,15
Pétrole raffiné. . . .	10000	0,60
Gaz lumière (par m. cube). . . .	7700	0,30

On voit que la houille est le combustible le plus économique; à quantité de chaleur égale, le bois coûte 3,2 fois plus, le gaz lumière sept fois plus, le pétrole raffiné dix fois plus.

Divers modes de chauffage. — Le chauffage, ayant pour but d'obvier au refroidissement du corps humain, peut s'adresser soit à l'homme lui-même, soit au milieu qui l'entoure. Le premier mode s'observe surtout dans le chauffage par cheminée, les habitants du local se groupant souvent autour de la cheminée pour profiter du rayonnement de la

[1] Arnould, *Nouveaux éléments d'hygiène.*

flamme; on a ainsi l'inconvénient de ne chauffer qu'un côté du corps, tandis que l'autre se refroidit en rayonnant sa chaleur vers les parois froides. Tout le monde sait cependant que ce procédé de chauffage est agréable, lorsqu'on est libre de se retourner pour chauffer à volonté les deux faces du corps. Il serait mauvais pour des personnes qui ne pourraient se déplacer, des écoliers par exemple.

Lorsqu'on veut chauffer le local habité, on peut s'adresser soit aux parois, soit à l'air intérieur. Dans ce dernier cas (calorifères à air chaud), on est obligé de porter l'air introduit à une température élevée, car, ayant un faible poids et une faible chaleur spécifique, il ne peut céder aux habitants qu'une très petite quantité de chaleur. Ceux-ci respirent alors un air surchauffé dont nous avons indiqué plus haut les inconvénients. Si l'on n'a pas commencé le chauffage de la pièce avant qu'elle soit occupée, les habitants ont les poumons desséchés par l'air chaud, tandis que la surface extérieure du corps est froide. « On éprouve le besoin d'ouvrir son gilet et d'aller chercher son paletot. » (E. Trélat.)

Il est préférable de chauffer les parois du local, qui, ayant une chaleur spécifique bien supérieure à celle de l'air, absorbent une quantité de chaleur beaucoup plus grande, qu'ils rayonnent ensuite vers les habitants ; pour la même raison, les parois, une fois chauffées, se refroidissent lentement. On chauffe facilement les parois en installant un ou plusieurs rubans de chaleur au bas des murs, tout autour de la pièce.

On peut diviser les procédés de chauffage en deux classes : le chauffage continu avec régime établi et le chauffage intermittent. Dans le premier procédé, la température s'élève d'abord progressivement, puis il arrive un moment où la chaleur perdue à travers les parois est égale à celle fournie par l'appareil. Le régime est alors établi. Si la température extérieure est constante, il suffit, pour maintenir ce régime, que le chauffage compense les pertes. On ne dépense

qu'une seule fois, à l'entrée de l'hiver, la chaleur nécessaire pour chauffer les parois, les objets intérieurs et l'atmosphère de l'édifice. Dans le chauffage intermittent, cette dépense se renouvelle chaque fois que l'on allume le feu.

Pour des raisons analogues, la situation d'une pièce dans un édifice la rend plus ou moins facile à chauffer. Ainsi, un étage intermédiaire, situé entre deux étages chauffés, se refroidit moins que l'étage supérieur ou que le rez-de-chaussée.

On peut encore diviser les systèmes de chauffage en *chauffage local et chauffage central*. Dans le premier, l'appareil est placé dans le local même qu'il doit desservir; dans le second mode, il est situé dans un local distinct et chauffe souvent plusieurs pièces à la fois.

Division des appareils de chauffage. — Les appareils de chauffage actuellement employés peuvent se répartir en six classes :

1° *Cheminées;*
2° *Poêles;*
3° *Calorifères à air chaud;*
4° *Calorifères à eau chaude;*
5° *Calorifères à vapeur;*
6° *Appareils mixtes à eau et à vapeur.*

Les deux premiers systèmes constituent le chauffage local, les autres le chauffage central. Dans ces derniers, le foyer est en dehors du local, et la chaleur est transmise par un véhicule, qui est l'air, l'eau ou la vapeur, suivant les systèmes.

CHAPITRE VI

CHAUFFAGE PAR LES CHEMINÉES

Historique. Braseros. — Principe des cheminées. — Cheminée ordinaire. — Tirage des cheminées. — Influence de l'atmosphère et du vent. — Registres. — Tuyaux de fumée ; souches de cheminées ; mitres. — Combustibles employés dans les cheminées. — Grilles pour la houille ou le coke. — Cheminée prussienne. — Cheminée Arnott — Cheminées perfectionnées : Douglas-Galton, Sylvester. — Cheminée thermhydrique, Joly, Fondet, Mousseron, Cordier, Laury. — Foyer à lames ondulées. — Cheminées à gaz. — Avantages et inconvénients des cheminées. — Causes qui font fumer les cheminées. — Insuffisance de la ventilation, du tirage. — Influence réciproque de plusieurs cheminées, des tuyaux de fumée. — Communication entre le tuyau de fumée et la chambre de chauffe. — Influence du soleil et du vent. — Feux de cheminée ; dangers d'incendie.

Historique. Braseros. — Dès les temps les plus reculés, les hommes ont essayé de se chauffer. Ils se contentèrent d'abord d'allumer du feu au milieu des huttes, plus ou moins grossières, qui leur servaient d'abri. Puis on pratiqua une ouverture au centre du toit pour laisser échapper la fumée. Ce procédé primitif, en usage chez les Grecs et les Romains, peuples qui avaient rarement besoin d'un chauffage sérieux, est encore employé par certaines tribus sauvages. Il n'a qu'un avantage, celui de placer le foyer au centre de la pièce, de sorte qu'il rayonne dans toutes les directions ; il a beaucoup d'inconvénients, en première ligne celui de déverser dans l'atmosphère une grande quantité de fumée et de gaz dangereux. Il est vrai que les édifices ainsi chauffés sont ordinairement assez mal clos pour assurer une ventilation abondante.

Les anciens se servaient également d'appareils analogues au brasero, encore usité quelquefois dans le sud de la

France, en Espagne et dans quelques contrées de l'Amérique. Cet appareil possède aussi l'avantage de rayonner dans toutes les directions; on l'entretient ordinairement avec du charbon de bois ou de la braise, qui évitent aux habitants les inconvénients de la fumée, mais non le danger provenant des gaz délétères. Le roi d'Espagne Philippe III mourut asphyxié ainsi par l'oxyde de carbone dégagé d'un brasero. Cet appareil doit être absolument proscrit pour un chauffage permanent, et n'être employé que pour se chauffer rapidement les mains et la surface du corps. Il comporte même l'ouverture des portes et des fenêtres, ou peut être utilisé commodément en plein air; mais, dans un appartement fermé, c'est le plus dangereux de tous les appareils de chauffage.

C'est seulement au XIe siècle qu'on songea en France à adosser le foyer contre l'un des murs de l'édifice, creusé parfois d'une cavité en demi-cercle pour donner plus de place au combustible. On surmonta ensuite le foyer d'une hotte conique et d'un tuyau cylindrique, plutôt pour emprisonner la fumée que par suite d'une idée nette sur la production du tirage. La cheminée resta longtemps sans se perfectionner, et, pendant tout le moyen-âge et les siècles suivants, on se contenta de ces vastes cheminées qu'on voit encore dans nos campagnes et dans les vieilles habitations, et dans lesquelles on obtenait un rayonnement intense, grâce au bas prix du combustible, en faisant flamber à la fois un énorme amas de grosses bûches.

C'est, dit-on, à l'architecte français Savot (1624) qu'on doit le principe, repris plus tard par Péclet, de la récupération de la chaleur des foyers au moyen de l'échauffement de l'air par contact. Un autre Français, l'avocat Nicolas Gauger, inventa en 1714 la cheminée actuelle, qui émet de la chaleur à la fois par rayonnement direct, par réflexion sur les parois, et par convection de l'air, c'est-à-dire par les courants que détermine dans l'atmosphère l'échauffement de l'air

au contact du foyer ; cet air devient plus léger, s'élève et fait place à d'autres couches de gaz qui s'échauffent à leur tour.

Principe des cheminées. — La cheminée se compose aujourd'hui d'un foyer ouvert surmonté d'un tuyau qui laisse échapper les produits de la combustion. Malgré cette simplicité apparente, les cheminées doivent être bien construites; sinon, elles seraient simplement, comme les définit Joly, « de petites boîtes carrées en métal et en poterie avec deux ouvertures, l'une placée en avant pour y déposer du combustible, l'autre placée en haut, pour diriger sur le toit, par une cheminée qui fume, 95 pour 100 de la chaleur fournie par ce combustible. Elle ont pour effet d'envoyer à l'extérieur l'air chaud de l'appartement et d'attirer à sa place, sous la forme la plus perfide, c'est-à-dire par des fentes et des courants resserrés, une grande quantité d'air froid, qui nous arrive de la façon la plus fâcheuse, par les pieds. Pour compléter l'appareil, nos pères y avaient ajouté un paravent, pour gêner la circulatiou dans l'appartement ».

Cheminée ordinaire. — Dans notre siècle, on s'est préoccupé, à plusieurs reprises, d'améliorer les cheminées et surtout d'empêcher la fumée de se répandre dans les appartements. On les construit aujourd'hui d'après les principes indiqués par Rumford (fig. 30). L'âtre a la forme d'un trapèze ABCD, dont la petite base CD est trois fois plus petite que AB; les deux côtés latéraux AC et BD sont inclinés à 45 degrés sur les bases. Il porte à la partie supérieure une ouverture ou gorge G, large de 10 centimètres, haute de 15, et évasée à la base. Cette gorge aboutit au tuyau d'évacuation, qui est plus large. On place ordinairement en H une tuile, qu'on enlève seulement pour le ramonage, et qui sert, d'après Rumford, à atténuer l'effet du vent. La gorge est limitée en avant par le manteau M. Le combustible est placé sur des chenets ou une grille F, qui doit se trouver, suivant la hauteur du tuyau, à 0,375 ou 0,50 mètre au-dessous de M. Cette grille doit avoir 15 à 20 centimètres de profondeur et

ne pas dépasser en avant la verticale AM. S'il est nécessaire de lui donner une plus grande profondeur, on recule le mur

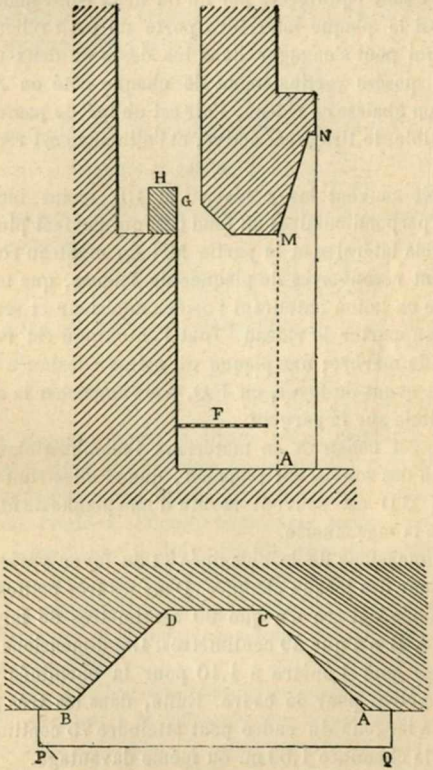


Fig. 30. — Parties essentielles d'une cheminée.

du fond, qu'on fait surplomber vers le haut, en laissant à la gorge la même largeur.

Lhomond a complété ce dispositif par l'addition d'un

rideau mobile en avant, suivant le plan MA. Ce rideau est formé de trois plaques de tôle, qui glissent l'une derrière l'autre et sont équilibrées par un ou deux contrepoids. Parfois aussi la plaque inférieure porte un petit rebord horizontal, qui peut s'engager dans les dents de deux crémaillères, disposées verticalement de chaque côté en A et B. Lorsqu'on abaisse ce rideau, l'air est obligé de passer sur le combustible, le tirage est activé, et l'allumage est rendu plus facile.

On fait souvent les côtés AC et BD moins inclinés et presque perpendiculaires au fond CD, qui devient plus large. Les parois latérales et la partie MN du manteau sont ordinairement recouvertes de plaques de faïence, que maintient un cadre en laiton entourant l'orifice antérieur et servant en outre à supporter le rideau. Tout l'entourage est revêtu de plaques de marbre; une plaque de même substance est disposée en avant du foyer, en PQ, pour empêcher la chute du combustible sur le parquet.

L'âtre est construit en matériaux incombustibles et isolé avec soin des solives du plancher, quand elles sont en bois. Le fond CD est souvent revêtu d'une plaque de fonte, qui préserve la maçonnerie.

Les dimensions de la cheminée et du foyer varient avec la grandeur des locaux chauffés. Dans les très petites pièces, la cheminée entière n'a que 80 centimètres de largeur et le foyer A B n'a que 40 centimètres. Les dimensions les plus ordinaires sont 1 mètre à 1,10 pour la cheminée et 50 à 60 centimètres pour le cadre. Enfin, dans les très grandes pièces, la largeur du cadre peut atteindre 75 centimètres et celle de la cheminée 1,50 m. ou même davantage.

Tirage des cheminées. — Pour qu'une cheminée fonctionne, il faut qu'il s'établisse un bon *tirage* à l'intérieur. Le tirage est dû à la différence de température entre les gaz chauds qui emplissent la cheminée et l'atmosphère extérieure; c'est la différence de pression qui détermine le courant gazeux.

Considérons un tube cylindrique de hauteur Z, complètement rempli d'air à la température T ; la pression à la base du cylindre est égale à la pression atmosphérique X au haut de la cheminée, plus la pression due à la colonne d'air chaud, qui est, par unité de surface

$$0{,}001293\ Z\ \frac{H}{76}\ \frac{1}{1+\alpha T}$$

α étant le coefficient de dilatation des gaz ; on a donc :

$$f = X + 0{,}001293\ Z\ \frac{H}{76}\ \frac{1}{1+\alpha T}$$

A l'extérieur, si la température est t, la pression est, par unité de surface,

$$f' = X + 0{,}001273\ Z\ \frac{H}{76}\ \frac{1}{1+\alpha t}$$

Le tirage est, par unité de surface, $f' - f$, et pour une surface S.

$$F = 0{,}001293\ Z.\ S.\ \frac{H}{76}\ \alpha\ \frac{T-t}{(1+\alpha T)(1+\alpha t)}$$

Cette formule donne le tirage d'une cheminée, qui peut être assimilée à un tube rempli de gaz à T° ; la colonne de gaz chauds étant plus légère qu'une colonne d'air extérieur de même hauteur, l'équilibre ne peut avoir lieu ; les gaz froids, poussés par la différence de pression, pénètrent à la base de la cheminée et chassent devant eux les gaz chauds. Grâce à la combustion, l'air qui passe sur le foyer s'échauffe immédiatement et s'élève à son tour, chassé par une nouvelle couche d'air.

Le tirage est donc sensiblement proportionnel à la hauteur de la cheminée et à la différence des températures. A l'aide de la formule précédente, on peut calculer la vitesse du courant gazeux ; on trouve qu'elle est proportionnelle à la racine carrée du tirage, c'est-à-dire à la racine de la hauteur et à celle de la différence des températures. Il en est de même du volume et du poids de gaz écoulé, qui sont évidemment proportionnels à la vitesse.

Influence de l'atmosphère et du vent. — Les parois des cheminées, surtout lorsqu'elles sont élevées, laissent perdre dans l'atmosphère une certaine quantité de chaleur, ce qui abaisse la température des gaz intérieurs et tend à diminuer un peu le tirage. En général, cette diminution n'a pas d'effet sensible.

La température de l'air extérieur et son état hygrométrique exercent une certaine influence. Ainsi, par les temps chauds et humides, les cheminées tirent fort mal.

Le vent peut avoir un effet favorable ou défavorable, suivant sa direction. Lorsqu'il est horizontal, il ne change pas le volume de gaz écoulé, et ne produit pas d'autre effet que d'incliner le courant gazeux à sa sortie. Quand il est dirigé de bas en haut, il produit une aspiration à l'orifice du tuyau et augmente le tirage. Enfin, lorsqu'il est dirigé de haut en bas, il produit l'effet inverse.

L'influence du vent se trouve annulée quand la vitesse de sortie du gaz est assez grande, et atteint au moins 1,80 à 2 mètres. On doit tenir compte de cette donnée pour calculer la hauteur des cheminées d'usine. Cette influence est toujours sensible sur les cheminées d'appartement, qui sont toujours beaucoup moins hautes et dont les gaz ont une température bien moins élevée. Nous reviendrons plus loin sur cet inconvénient.

Registres. — On peut régler le tirage en fermant plus ou moins complètement le tuyau de fumée au moyen d'un registre. On fait ainsi varier le volume de gaz écoulé depuis zéro jusqu'à un certain maximum, correspondant à la pleine ouverture.

Dans certains foyers d'appartement, tels que les poêles, on se sert d'un registre fort simple : c'est un disque de tôle qu'on peut faire tourner autour d'un de ses diamètres au moyen d'une clef extérieure ; il est bon de pratiquer dans le disque une échancrure, qui laisse un passage aux gaz délétères, même lorsque le registre est complètement fermé. Dans

les fourneaux de chaudières à vapeur, on emploie des registres un peu plus compliqués.

Tuyaux de fumée ; souches de cheminées ; mitres. — Chaque cheminée doit, pour bien fonctionner, être munie d'un tuyau distinct. Dans les maisons à plusieurs étages, les différents tuyaux se juxtaposent, soit contre les murs, soit dans leur intérieur. Dans ce cas, leur section ne doit pas être inférieure à 4 décimètres carrés. On est parfois obligé d'incliner les conduits de fumée ou de les couder ; on doit éviter les angles ou les atténuer, car ils diminuent le tirage. A Paris, quand ils sont inclinés, ils doivent, pour la même raison, ne pas faire avec la verticale un angle supérieur à 30 degrés (arrêté du 15 janvier 1881).

Le tirage augmentant avec la hauteur, les cheminées des étages supérieurs tirent généralement moins bien que celles des étages inférieurs. C'est pour augmenter le tirage qu'on prolonge ordinairement les cheminées au-dessus des toits, dans une construction évidée, appelée *souche de cheminée*, et terminée souvent par un couronnement en pierre. Au-dessus de cette construction chaque tuyau se prolonge par une pièce un peu conique, ordinairement en poterie, désignée sous le nom de *mitre*, et qui réduit à peu près d'un tiers la section du tuyau. Cet étranglement augmente la vitesse des gaz à la sortie et rend le tirage plus stable. Le couronnement ne doit pas s'élever à plus de 60 centimètres au-dessus du faîtage, afin qu'il présente toujours la solidité nécessaire. Au besoin, on peut encore, pour augmenter le tirage, prolonger la cheminée par un tuyau en tôle maintenu par des haubans.

Les dimensions des cheminées et des tuyaux doivent correspondre à celles du local à chauffer. D'après le général Morin, il faut donner à la section du tuyau 5 à 6 décimètres carrés par 100 mètres cubes de capacité.

Combustibles employés dans les cheminées. — Dans les cheminées, on emploie le plus souvent du bois, qu'on place transversalement sur des chenets, permettant l'accès de

l'air sous le combustible, malgré l'accumulation des cendres. Le bois donne un feu vif et clair, qui est à la fois sain et agréable.

La houille brûle avec une flamme rouge sombre et fumeuse, qui répand souvent dans la pièce une odeur sulfureuse désagréable. Elle donne en outre des poussières qui salissent les meubles et les tentures. Lorsqu'elle est en pleine combustion, son rayonnement est difficile à supporter.

Le coke présente à peu près les mêmes inconvénients ; son rayonnement est encore plus insupportable. Brûlant sans flamme, il est difficile à allumer et s'éteint facilement. Il est souvent préféré parce qu'il donne moins de fumée et d'odeur.

Grilles pour la houille ou le coke. — Ces combustibles

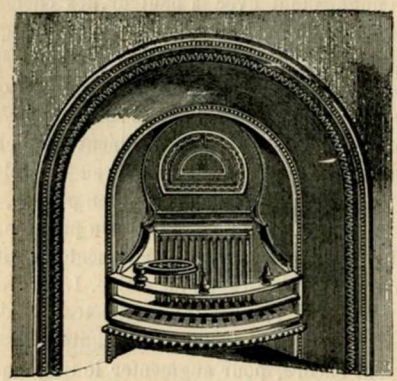


Fig. 31. — Grille pour la houille.

ne peuvent être placés directement sur des chenêts. On se contente souvent de placer une grille dans une cheminée ordinaire, en remplissant les vides latéraux avec des briques ou de la cendre.

Le plus souvent, on se sert d'un foyer spécial, en fonte (fig. 31), qui s'adapte exactement dans le cadre de la

cheminée. Le fond est constitué par une coquille en fonte portant une grille qui fait saillie en avant, pour augmenter le rayonnement. Le rideau est remplacé par une sorte de couvercle en tôle pleine ou en fonte ajourée, appelé souffleur, qui ferme l'orifice et qu'on enlève seulement après l'allumage, lorsque le tirage est bien établi. La fumée s'échappe par une tubulure placée au haut de la coquille. L'appareil s'enlève pour le ramonage.

Cheminée prussienne. — On donne ce nom à des appareils, de dimensions assez petites, qu'on installe souvent dans les pièces dépourvues de cheminée fixe. La cheminée prussienne est un petit récipient en tôle contenant un foyer ordinaire ou une grille, fermé en avant par un rideau et surmonté d'un tuyau qui se raccorde avec un conduit d'évacuation pratiqué dans le mur. Ces cheminées ne sont souvent isolées du plancher que par une simple feuille de tôle, ce qui constitue un danger sérieux d'incendie : elles chauffent bien, puisqu'elles ajoutent, à l'effet des cheminées ordinaires, le rayonnement de la caisse et du tuyau en tôle.

Cheminée Arnott. — Cet appareil, employé surtout en Angleterre, est muni d'un récipient à fond mobile qui reçoit une certaine quantité de houille. Le fond peut s'ouvrir plus ou moins pour garnir la grille lorsque le combustible commence à manquer.

Cheminées perfectionnées. — Les cheminées ordinaires ont toujours un rendement calorifique très faible, et qui se trouve encore diminué parce qu'elles produisent un appel exagéré de l'air extérieur. Elles utilisent à peine 5 à 10 pour 100 de la chaleur dégagée. On a imaginé un grand nombre de systèmes pour remédier à ce défaut.

On a fait des cheminées dont le foyer, placé sur des galets, se place au fond pour l'allumage et se tire ensuite en avant pour augmenter le rayonnement, et des cheminées mobiles, munies de tuyaux à joints télescopiques et pouvant se tirer en avant ; mais ces systèmes compliqués ont eu peu

de succès. On cherche plutôt aujourd'hui à récupérer une partie de la chaleur emportée par la fumée. Des tentatives de ce genre avaient été faites déjà par Savot et par Gauger; elles furent reprises par Péclet.

Cheminée Péclet. — Dans la cheminée de Péclet, le

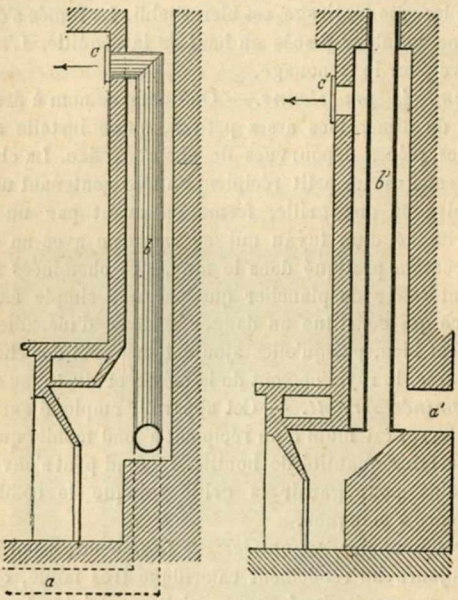
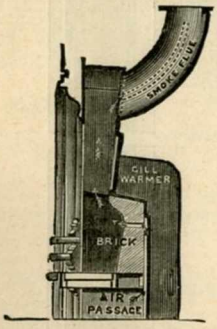


Fig. 32. — Cheminée Péclet.

tuyau d'évacuation renferme, suivant son axe, un conduit métallique *a*, *b*, *c*, qui s'ouvre en bas dans l'atmosphère et par la partie supérieure dans la chambre (fig. 32). L'air extérieur pénètre dans ce tuyau, s'y échauffe et se déverse dans l'appartement. Cette disposition est fort gênante pour le ramonage. Il est préférable de faire passer la fumée dans le tuyau central *b'*,

entouré par un espace annulaire, où circule et s'échauffe l'air extérieur, qui entre par *a'* et sort par *c'*.

Cheminée Douglas-Galton. — La cheminée, installée par le capitaine Douglas-Galton, dans beaucoup de casernes et d'hôpitaux anglais, est à peu près la reproduction de celle de Péclet. C'est une caisse en fonte, contenant une grille pour brûler de la houille ou du coke. Cette grille est assez étroite, afin d'activer le tirage et de diminuer la consommation ; elle est entourée de matériaux réfractaires *(brick)*, qui s'échauffent et rayonnent de la chaleur, en



Smoke flue, tuyau de cheminée; *gill warmer*, chambre à air; *brick*, terre réfractaire; *air passage*, prise d'air.

Fig. 33. — Cheminée ventilatrice Douglas-Galton.

même temps qu'ils protègent la fonte. L'air extérieur pénètre par un orifice placé généralement au-dessous du plancher *(air passage)* (fig. 33) ; il arrive dans la chambre à air *(gill warmer)*, où il s'échauffe au contact du foyer, dont le fond est constitué par une plaque de fonte ornée de nervures, pour augmenter la surface de chauffe, et s'échappe enfin dans la pièce par une bouche de chaleur. La fumée s'élève d'abord dans un tube vertical, puis elle sort par le tuyau *(smoke flue)*. De plus, un autre courant d'air, entrant par le cendrier, traverse un espace ménagé derrière le foyer entre l'enveloppe réfractaire et la plaque de fonte à

pervures et débouche par une fente horizontale au-dessus du combustible. Cette disposition serait destinée à rendre l'appareil fumivore.

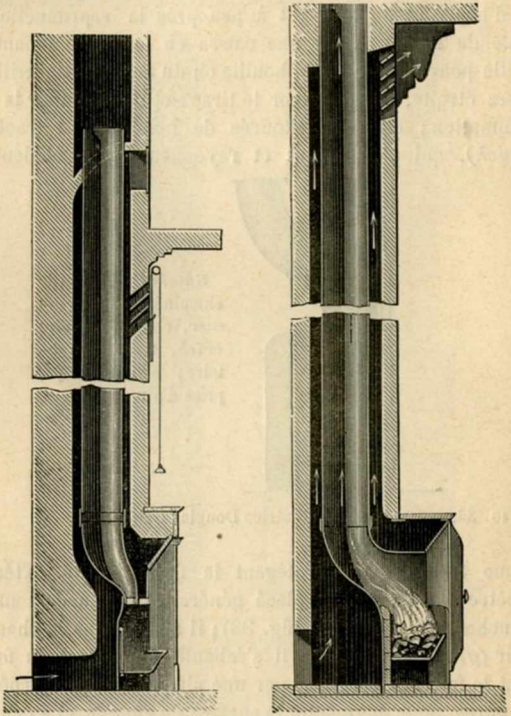


FIG. 34. — Cheminée Douglas-Galton, perfectionnée par le général Morin.

Afin d'augmenter le rendement calorifique de cette cheminée, le général Morin a prolongé la chambre de chauffe, qui entoure le tuyau de fumée sur toute la hauteur de l'étage ; l'air s'échauffe plus longtemps et s'échappe dans

le local par un orifice incliné situé près du plafond (fig. 34).

Cheminée Sylvester. — On emploie beaucoup aussi en

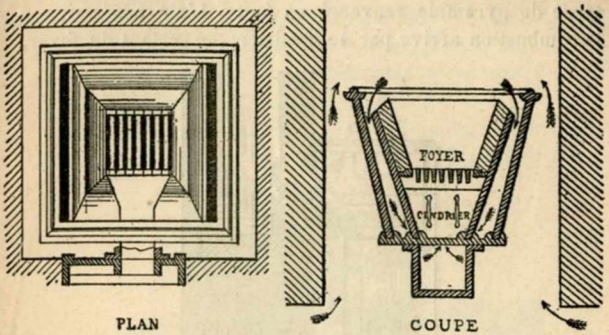


Fig. 35. — Cheminée Sylvester.

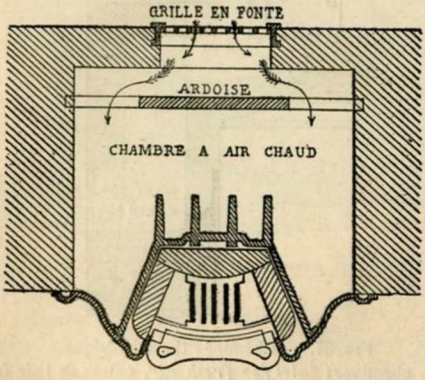


Fig. 36. — Cheminée Sylvester (chambre à air).

Angleterre la cheminée inventée par Sylvester, et perfectionnée par MM. Rosser et Russel. Dans cette cheminée, représentée en plan et en coupe (fig. 35), la fumée

s'échappe en descendant, et suit par conséquent une marche inverse de celle de l'air froid. Le foyer a la forme d'un tronc de pyramide renversé en fonte. L'air nécessaire à la combustion arrive par le cendrier; en sortant du foyer,

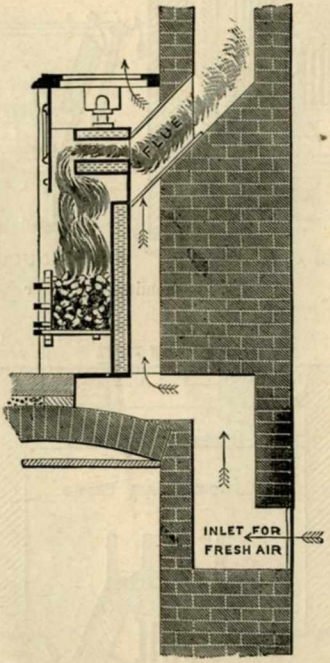


Fig. 37. — Cheminée thermhydrique.
Flue, cheminée; *inlet for fresh air*, entrée de l'air frais.

la fumée redescend par une double enveloppe, qui entoure l'appareil, et s'échappe dans la cheminée par une boîte en fonte, placée au-dessous du cendrier. Toute la surface extérieure est munie de nervures, ainsi qu'un couvercle pyra-

midal qui ferme la partie supérieure. L'air froid circule dans une caisse en briques qui entoure cet appareil ; il s'échauffe d'abord au contact de la boîte de fonte, puis en suivant les parois de la double enveloppe. On obtient ainsi un bon rendement. La figure 36 montre la chambre à air qui entoure l'appareil de chauffage.

Cheminée thermhydrique. — La cheminée *thermhydrique* de M. Saxon Snell, employée également en Angle-

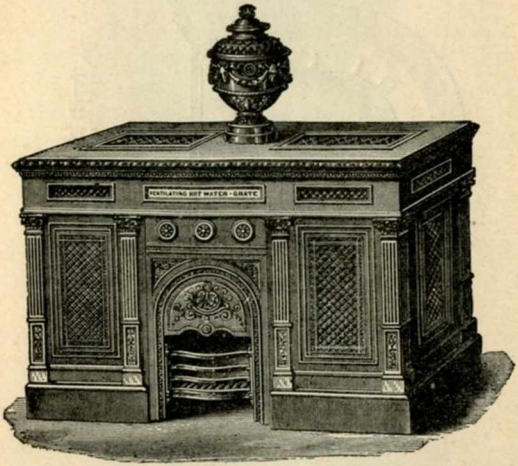


Fig. 38. — Cheminée thermhydrique au centre d'une pièce.

terre, échauffe l'air par le contact de l'eau chaude ; elle renferme un petit bouilleur placé derrière la grille et communiquant avec une série de tubes de fer installés le long de l'appareil et remplis également d'eau chaude (fig. 37). L'air extérieur, qui pénètre par un orifice placé au bas de la cheminée, passe entre ces tubes avant de pénétrer dans l'appartement, en suivant le chemin indiqué par les flèches ; on est donc certain qu'il n'est ni trop chaud, ni trop sec.

Le conduit de fumée peut être placé sans inconvénients au-dessous du plancher, de sorte que la cheminée peut s'installer au milieu d'une pièce, comme le montre la figure 38.

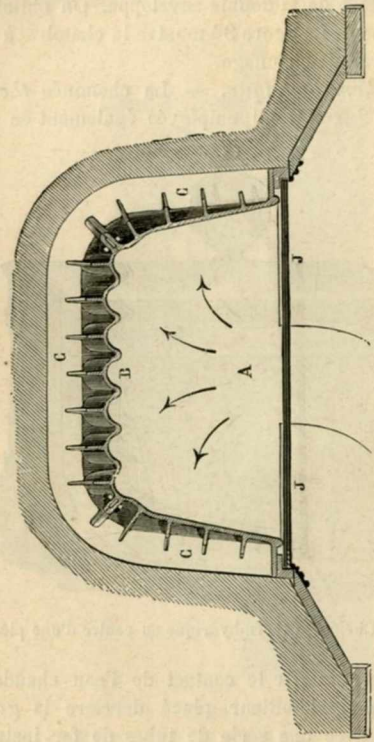


Fig. 39. — Cheminée V.-Ch. Joly (plan).

Cheminée Joly. — Dans la cheminée Joly, l'âtre est porté par une plaque de fonte A et entouré d'une coquille B de même métal, en forme de trapèze à angles arrondis, portant des nervures à l'extérieur (fig. 39 et 40). Ces nervures aug-

mentent la surface de chauffe, et par suite empêchent la fonte de rougir et de carboniser l'air. Le haut de cette coquille

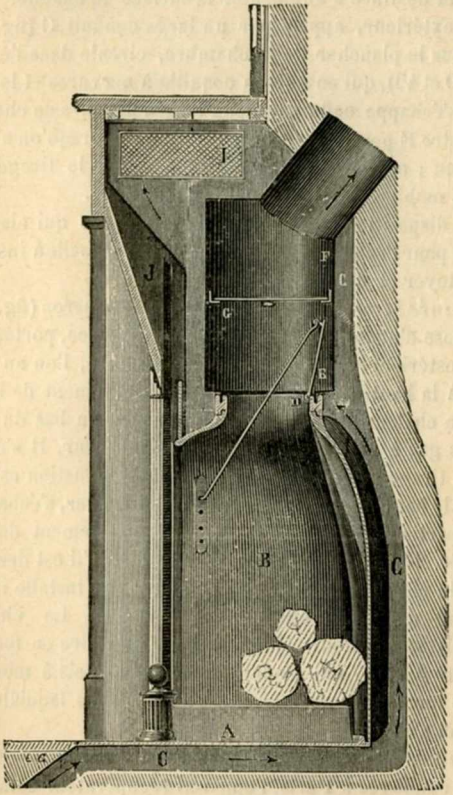


Fig. 40. — Cheminée Joly (coupe verticale).

s'arrondit en se rétrécissant et aboutit à un orifice rectangulaire servant d'issue à la fumée. Cet orifice D commu-

nique avec la cheminée, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une sorte de caisse en fonte, munie de chicanes mobiles et destinée à augmenter la surface de chauffe.

L'air extérieur, appelé par un large conduit C (fig. 40), placé sous le plancher de la chambre, circule dans l'espace C (fig. 39 et 40), qui entoure la coquille à nervures et le tambour et s'échappe enfin par deux larges bouches de chaleur. Un registre E permet de fermer la cheminée lorsqu'on n'y fait pas de feu ; un autre registre sert à régler le tirage. Les chicanes mobiles s'enlèvent pour le ramonage.

Cette disposition est une des plus simples qui aient été essayées pour l'échauffement de l'air ; elle est facile à installer et à nettoyer et elle donne de bons résultats.

Cheminée Mousseron. — L'appareil Mousseron (fig. 41 [1]) se compose d'un foyer en fonte, d'une seule pièce, portant à la partie postérieure deux orifices pour la fumée, l'un au haut, l'autre à la hauteur du combustible. Au moment de l'allumage, la chaleur qui se développe d'abord au bas du foyer force les gaz à s'échapper par l'orifice inférieur. Il s'établit ainsi un tirage très violent. Lorsque la combustion est bien établie, le haut de la cloche s'échauffe et les gaz, s'échappant par la partie supérieure, se rendent directement dans la cheminée. L'appareil reçoit une grille lorsqu'il est destiné à brûler du charbon. Il est facile à monter et s'installe immédiatement dans une cheminée quelconque. Le vide qui existerait tout autour est masqué par un cadre en fonte ou en cuivre à jour, qui s'adapte dans le châssis à moulure. Ce vide forme une chambre de chaleur dans laquelle l'air circule et s'échauffe.

Cheminée Fondet. — Dans la cheminée Fondet, qui est très employée à Paris, l'appareil récupérateur comprend

[1] Figure empruntée au livre de M. E. Bosc, *Traité complet théorique et pratique du chauffage et de la ventilation des habitations particulières et des édifices publics.*