



MANUEL PRATIQUE
DU CHAUFFAGE
ET
DE LA VENTILATION



IMPRIMERIE GÉNÉRALE DE CH. LAHURE
rue de Fleurus, 9, à Paris.



SALUBRITÉ DES HABITATIONS

578/89

MANUEL PRATIQUE
DU CHAUFFAGE

ET

DE LA VENTILATION

PAR

ARTHUR MORIN

Général de division d'artillerie
membre de l'institut, ancien élève de l'École Polytechnique
directeur du Conservatoire des Arts et Métiers
membre de la Société centrale d'Agriculture
président honoraire de la Société des Ingénieurs civils de France
membre correspondant de l'Académie royale des Sciences de Berlin
de l'Académie royale des Sciences de Madrid, de l'Académie des Sciences de Turin
de l'Académie royale des Géographes de Florence
de l'Académie de Metz, de la Société industrielle de Mulhouse
de la Société littéraire et philosophique de Manchester
de la Société impériale d'Arts et Manufactures de Toscane
de la Société des ingénieurs civils d'Écosse
de l'Académie des nuovi lincei de Rome

PARIS

LIBRAIRIE DE L. HACHETTE ET C^{IE}

BOULEVARD SAINT-GERMAIN, N° 77

1868





ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

PRÉFACE

En publiant, sous la forme d'un simple Manuel sur le chauffage et la ventilation des lieux habités, le résultat des recherches que depuis longues années j'ai poursuivies, à l'aide des principes de la mécanique et surtout avec le secours des nombreuses observations qu'il m'a été permis de faire ou de recueillir, je me suis proposé de propager les règles et les proportions qu'il convient d'adopter pour résoudre la plupart des problèmes d'application qui peuvent se présenter dans la pratique.

Ces questions, dans lesquelles la santé publique et le bien-être des individus sont si directement intéressés, ont été jusqu'à ce jour trop négligées par les architectes qui, pour la plupart, ne s'en préoccupent guère et s'en rapportent avec trop d'indifférence aux

ingénieurs praticiens, auxquels ils ne s'adressent le plus souvent que quand les édifices sont à peu près construits, ce qui crée aux plus habiles de nombreuses difficultés et occasionne un grand surcroît de dépenses, devant lequel les administrations et les particuliers reculent presque toujours.

L'on verra, au contraire, que si, dès l'origine des travaux, les dispositions à prendre étaient étudiées et arrêtées, les frais spéciaux de construction nécessités pour obtenir un renouvellement régulier et complet de l'air dans tous les lieux habités, n'atteindraient qu'une faible proportion de la dépense totale et que les frais annuels et permanents, pour obtenir une salubrité si nécessaire et si souvent désirée, ne s'élèveraient qu'à un chiffre bien insignifiant, par rapport à l'importance du résultat.

Si la science et l'observation avaient pu réunir des résultats statistiques réellement comparatifs de l'influence hygiénique d'un renouvellement abondant et régulier de l'air dans les lieux où se trouvent un grand nombre d'individus, tels que les écoles, les lycées, les casernes, les hôpitaux, les salles d'assemblées, les théâtres, etc., il en ressortirait, je n'en doute pas, la démonstration évidente que toute dépense faite pour atteindre ce but, est aussi profitable au seul point de vue financier qu'à celui de l'humanité.

L'on ne possède guère malheureusement à ce sujet

d'autres éléments bien établis de convention, que les résultats des observations recueillies dans les dernières campagnes par le service médical des armées. A ce sujet, tous les chirurgiens militaires sont d'accord pour reconnaître l'influence préservatrice qu'exercent contre la propagation des cruelles épidémies, qui enlèvent à nos armées tant d'intrépides soldats, la dissémination des blessés et le traitement dans des barraques mal closes et même sous la tente.

Il serait donc superflu d'insister sur l'importance d'une bonne solution de ces questions, et si jusqu'ici l'on n'a pas toujours été d'accord sur les moyens à employer, on paraît au moins l'être sur son utilité.

La donnée fondamentale même du problème a été longtemps mal fixée, et il a fallu bien des années pour que l'observation ait conduit à assigner au renouvellement nécessaire de l'air les proportions convenables aux différents cas. Presque toujours on l'a restreint à des quantités insuffisantes et les solutions proposées ont été par suite nécessairement incomplètes et très-souvent de nulle valeur. Aujourd'hui de nombreuses observations permettent de la fixer et d'en faire la base des projets.

Les opinions n'ont pas été moins partagées pendant longtemps sur les moyens à employer pour assurer le renouvellement de l'air par l'extraction de l'air vicié et par l'introduction de l'air pur.

Il ne saurait entrer dans le cadre de ce Manuel



d'examiner ni de discuter les divers systèmes proposés et appliqués. Je l'ai fait avec détail dans le travail que j'ai publié en 1863, sous le titre d'*Études sur la ventilation*¹ et dans différentes notes insérées dans les *Annales du Conservatoire*.

Trois systèmes ont été mis en présence :

1° Celui qui, de temps immémorial, est pratiqué dans les mines, et auquel les membres de l'Institut et les ingénieurs les plus éminents ont donné la préférence. Il procède par l'aspiration naturellement, ou le plus souvent artificiellement produite à l'aide de foyers allumés dans les puits d'aérage pour l'extraction de l'air vicié, qui détermine subsidiairement la rentrée de l'air nouveau destiné à le remplacer.

Partout où il a été appliqué convenablement, avec des proportions bien calculées, il a donné les résultats que l'on devait en attendre et si, dans quelques cas, il a paru ne résoudre la question qu'incomplètement, cela a toujours tenu soit à des défauts de construction, soit et trop souvent à une absence de régularité dans le service.

2° Le système de l'insufflation, dans lequel, à l'aide de ventilateurs plus ou moins puissants, l'on oblige l'air nouveau à pénétrer dans les locaux que l'on veut assainir.

De nombreuses observations prouvent que ce sys-

1. Librairie de L. Hachette et Cie.



PRÉFACE.

ème, toujours et souvent dans une énorme proportion, plus ou moins aidé par les effets de l'aspiration naturelle, ne suffit pas, surtout dans les grands locaux, pour assurer l'évacuation régulière et stable de l'air vicié objet principal de la ventilation.

Il y a cependant des cas particuliers où l'emploi de ventilateurs insufflants est commandé par les conditions locales. Telles sont les galeries étroites des mines.

Dans d'autres cas, l'usage des ventilateurs employés pour produire l'aspiration est indiqué par des conditions locales. Aussi est-il parfaitement justifié, par exemple, dans les mines où les puits d'aéragage laissent suinter des quantités d'eau considérables, qui refroidiraient une colonne d'air ascendante chauffée par un foyer d'aspiration, dans celles où la présence de gaz inflammables rendent l'emploi de ces foyers inadmissibles, etc. Il en est de même des ateliers où se développent des poussières dangereuses, que l'aspiration déterminée par la chaleur ne suffirait pas à enlever et où la présence d'un moteur permet facilement d'installer des appareils mécaniques.

3° Quant à un troisième mode, récemment proposé par d'habiles ingénieurs, les expériences comparatives faites au Conservatoire¹ des arts et métiers ont montré qu'il ne présentait pas d'avantage économique sur le système bien plus simple et plus direct de

1. *Annales du Conservatoire des arts et métiers.*



l'aspiration. Si, d'ailleurs, ses effets pour l'introduction de l'air nouveau sont réels, comme on ne saurait le contester, il n'assure pas mieux que le précédent la régularité de l'évacuation de l'air vicié.

Les essais tentés à l'Exposition universelle de 1867 pour produire, dans certaines galeries, un abaissement artificiel de la température, en y introduisant de l'air pris dans des caves, sont loin d'avoir répondu à ce que l'on en espérait. On en verra la preuve dans le compte rendu des observations faites cet été et qui sera publié dans les *Annales du Conservatoire*.

Mais une application récente, dont les résultats ne sont pas encore publiés, paraît montrer que pour l'enlèvement des poussières des meules et dans d'autres cas analogues, les dispositifs de ce genre pourraient être utilement employés.

Sans prétendre qu'on doive, dans tous les cas, négliger l'emploi des deux derniers systèmes, je crois que, dans la plus grande généralité des questions de ventilation à résoudre, il y a lieu de préférer le système de l'aspiration, et c'est d'après cette conviction, partagée d'ailleurs après de longues discussions par le comité consultatif d'hygiène et du service médical des hôpitaux¹, que j'ai adopté les règles dont je fais

1. Rapport sur les appareils de chauffage et de ventilation à employer dans les hôpitaux, approuvé par le comité le 16 février 1865 et adressé le 17 mai 1865 à tous les préfets. (Voir au *Bulletin officiel du ministère de l'intérieur*, n° 5, 1865.)

connaître l'application aux cas les plus ordinaires de la pratique.

Ces règles sont d'ailleurs également admises en Angleterre et particulièrement en Russie par d'habiles et savants ingénieurs, qui en ont fait avec succès de grandes et nombreuses applications².

Mais, ainsi que je l'ai dit plus haut, il est des circonstances exceptionnelles où il convient de modifier ces règles, car dans de pareilles questions il ne saurait y avoir de solution absolue et universelle.

Quel que soit d'ailleurs le mode que l'on emploie pour assurer dans les lieux habités un renouvellement convenable de l'air, quelles que bonnes que soient les dispositions prises et les règles du service prescrites, l'on ne doit pas se dissimuler qu'un contrôle régulier de l'exécution de ces prescriptions est le principal élément du succès régulier et qu'il est indispensable de l'exercer.

Il en est de ces appareils comme de tout autre soumis à l'action des hommes. Or, ce contrôle, cette surveillance sont la seule difficulté réelle, et c'est à leur absence qu'il faut attribuer les inconvénients signalés dans plusieurs cas. J'en ferai voir des exemples.

Si le fruit de ces longues études sur les moyens d'assurer la salubrité de l'air dans tous les lieux ha-

2. Note sur l'hôpital d'accouchement de Saint-Petersbourg. (*Annales du Conservatoire des arts et métiers.*)



bités, depuis les premiers asiles de l'enfance et les ateliers jusqu'aux plus somptueux palais peuvent atteindre le but que je me suis proposé, je serai largement récompensé des soins persévérants que j'y ai apportés.

MANUEL PRATIQUE

DU

CHAUFFAGE ET DE LA VENTILATION

DES LIEUX HABITÉS.

1. Les questions qui se rattachent au Chauffage et à la Ventilation sont tellement solidaires et connexes, au moins pendant les saisons froides, qu'il est à peu près impossible de les séparer, même dans un résumé des données de la science et de l'expérience, tel que celui qu'on se propose d'exposer ici ; c'est par ce motif que je les réunis sous un titre commun.

CHAUFFAGE.

NOTIONS GÉNÉRALES.

2. *Appareils de chauffage.* — On peut considérer les appareils de chauffage sous trois points de vue différents :

- 1° Sous celui de l'emploi économique du combustible ;
- 2° Sous celui de la salubrité ;
- 3° Sous celui de l'agrément.

Pour le chauffage des locaux où l'on ne séjourne que peu de temps, tels que les vestibules des édifices publics, les escaliers, les salles d'attente, les églises même, la première considération peut faire décider de la préférence dans le choix des appareils.

Pour les lieux habités, la seconde doit au contraire constituer la condition principale, et à ce point de vue on peut poser en principe que *tout appareil ou système de chauffage qui, par lui-même, n'assure pas un renouvellement suffisant et régulier de l'air, ou qui n'est pas combiné avec des dispositifs qui produisent ce renouvellement, est insalubre.*

Quant à la troisième considération, si elle tend à faire négliger la première, elle se lie à la seconde, car il ne peut y avoir de chauffage agréable que celui qui est, avant tout, salubre.

Dans l'examen rapide que nous allons faire des appareils de chauffage considérés sous ces trois points de vue, nous séparerons ceux qui sont destinés aux services particuliers de ceux qui sont employés à des chauffages généraux.

CHEMINÉES.

5. Au premier rang des appareils de chauffage intérieur d'un usage à la fois agréable et salubre, se placent les cheminées, dont nous distinguerons deux genres différents :

- 1° Les cheminées ordinaires;
- 2° Les cheminées ventilatrices.

Ce que nous dirons des premières et des proportions qu'il convient de leur donner s'appliquera d'ailleurs aux secondes, qui n'en diffèrent que par quelques dispositions spéciales.

CHEMINÉES ORDINAIRES.

On peut en considérer deux types distincts. Le premier, qui se rencontre le plus fréquemment, se compose d'un tuyau de fumée assez large, communiquant inférieurement

avec le foyer par une ouverture plus ou moins rétrécie et qui constitue à sa base le passage que Rumford nommait la *gorge* de la cheminée (pl. I, fig. 1). A sa partie supérieure, le tuyau de fumée est terminé par une sorte d'ajutage nommé *mitre*, quand il est en briques ou en tuiles, ou *mitron*, lorsqu'il est fait en tuyaux de poterie. Cet orifice d'évacuation de la fumée présente une section de passage notablement moindre que celle du corps du tuyau. Ce type est à peu près celui qui a été étudié par Rumford et qui porte son nom; mais, en indiquant les avantages généraux par rapport aux anciennes cheminées, au seul point de vue du tirage, ce physicien n'a point étudié les proportions qu'il convenait de donner aux diverses parties.

Dans le second type, que l'on rencontre assez souvent dans les étages supérieurs des maisons de Paris, la section du conduit de fumée, ordinairement cylindrique, est uniforme sur toute sa longueur. Il a été recommandé par M. Pécelet dans son *Traité de la Chaleur* comme convenable dans tous les cas; mais son usage doit être restreint aux très-petites cheminées, et principalement au chauffage par les poêles.

4. *Avantages et inconvénients généraux des cheminées ordinaires.* — Les cheminées ordinaires, en déterminant l'évacuation d'un volume d'air considérable et par conséquent le renouvellement de celui des appartements, présentent l'avantage incontestable de constituer des appareils de chauffage salubres.

Mais cet air évacué devant nécessairement être remplacé par de l'air extérieur, fourni le plus souvent par les joints des portes ou des fenêtres, il en résulte des courants d'air froid d'autant plus incommodes que la cheminée a des dimensions plus considérables, et que le foyer détermine par son activité un tirage plus énergique. Il arrive alors que, comme le disait Rumford, « des vents coulis pénétrants font frissonner une partie du corps, tandis que l'autre est grillée par le feu de la cheminée, ce qui ne peut qu'être

très-nuisible à la santé. » Il n'y a personne qui n'ait ressenti ces effets dans le voisinage d'une vaste cheminée où brillait un grand feu. C'est surtout dans les grandes salles d'habitation de la campagne qu'ils sont sensibles et incommodes ¹.

Dans d'autres cas fréquents, surtout à Paris, par suite de l'exiguïté des cuisines, de la proximité des lieux d'aisances et de la garniture des joints des portes et des fenêtres à l'aide de bourrelets, l'appel qu'exerce une cheminée où un feu actif est entretenu, se trouve alimenté en partie par de l'air qui a traversé ces locaux, ce qui introduit dans les appartements des odeurs désagréables et insalubres.

5. *Rendement calorifique des cheminées ordinaires.* — D'une autre part, l'air appelé par une cheminée en sort souvent à une température de 60, 80, 100° et plus. Il emporte avec lui et disperse ainsi dans l'espace, sans profit pour le chauffage, la plus grande partie de la chaleur développée par le combustible ². Cette perte s'élève aux $\frac{9}{10}$, aux $\frac{7}{8}$ et plus de cette chaleur dispersée, de sorte que l'effet, ou ce qu'on peut nommer le rendement calorifique d'une cheminée ordinaire, ne dépasse guère 0,14 à 0,12 de la chaleur développée par le combustible. Il importe donc, tout en conservant l'avantage d'un renouvellement abondant de l'air, de limiter à la fois le volume et la température de l'air évacué à ce qui est nécessaire pour le maintien de la salubrité des appartements et de l'activité du tirage.

6. *Proportions suffisantes pour le renouvellement de l'air et le tirage des cheminées.* — Lorsqu'une cheminée ordinaire des proportions généralement adoptées aujourd'hui à Paris fonctionne avec une activité moyenne, l'évacuation d'air qu'elle détermine par heure, atteint et dépasse souvent cinq fois la capacité de la pièce qu'elle est destinée à chauffer, et ce renouvellement d'air suffirait, même dans les pro-

1. *Essais politiques, économiques et philosophiques du comte de Rumford*, tome I^{er}, page 311.

2. *Études sur la Ventilation*, tome I^{er}, chap. v, pages 295 et suivantes.

portions ordinaires des appartements, pour assurer une ventilation de plus de 30 mètres cubes d'air par heure et par personne, en supposant qu'il y en eût plus d'une par mètre carré de plancher.

D'une autre part, pour que le tirage et l'évacuation de la fumée aient l'activité nécessaire et ne soient pas contrariés par les vents, il suffit que la vitesse avec laquelle cette fumée s'échappe dans l'air soit de 3 mètres en une seconde dans le cas ordinaire d'un feu d'une activité moyenne; mais il n'est pas nécessaire et il serait même nuisible que la vitesse fût la même dans le tuyau général de fumée, où il convient qu'elle atteigne seulement 1^m,40 à 2 mètres en une seconde; ce qui engage à ne pas trop restreindre les dimensions de ce tuyau.

La discussion théorique des conditions du mouvement de l'air dans les cheminées et les résultats de l'expérience conduisent aux règles suivantes, pour les proportions à donner aux cheminées d'appartements¹.

7. Proportions des tuyaux de cheminées et des mitres des maisons particulières. — Pour les maisons d'habitation, de ville ou de campagne où il n'y a qu'un petit nombre d'étages et où les murs qui reçoivent les tuyaux de fumée ont des épaisseurs suffisantes, on peut construire les tuyaux de fumée en briques ordinaires, et alors les dimensions à donner à ces tuyaux ainsi qu'aux mitres qui les surmonteront, pourront être réglées selon la capacité des pièces d'après le tableau que nous donnons ci-après, page 6.

L'on remarquera que les dimensions des conduits de fumée, indiquées pour les pièces d'une capacité de 300 mètres, sont déjà très-considérables, et qu'il serait difficile de les dépasser sans s'exposer à l'inconvénient très-grave que présentent les larges conduits, celui de permettre parfois l'établissement de courants descendants de fumée, lors de l'allumage.

1. *Études sur la Ventilation*, tome 1^{er}, chap. v, pages 295 et suivantes.

Il conviendra donc, en général, pour d'aussi grands appartements, de joindre au chauffage par la cheminée l'action auxiliaire d'un calorifère général.

Capacité des pièces.	Volume d'air à évacuer et à introduire par heure.	Conduits de fumée				Mitres			
		section.	rectangulaires		cylindriques. Diamètre :	section.	rectangulaires		cylindriques. Diamètre :
			largeur	longueur.			largeur	longueur.	
mc	mc	m ^q	m	m	m	m ^q	m	m	m
100	500	0,0926	0,25	0,37	0,27	0,0463	0,14	0,33	0,19
120	600	0,1110	0,30	0,37	0,30	0,0555	0,15	0,37	0,21
150	750	0,1388	0,30	0,46	0,33	0,0694	0,20	0,35	0,23
180	900	0,1666	0,30	0,55	0,37	0,0833	0,20	0,41	0,26
220	1100	0,2036	0,35	0,58	0,40	0,1018	0,20	0,50	0,28
260	1300	0,2406	0,40	0,60	0,44	0,1203	0,20	0,60	0,31
300	1500	0,2776	0,40	0,66	0,47	0,1388	0,23	0,60	0,33

8. Proportions des tuyaux de fumée et des mitrons dans les maisons à loyer à plusieurs étages. — Dans les villes où l'on construit des maisons à loyer ayant un grand nombre d'étages, et en particulier à Paris, les tuyaux de cheminée sont construits en briques de formes spéciales ou en tuyaux de poterie surmontés le plus souvent par des mitrons cylindriques des dimensions suivantes (pl. I, fig. 2) :

Numéros des modèles.	Diamètres.	Section de passage.
	m	m ^q
1	0,25	0,0491
2	0,22	0,0381
3	0,19	0,0283
4	0,16	0,0202

On distingue trois types de tuyaux de fumée en poterie :

9. 1^{er} TYPE. *Tuyaux en briques moulées dites wagons* (pl. I, fig. 3). Ils se placent dans l'épaisseur des murs de refend, ou de face, dont ils font partie intégrante. Il y en a de cinq modèles ou numéros différents, que l'on doit employer, selon

la capacité des pièces à chauffer et selon l'épaisseur des murs destinés à les recevoir. On pourra se régler, pour le choix des modèles et pour celui du mitron cylindrique à employer, sur le tableau suivant :

DIMENSIONS DES TUYAUX CONSTRUITS EN WAGONS ET DES MITRONS A EMPLOYER SELON L'ÉPAISSEUR DES MURS ET LA CAPACITÉ DES LOCAUX.

Capacité des locaux.	Épaisseur des murs.	Numéros des wagons.	Dimensions intérieures.		Section de passage de la fumée A.	Numéros des mitrons correspondants à employer.	Section de passage A ₁ .	Rapport des sections $\frac{A}{A_1}$.
			m	m				
100 à 140	0,50	1	0,34	0,21	0,0714	1	0,0491	1,45
80 à 100	0,45	2	0,28	0,21	0,0588	2	0,0381	1,54
80 à 100	0,40	3	0,26	0,21	0,0546	2	0,0381	1,43
80 à 100	0,34	4	0,27	0,21	0,0567	2	0,0381	1,49
45 à 60	0,25	5	0,20	0,18	0,0360	4	0,0202	1,78
								1,54

10. 2^e TYPE. *Tuyaux dits boisseaux* (pl. I, fig. 3), destinés aux cheminées adossées aux murs sur lesquels elles se trouvent en saillie. Ces tuyaux en poterie sont minces et ont une hauteur moyenne de 0^m,33. Il y en a de six numéros, que l'on pourra choisir d'après les indications du tableau suivant :

DIMENSIONS DES TUYAUX CONSTRUITS EN BOISSEAUX ET DES MITRONS A EMPLOYER SELON LA CAPACITÉ DES LOCAUX.

Capacité des locaux à chauffer.	Numéros des boisseaux.	Dimensions intérieures.		Section de passage A.	Numéros des mitrons correspondants à employer.	Section de passage A ₁ .	Rapport des sections $\frac{A}{A_1}$.
		m	m				
100 à 140	1	0,30	0,25	0,0750	1	0,0491	1,53
80 à 100	2	0,25	0,22	0,0550	2	0,0381	1,44
60 à 80	3	0,25	0,16	0,0400	3	0,0283	1,42
60 à 80	4	0,22	0,19	0,0418	3	0,0283	1,48
45 à 60	5	0,19	0,17	0,0328	4	0,0202	1,62
»	6	0,16	0,13	0,0208	»	»	»
							1,50

11. *Observation.* — L'on voit que les tuyaux en wagons et en boisseaux ne conviennent que pour des appartements de dimensions ordinaires, et seraient tous insuffisants pour les grands salons de réception.

12. 3^e TYPE. *Tuyaux en briques cintrées dites briques Gourlier* (pl. I, fig. 5). Ce genre de tuyaux n'est employé que pour les plus petites cheminées ou pour le cas où l'on se sert de poêles. Les briques, moulées en forme de voussoirs, sont réunies au nombre de quatre pour composer la partie correspondante du tuyau. Leur épaisseur est ordinairement de 0^m,075. Il n'y en a que deux modèles; l'un, qui laisse un vide de 0^m,25 de diamètre ou 0^m,0490 de section, est destiné aux murs de 0^m,50 et de 0^m,45 d'épaisseur; l'autre, de 0^m,22 de diamètre intérieur ou de 0^m,038 de section, s'emploie pour les murs de 0^m,40 d'épaisseur.

Ces tuyaux de fumée ne peuvent assurer la ventilation que de très-petites pièces d'appartement et ils ne doivent pas recevoir de mitron. Leur usage est généralement limité aux pièces chauffées par des poêles.

DES CHEMINÉES VENTILATRICES.

13. Ces cheminées, dont l'idée première n'est pas nouvelle, ont, comme beaucoup d'autres dispositions proposées par des constructeurs, pour objet d'utiliser plus avantageusement que les cheminées ordinaires la chaleur développée par le combustible, en déterminant l'introduction d'un volume considérable d'air nouveau échauffé à une température modérée, destiné à remplacer celui qui a été appelé et évacué par le tuyau de fumée et à atténuer beaucoup l'entrée de l'air extérieur froid par les joints des portes et des fenêtres.

Mais, tandis que tous les dispositifs proposés jusqu'ici n'introduisent qu'un assez faible volume d'air nouveau égal à peine à 0,10 de celui que la cheminée évacue, et l'élèvent à des températures de 100 à 120°, et parfois plus, les propor-

CHEMINÉES VENTILATRICES.



ions adoptées pour les cheminées des casernes anglaises par N. le capitaine du génie Douglas Galton ont fourni une solution très-satisfaisante du problème, ainsi que l'ont montrée des expériences exécutées au Conservatoire des arts et métiers sur deux cheminées de ce genre¹.

Les figures 6, 7, 8, 9 et 10 (pl. I) montrent que ces cheminées se composent d'un foyer ordinaire chauffé au bois ou à la houille, complètement isolé du mur en arrière. Le tuyau de fumée, en fonte dans la hauteur de la pièce à chauffer, est isolé jusqu'au plafond, dans une gaine où pénètre de l'air extérieur introduit par-dessous, latéralement ou par derrière, selon les conditions locales. Près du plafond, la gaine, que l'air extérieur a parcourue, en s'échauffant, offre une ouverture garnie de directrices qui obligent cet air à se diriger vers le haut de la pièce. Cette ouverture doit être munie d'une trappe à ressort ou à coulisses facile à ouvrir et à fermer, selon que le feu est entretenu ou éteint.

L'observation montre qu'avec les proportions indiquées plus loin, le volume d'air ainsi introduit à 33° diffère peu de celui qui est évacué par la cheminée, ce qui supprime à peu près les rentrées d'air froid par les portes.

Cette introduction d'air chaud jointe au chauffage par le rayonnement ordinaire de la cheminée augmente de beaucoup son effet calorifique, qui s'élève à 0,35 de la chaleur développée par le combustible, tandis que les cheminées ordinaires n'en utilisent que 0,12 à 0,14, et les cheminées munies de l'appareil Fondet à 0,20 environ.

14. Toutes les fois que les conditions de la construction permettront l'installation de ce genre de cheminée, il est évident qu'on devra le préférer à tous les autres et l'on pourra suivre pour leur construction les proportions indiquées ci-après, page 10 :

Il est bon d'ajouter que la plupart des modèles de cheminées en fonte, destinées à brûler de la houille où du

1. *Annales du Conservatoire*, 6^e volume, 1866.

coke, se prêtent d'une manière simple et économique à cette installation, pourvu qu'il soit possible de ménager la prise d'air extérieur.

PROPORTIONS DES CHEMINÉES VENTILATRICES.

Capacité des pièces à chauffer.	Volume d'air à évacuer et à introduire par heure.	Section du conduit de fumée.	Aire de passage de la mitre.	Section totale de la gaine de passage de l'air nouveau.
mc	mc	m ²	m ²	m ²
100	500	0,050	0,025	0,140
120	600	0,060	0,030	0,163
150	750	0,075	0,038	0,210
180	900	0,090	0,045	0,252
220	1100	0,110	0,055	0,308
260	1300	0,130	0,065	0,364
300	1500	0,150	0,075	0,420

Au-dessus de la pièce à chauffer la gaine d'air extérieur est arrêtée et le tuyau de fumée est monté en tuyaux ou en briques comme à l'ordinaire.

Si cependant on voulait profiter de la gaine pour chauffer une pièce située au-dessus, on pourrait la prolonger, en la munissant à chaque étage d'un registre, pour en régler l'effet.

Les âtres de ces cheminées doivent d'ailleurs être disposés comme ceux des cheminées ordinaires. Ils seront en fonte et le foyer sera garni de briques réfractaires, si l'on doit y brûler de la houille ou du coke.

Un mantelet mobile sera disposé pour y être accroché au moment de l'allumage.

15. *Observation relative aux grands appartements.* — Il convient encore de rappeler ici que les proportions que l'on vient d'indiquer pour ces cheminées ventilatrices ne peuvent être notablement dépassées, même pour les plus grands appartements. Mais si deux cheminées ordinaires, placées dans une même pièce, se contrarieraient souvent, le même inconvénient ne se présenterait pas avec des cheminées

ventilatrices qui s'alimentent elles-mêmes de l'air nécessaire à leur tirage.

Cependant, pour des cas semblables, il conviendra de joindre aux cheminées des calorifères établis d'après les principes exposés plus loin et principalement employés à chauffer les vestibules, les cages d'escalier, les corridors, les antichambres et n'introduisant dans les appartements mêmes de l'air chaud qu'à des températures modérées de 35 à 40° vers les parties supérieures.

POÊLES.

16. Service particulier. — Ces appareils, ordinairement placés à l'intérieur des appartements, constituent le moyen de chauffage le plus économique. Ceux qui sont construits en faïence, en tôle, ou en fonte, sans bouches de chaleur, prenant l'air à l'intérieur, utilisent et abandonnent dans les locaux échauffés 0,85 à 0,90 de la chaleur développée par le combustible (pl. I, fig. 11).

Mais le volume d'air qui passe par le poêle et s'échappe par le tuyau de fumée n'est que d'environ 5 mètres cubes par kilogramme de bois brûlé; de 6 à 7 mètres cubes par kil. de houille; et de 10 à 12 mètres cubes au plus par kil. de coke avec un feu très-actif.

Des poêles de ce genre ne déterminent donc l'évacuation de l'air vicié des appartements que dans une proportion tout à fait insuffisante et qui est au plus $\frac{1}{10}$ de la capacité des locaux chauffés dont l'air ne serait ainsi, par leur action, renouvelé qu'une fois en dix heures.

Le chauffage par ces appareils est donc évidemment insalubre.

Il a de plus l'inconvénient d'établir des différences considérables entre les températures qui règnent à diverses hauteurs. Ces différences peuvent s'élever à 10° ou 12° pour des appartements de 4 à 5 mètres de hauteur.

17. Dangers de l'usage des poêles en fonte. — Les poêles en



fonte sont encore plus insalubres que ceux en faïence, par suite de la haute et irrégulière élévation de température de leurs parois. Leur construction ordinaire est tellement défectueuse qu'ils devraient être proscrits des lieux habités.

D'après des expériences récentes¹, directes et précises, exécutées en 1867 par MM. H. Deville et Troost, la fonte chauffée au rouge est très-perméable aux gaz et en particulier à l'hydrogène et à l'oxyde de carbone, ce qui explique le malaise et même les effets toxiques parfois très-graves qu'occasionne l'usage des poêles en fonte dans l'intérieur des appartements d'habitation. C'est tout au plus si l'on peut les admettre pour le chauffage des dépendances et des parties extérieures des appartements fréquemment ouvertes, où l'air peut être facilement renouvelé.

Les poêles en faïence ou en tôle de fer sont de beaucoup préférables et ne présentent pas les mêmes inconvénients, mais ils n'assurent pas davantage le renouvellement de l'air.

Il convient de dire cependant que, depuis quelques années déjà, les fondeurs ont cherché à modifier les poêles en fonte, dont les inconvénients, moins bien connus, n'étaient cependant pas ignorés. On les dispose souvent aujourd'hui de manière que, le feu étant une fois allumé, l'ouverture de portes mobiles ou l'enlèvement de mantelets amovibles les transforme en véritables cheminées isolées des murs et pouvant, quand on leur donne des tuyaux de fumée assez larges, produire une ventilation analogue à celle des cheminées ordinaires. En joignant à ces dispositions, dont on trouve dans les fonderies beaucoup de modèles différents, l'usage d'établir dans le foyer même une chemise en briques, facile à renouveler, l'on éviterait l'élévation excessive et brusque de la température de la fonte ainsi que la destruction rapide du métal, et l'on atténuerait beaucoup les inconvénients si graves des appareils de chauffage en fonte.

1. *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, 13 janvier 1868.



Des dispositions analogues pourraient être aussi introduites dans les foyers des petits fourneaux de ménage servant à la fois pour le chauffage et pour la cuisson des aliments et dans la construction des calorifères à air chaud.

18. *Poêles à circulation d'air.* — Lorsque l'air qui circule dans les conduits et qui sort par les bouches de chaleur est pris dans la salle chauffée, les inconvénients précédents subsistent, et de plus l'air fourni par ces bouches étant à une température souvent supérieure à 100°, il incommode les personnes placées dans leur voisinage et est insalubre.

Si les bouches de chaleur et la circulation sont alimentées par une prise d'air extérieur froid, une partie de la chaleur développée par le combustible étant employée à échauffer cet air, le rendement calorifique de l'appareil peut être un peu augmenté parce que la fumée qui s'échapperait serait moins chaude, mais il ne devient guère moins insalubre, parce que l'air échauffé qu'il fournit est toujours à une température trop élevée.

L'évacuation de l'air vicié de l'appartement est d'ailleurs plutôt diminuée qu'accrue, puisque la température de la fumée est moindre.

19. *Poêle à circulation d'air du modèle de feu René Duvoir et de la Compagnie générale d'éclairage au gaz.* — Ces poêles, dont un certain nombre d'écoles de la ville de Paris sont pourvues, et qui sont proposés au public par la Compagnie générale d'éclairage au gaz pour la combustion du coke, utilisent 0,67 de la chaleur développée par le combustible employé.

La fumée qui s'en échappe a souvent, à 4 mètres de distance du foyer, une température de 400° et plus.

L'air échauffé qu'ils versent à l'intérieur atteint celle de 200° et son volume n'est que de 50 mètres cubes par kilogramme de houille brûlée, parce que les orifices de passage qui lui sont réservés sont beaucoup trop petits.

Dans les proportions ordinaires ils ne déterminent qu'une



CHAUFFAGE.

évacuation d'air vicié d'environ 60 mètres cubes par heure ou de 22 mètres cubes par kil. de combustible.

Ils sont donc d'un usage peu salubre et ne méritent nullement le nom de poêles ventilateurs que certains constructeurs leur donnent.

Dans la plupart des poêles de ce genre, dont on cherche à rendre la construction économique, la surface de chauffe atteint à peine vingt fois celle de la grille, tandis qu'elle devrait être au moins le triple ou le quadruple. L'aire de passage de l'air introduit ou échauffé est à peine égale à celle de la grille. Elle devrait être aussi trois ou quatre fois plus grande pour augmenter le volume d'air introduit et diminuer sa température.

Le tuyau de fumée n'a qu'une section égale à 0,18 de celle de la grille. Il serait convenable de la doubler pour permettre au moins l'évacuation d'un plus grand volume d'air. Mais alors le rendement calorifique de l'appareil serait notablement diminué.

20. Poêles calorifères de M. Chaussenot et autres analogues (pl. I, fig. 13). — Ce constructeur fait établir pour les grands locaux et pour les dépendances des bâtiments des poêles à circulation d'air qui sont de vrais calorifères, parce qu'avant de s'échapper dans l'air, la fumée y circule dans de nombreux conduits, et qu'ils peuvent introduire des volumes assez considérables d'air chaud, pris au besoin à l'extérieur.

Leur rendement calorifique atteint 0,93 de la chaleur développée par le combustible.

Ils peuvent introduire dans les lieux échauffés un volume d'air d'environ 160 mètres cubes par kilogramme de charbon brûlé, mais la température de cet air atteint et surpasse souvent 130°, ce qui indique que les passages ne sont pas suffisamment larges.

Dans leurs proportions actuelles, ils ne déterminent que l'évacuation de 5^m,82 d'air vicié par kilogramme de charbon brûlé. Ils ne sont donc pas d'un usage salubre et ne



conviennent que pour le chauffage des dépendances des bâtiments, telles que les vestibules, les cages d'escalier, où l'air extérieur afflue et se mêle facilement avec celui qu'ils ont échauffé.

Dans un poêle de ce genre essayé au Conservatoire, la surface de chauffe est égale à plus de cent fois celle de la grille, ce qui est une bonne et large proportion.

L'aire de passage de l'air introduit ou échauffé est égale à trois fois la surface de la grille, ce qui n'est pas tout à fait suffisant.

Le tuyau de fumée a une section égale à 0,47 de celle de la grille, ce qui convient pour le tirage, mais ne peut assurer une évacuation suffisante d'air vicié.

21. *Améliorations à introduire dans la construction des poêles.* — Les défauts principaux de tous les poêles, sans exception, sont :

1° De ne déterminer qu'une évacuation d'air vicié insignifiante au point de vue de la salubrité ;

2° De communiquer à l'air qui circule dans leurs conduits une température trop élevée.

Les moyens d'atténuer ces défauts consistent :

1° A disposer des conduits spéciaux d'évacuation de l'air vicié, chauffés directement par le poêle et par le tuyau de fumée ;

2° A agrandir aussi les conduits de passage de l'air qui doit circuler dans le poêle pour s'y échauffer et prendre, toutes les fois que cela ne sera pas impossible, cet air à l'extérieur, afin d'éviter son introduction par les portes et par les fenêtres ;

3° A munir les poêles de portes qui, pouvant s'ouvrir après l'allumage, les transformeraient à peu près en cheminées, et permettraient l'introduction et l'appel d'un grand volume d'air par le tuyau de fumée, dont on pourrait augmenter les dimensions sans crainte d'accroître outre mesure la dépense de combustible.

Les poêles allemands et ceux de quelques constructeurs



CHAUFFAGE.

français offrent une disposition de ce genre, mais encore incomplète.

22. *Des cheminées et des poêles à flamme renversée.* — Dans certains cas, l'absence de tuyau de cheminée existant directement au-dessus du foyer, oblige à faire descendre la fumée vers un conduit inférieur horizontal, qui la dirige au bas d'une cheminée verticale placée à une certaine distance. Pour assurer, en pareil cas, le tirage aux premiers moments de l'allumage, l'on est généralement obligé d'établir dans la cave, que traverse le conduit, et au bas du tuyau vertical de fumée, un petit foyer d'appel, qui y détermine un tirage momentané, et dont on doit fermer la prise d'air dès qu'il est allumé, afin que, n'étant plus alimenté que par le conduit horizontal, il s'y produise un appel qui se transmette à la cheminée ou au poêle.

Mais cette disposition est souvent insuffisante, à moins que l'on n'entretienne le foyer d'appel, ce qui est une sujétion assez grande.

Dans les maisons éclairées au gaz, il est préférable d'introduire dans le tuyau vertical de la cheminée, à l'étage même qui est habité, et non à hauteur du conduit horizontal inférieur, des becs de gaz entourés d'une petite cheminée métallique de 0^m,25 à 0^m,30 de hauteur, avec une prise d'air séparée pour éviter que la fumée ne les éteigne. Trois à quatre becs, brûlant chacun 0^mc,100 par heure, suffisent ordinairement.

La chaleur développée par la combustion du gaz détermine dans le tuyau de fumée une élévation de température qui assure le tirage du poêle ou de la cheminée. Une fois que le feu est bien allumé, l'on peut éteindre les becs de gaz.

Une disposition de ce genre, appliquée au Conservatoire, pour un poêle qu'un foyer d'appel ordinaire ne suffisait pas à faire tirer régulièrement et qui était dans de très-mauvaises conditions, a bien réussi, même par des vents violents.



CALORIFÈRES A AIR CHAUD.

25. Les différents systèmes de calorifères à air chaud peuvent être réduits à deux types.

Dans l'un, la plus grande partie des tuyaux de circulation de la fumée est disposée horizontalement, dans l'autre elle l'est verticalement.

Le premier système est inférieur au second, parce que l'air extérieur introduit dans le calorifère et qui doit s'échauffer au contact des tuyaux, en s'élevant verticalement, ne rencontre, tout au plus, que la moitié latérale de leur surface, tandis que dans les dispositifs où les tuyaux sont verticaux, leur surface entière peut être touchée par l'air, et lui communiquer plus de chaleur.

L'expérience a montré, en effet ¹, qu'un calorifère à tuyaux horizontaux où la surface de chauffage était égale à 70 fois celle de la grille n'utilisait que 0,63 de la chaleur développée par le combustible, tandis que pour des calorifères à tuyaux verticaux, où la surface de chauffe était égale à 220 fois celle de la grille, le rendement calorifique s'est élevé à 0,81.

La proportion de la surface de chauffe des tuyaux à celle de la grille a aussi une grande importance. Dans un calorifère à tuyaux horizontaux, l'on a trouvé les résultats suivants :

Surface de chauffe égale à	$\left. \begin{array}{l} 25 \text{ fois celle de la grille} \\ 70 \text{ fois id.} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \text{rendement} \\ \text{calorifique} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 0,45 \\ 0,63 \end{array} \right\}$

Il convient d'adopter la disposition des tuyaux verticaux et de leur donner une surface de chauffe égale à 150 ou 200 fois la surface de la grille du foyer.

Les tuyaux de fumée devraient avoir 0^m,25 à 0^m,30 de diamètre, pour que la vitesse n'y fût pas trop grande ni la température trop élevée.

1. *Annales du Conservatoire*, 6^e vol., 1866.



CHAUFFAGE.

Dans les lieux abondamment ventilés, il faut donner aux calorifères pour 1000 mètres cubes de capacité des salles 20 mètres carrés de surface de chauffe quand les tuyaux sont horizontaux, 15 mètres carrés quand les tuyaux sont verticaux; pour les lieux non ventilés, l'on peut réduire cette proportion respectivement à 15 et à 10 mètres pour 1000 mètres de capacité.

Les bouches de chaleur par lesquelles afflue l'air chaud, doivent toujours être disposées dans des parois verticales, pour éviter qu'elles ne soient obstruées par les ordures du balayage. Dans les salles habitées, il convient en outre de les placer près du plafond, surtout s'il y a des cheminées ou d'autres moyens d'appel et de circulation de l'air.

Il convient de disposer au-dessus ou près des calorifères à air chaud une capacité dans laquelle débouche l'air qu'ils fournissent et où, par des ouvertures munies de registres, on puisse introduire de l'air froid en proportion convenable, pour que le mélange, qui en résulte, ait une température de 30 à 40° au plus.

Cette capacité qu'on peut appeler chambre de mélange est un accessoire indispensable de tous les calorifères de ce genre, qui servent à chauffer des lieux habités et occupés pendant quelque temps. C'est de là que doivent partir les conduits de distribution de l'air chaud. — Des registres faciles à manœuvrer servent à régler, selon les circonstances, les proportions d'air chaud et d'air frais.

D'autres registres doivent aussi être disposés sur les divers branchements de distribution de l'air, pour en assurer, en régler ou en interrompre la répartition, selon les besoins.

Lorsque les calorifères à air chaud ne sont pas pourvus d'une chambre de mélange, permettant l'introduction de l'air froid, ils ont l'inconvénient très-grave de fournir de l'air à une température souvent excessive et de produire un chauffage très-insalubre.

Dans ce cas la simple fermeture de la plus grande partie des registres de distribution, en restreignant le nombre des



passages libres, peut déterminer une élévation de température capable d'occasionner des incendies.

Ces calorifères ont à l'inverse le défaut de donner lieu à un chauffage assez inégal, par suite de négligence dans la conduite et l'entretien du feu.

Les calorifères à air chaud ne produisant directement aucune évacuation d'air vicié, ils n'assurent nullement par eux-mêmes la ventilation et la salubrité des lieux qu'ils sont destinés à chauffer. Quand des dispositions analogues à celles qu'on indiquera plus loin ont été prises pour l'évacuation de l'air vicié, il ne faut pas compter uniquement, pour en activer l'appel, sur la chaleur que peut laisser passer leur tuyau de fumée. Elle est presque toujours trop faible pour pouvoir suffire à déterminer un appel convenable.

Dans tous les cas, où l'usage de ces calorifères n'est pas combiné avec une ventilation active, leur emploi comme moyen de chauffage des lieux habités est donc insalubre. Il doit alors être limité aux dépendances des édifices, tels que vestibules, escaliers, antichambres de passage, etc.

Mais, à l'aide d'un foyer auxiliaire qu'on peut souvent établir au bas d'une cheminée traversée par leur tuyau de fumée, il est facile de combiner leur action avec celle de la ventilation.

Les tuyaux de fumée des calorifères à air chaud ou au moins ceux qui sont exposés à rougir devraient toujours être en tôle de fer épaisse de 6 à 8 millimètres, afin d'éviter les inconvénients signalés au n° 17. Lorsqu'ils sont en tôle plus mince ils se détruisent rapidement, même pendant l'été, par la circulation de l'air. Quelques constructeurs préservent les tuyaux de fumée du contact des gaz les plus chauds par une enveloppe en briques ou en terre réfractaire. C'est une précaution à recommander.

La prise d'air du foyer doit être indépendante et aussi séparée que possible de celle de l'air qui circule dans les tuyaux, afin d'éviter que celui-ci n'entraîne de la poussière ou de la fumée. Mais quand le calorifère est uniquement



CHAUFFAGE.

destiné au chauffage, cette prise d'air doit être placée près de la partie inférieure, et au-dessous des locaux à chauffer les plus bas; si elle était plus élevée il pourrait arriver que ces locaux, au lieu de recevoir de l'air chaud, fournissent au contraire de l'air au calorifère, qui ne servirait alors que pour les étages supérieurs.

Il en est autrement quand il s'agit de bâtiments ventilés par appel. On peut alors prendre l'air que le calorifère doit chauffer, à telle hauteur qu'on le juge nécessaire pour l'avoir plus pur, pourvu que l'appel soit assez énergique.

Les calorifères à air chaud ne peuvent en général conduire l'air qu'ils fournissent qu'à une distance horizontale de 12 à 14 mètres à droite et à gauche. C'est un inconvénient grave qui oblige à les multiplier beaucoup, quand il s'agit de chauffer de grands édifices.

On peut faire disparaître cet inconvénient en les combinant avec certains appareils de circulation d'eau chaude, dont on parlera plus loin. Les parties d'un édifice voisines du calorifère sont alors chauffées à l'air chaud, tandis que les plus éloignées le sont par circulation d'eau chaude.

CHAUFFAGE A LA VAPEUR.

24. La rapidité de la circulation de la vapeur sous l'action de pressions motrices assez faibles, la grande quantité de chaleur qu'elle abandonne en se condensant, sont les avantages principaux de ce mode de chauffage, qui n'exige, pour le passage de la vapeur, que des tuyaux de faibles dimensions; mais il a aussi, dans les dispositions le plus habituellement employées, des inconvénients assez graves.

Les inégalités dans la conduite du feu, en introduisent promptement de très-sensibles dans la circulation de la vapeur; des négligences trop fréquentes, pendant la nuit, occasionnent des condensations. Lorsque le feu reprend de l'activité, la vapeur, qui afflue alors rapidement dans des conduits où un vide partiel s'est formé, rencontrant des



masses d'eau liquide, les chasse violemment, et ces chocs produisent parfois des explosions, souvent des ruptures et des fuites, mais au moins très-fréquemment un bruit incommode et inquiétant.

Ces inconvénients graves ont généralement fait renoncer au chauffage direct par la circulation de la vapeur, excepté dans les usines où l'on emploie celle qui s'échappe des machines motrices, après y avoir agi. Dans ce cas, elle circule habituellement à travers de larges tuyaux apparents, ayant une pente suffisante pour que l'eau de condensation ne s'y accumule pas. Mais lorsqu'il s'agit de chauffer des lieux habités, de conduire la vapeur à travers des planchers de peu d'épaisseur, les difficultés augmentent et tous les inconvénients apparaissent.

M. Grouvelle, habile ingénieur civil, a proposé et exécuté pour plusieurs hôpitaux un dispositif dans lequel la vapeur, au lieu d'échauffer directement les poêles placés dans les salles, transmet à travers les parois des tuyaux, dans lesquels elle circule, une partie de sa chaleur à de l'eau contenue dans ces poêles. Ce système, par suite de la grande densité de l'eau et de son peu de conductibilité de la chaleur, évite l'inconvénient du refroidissement trop rapide des poêles, quand la circulation de vapeur se ralentit ou cesse.

Ces poêles ont, vers leur sommet, une petite ouverture qui empêche la température de l'eau de dépasser 100° , et les tuyaux qui les traversent, pour fournir un passage à l'air affluent de l'extérieur, ne permettent pas à la température de cet air d'excéder 40 à 45° .

Des dispositions particulières donnent d'ailleurs la facilité de faire passer la vapeur par les poêles ou par des conduits extérieurs, de manière à modérer la température des salles en ne chauffant qu'une partie de leurs poêles.

Mais, si l'on obtient par ce dispositif plus de régularité dans le chauffage, l'on n'évite pas les défauts des condensations dans les conduits qui traversent les planchers, ni les fuites, toujours difficiles à trouver et à prévenir.



CHAUFFAGE.

Quelques accidents survenus à l'hôpital Lariboisière ont même montré que ce système n'était pas tout à fait à l'abri des ruptures brusques.

On pourrait conserver les avantages du chauffage à la vapeur, et éviter ses principaux inconvénients, en disposant les tuyaux de circulation de la vapeur verticalement, dans des gaines ménagées dans l'épaisseur des murs ou construites exprès, comme on l'a fait en quelques endroits du pavillon de l'hôpital de Vincennes, ou comme le fait M. d'Hamelin court pour la circulation de l'eau au bâtiment d'administration du chemin de fer du Nord.

Quelques-uns de ces tuyaux pourraient rester apparents sous forme de colonnes et servir de poêles pour se chauffer les mains ou les pieds, ainsi que cela se pratique dans plusieurs établissements d'Allemagne ou de Suisse.

Ces dispositions, qui s'accorderaient très-bien avec la condition de faire arriver l'air nouveau vers le plafond, assureraient le retour immédiat de l'eau de condensation dans la chaudière et atténueraient beaucoup les conséquences des fuites, auxquelles il serait plus facile de remédier que dans celle qui a été généralement adoptée jusqu'ici.

Rien ne s'opposerait toutefois à ce que dans les hôpitaux l'on établît dans chaque salle un poêle à eau chaude, chauffé à la vapeur, d'après le système de M. Grouvelle pour l'agrément des malades.

Il convient d'ajouter qu'avec une surface de chauffe des poêles et des conduits de vapeur, de 20 à 24 mètres carrés pour 1000 mètres de capacité des salles, on peut assurer le service du chauffage des salles à 16 ou 18° pendant les temps les plus froids. A l'hôpital Lariboisière, la proportion est de 26 m² et elle est notablement plus grande qu'il ne serait nécessaire.

Mais il restera toujours à faire au chauffage à la vapeur, même ainsi modifié, le reproche d'être trop sensible aux inégalités du feu, et surtout aux négligences des chauffeurs, parfois prolongées pendant la nuit.

CHAUFFAGE PAR CIRCULATION D'EAU CHAUDE.

25. Ce système de chauffage, qui est connu et appliqué depuis longtemps avec des dispositions diverses, est beaucoup moins sujet à permettre des variations rapides de température que le précédent, attendu qu'à capacité égale les récipients et les conduits de circulation de l'eau chaude contiennent toujours un nombre beaucoup plus considérable d'unités de chaleur que s'ils étaient remplis de vapeur. La grande densité de l'eau et la permanence de sa circulation à travers les parties échauffées des appareils qui sont établies dans le foyer, longtemps après que le feu a perdu de son activité, entretiennent une assez grande régularité dans le chauffage, malgré des négligences accidentelles.

La température de l'air échauffé par ces appareils est toujours très-moderée. Il est même difficile de l'élever au-delà de 40 à 45° avec des surfaces de chauffe considérables. Sous ce rapport, ce genre de chauffage est très-salubre, pourvu qu'il soit accompagné d'une ventilation abondante.

Il n'est pas indispensable d'établir, comme le faisait L. Duvoir, dans les parties élevées des édifices des récipients régulateurs vers lesquels l'eau chaude s'élève, et qui, par la différence de densité de hautes colonnes d'ascension et de retour, assurent à la circulation la rapidité convenable.

Les exemples des appareils employés à l'hôpital de Guy, à Londres, au palais de Sydenham et de tous les appareils de chauffage des serres prouvent que, pourvu que les tuyaux aient des sections convenables, il suffit d'une faible distance verticale entre les tuyaux d'ascension et de retour pour que la moindre différence de température détermine la circulation. On en a un autre exemple très-concluant dans les appareils de chauffage de certaines baignoires.

L'on peut disposer les tuyaux de circulation de l'eau destinée à échauffer l'air soit dans les parties inférieures des édifices, soit verticalement dans des gaines ménagées dans

les murs ou en saillie à l'intérieur, et par lesquelles afflue l'air nouveau qui s'échauffe au contact des tuyaux.

La première disposition, dans laquelle les conduits sont ou peuvent être apparents sur toute leur étendue et sont établis dans des locaux faciles à visiter, rend les fuites à peu près sans importance, permet de les reconnaître et de les faire cesser.

La seconde, qui est pratiquée par M. d'Hamelincourt, et dans laquelle on ménage ordinairement des regards à hauteur de chaque joint, laisse à peu près la même facilité et permet de rejeter au dehors les eaux des fuites.

Toutes deux sont d'une installation plus économique que celle qui a été adoptée par L. Duvoir-Leblanc qui faisait circuler l'eau dans l'épaisseur des planchers, et elles sont à l'abri des reproches, un peu exagérés du reste, qui ont été adressés aux travaux de ce constructeur.

Dans ces dispositifs, les poêles à eau peuvent être supprimés totalement ou réduits à un seul par salle, pour la commodité des malades.

26. Proportion à donner aux surfaces de chauffe. — Les appareils de chauffage par circulation d'eau chaude ne donnent pas à surface égale autant de chaleur que ceux à vapeur. L'observation des résultats obtenus à l'hôpital Lariboisière, montre qu'une surface de chauffe de 27 mètres carrés pour 1000 mètres cubes de capacité des salles, est à peine suffisante par les grands froids, et nous pensons qu'il conviendrait d'allouer aux poêles ou récipients placés à l'intérieur des salles à chauffer, au moins 30 à 32 mètres carrés de surface totale de chauffe pour cette capacité de 1000 mètres cubes dans des locaux analogues aux hôpitaux.

Quand il s'agit d'appareils placés dans les caves et destinés à chauffer de l'air, qui, de là, circule dans des conduits où il peut se refroidir ou de salles chauffées par intermittences, la prudence exige que la surface de chauffe soit portée à 50 mètres carrés pour 1000 mètres de capacité à chauffer, et encore faut-il que l'air ne doive pas être con-

duit à de grandes distances. En général, ce système est moins avantageux au point de vue du rendement calorifique que celui où l'eau circule dans les conduits ou dans les récipients mêmes que l'air doit parcourir.

Mais quand le foyer avec sa cloche à eau, les conduits de circulation de l'eau et les poêles sont tous renfermés dans les locaux qui doivent être chauffés, les pertes de chaleur non utilisées se réduisent, comme pour les poêles ordinaires, à celle qu'emporte la fumée. Le chauffage devant d'ailleurs être conduit avec modération, ce système réunit alors aux avantages de la salubrité celui de l'économie du combustible, et me paraît, comme chauffage général, préférable aux autres employés au même usage.

Dans ces conditions, la surface totale de chauffe pourrait être réduite à 25 mètres carrés pour 1000 mètres cubes de capacité des locaux à chauffer.

La régularité, la modération, la stabilité des températures étant beaucoup mieux assurées par le chauffage par circulation d'eau chaude que l'on peut activer, ralentir ou même arrêter partiellement ou en totalité, aussi bien que dans les systèmes où l'on emploie la vapeur, nous croyons qu'il mérite en général la préférence, surtout pour le service des hôpitaux.

27. *Chauffage par circulation d'eau chaude à haute température.* — Quant au système de chauffage par circulation d'eau chaude à haute température, connu sous le nom de système Perkins, où l'eau acquiert parfois une température supérieure à 300°, il ne peut être sans danger de faire circuler de semblables conduits dans les épaisseurs des planchers, dans le voisinage de pièces de bois, qu'une si haute température altère lentement et dispose à s'enflammer spontanément; plus d'un exemple d'incendie a justifié cette appréhension.

Aussi aujourd'hui, dans les établissements où l'on a adopté ce système de chauffage, tous les tuyaux en fer étiré sont apparents et suspendus aux murs ou aux plafonds, ce





CHAUFFAGE.

qui est d'un aspect fort disgracieux. Il est d'ailleurs indispensable d'entourer d'un grillage ou d'une enveloppe à distance les portions de ces tuyaux qui sont à portée du contact, pour éviter des accidents graves.

Par tous ces motifs, nous ne croyons pas qu'il convienne, dans aucun cas, d'employer ce genre de chauffage.

28. *Combinaison du chauffage à l'eau chaude avec le chauffage à l'air chaud.* — L'on peut, comme il a été dit plus haut, faire disparaître l'inconvénient que présente le chauffage à l'air chaud, de n'étendre son action qu'à 12 ou 15 mètres à droite et à gauche des calorifères, en disposant dans le foyer, soit une cloche à eau, soit des cylindres appelés bouteilles, d'où partent des conduits de circulation d'eau chaude en communication avec des poêles à eau et des conduits de retour.

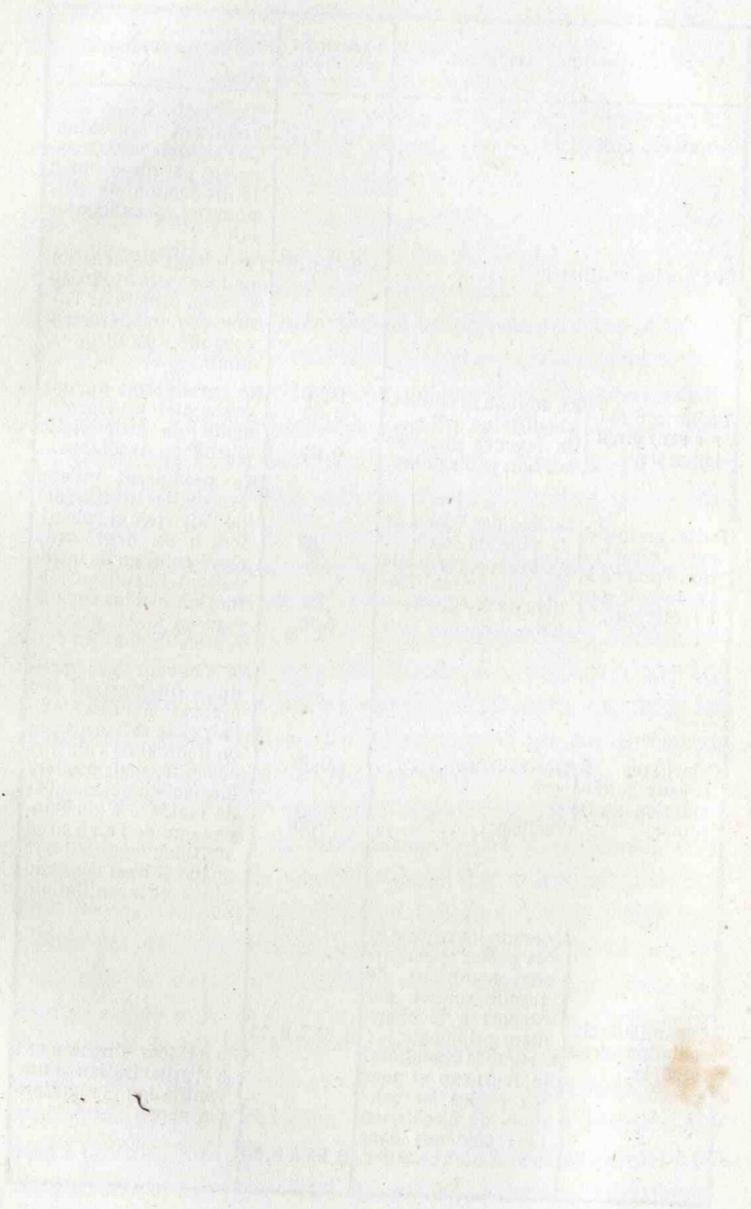
L'on obtient ainsi un chauffage mixte, dont une partie est à l'air chaud et l'autre à l'eau chaude, l'action de ce dernier pouvant s'étendre à une grande distance.

29. *Combinaison du chauffage et de la ventilation par appel.* — Les appareils de chauffage à la vapeur, à l'eau chaude, et de chauffage mixte à l'air et à l'eau, peuvent facilement se combiner avec les dispositions de la ventilation par appel, et permettent d'établir dans les conduits ou dans les cheminées d'évacuation des réservoirs d'eau ou de vapeur qui lui donnent l'activité convenable.

30. *Conclusions générales des expériences sur les appareils de chauffage exécutées en 1865-1866.* — Les expériences dont j'ai fait connaître les résultats dans des notes insérées aux *Annales du Conservatoire*, jointes à celles que j'ai déjà publiées sur les cheminées, permettent de classer les divers appareils de chauffage étudiés, de la manière suivante, au seul point de vue de leur rendement calorifique, c'est-à-dire du rapport de la chaleur qu'ils répandent directement ou indirectement dans les locaux auxquels ils sont destinés, à celle que développe le combustible consommé, et en faisant d'ailleurs abstraction de leurs avantages ou de leurs inconvénients sous les rapports de la ventilation et de la salubrité.



DÉSIGNATION DES APPAREILS.	RENDEMENT calorifique.	OBSERVATIONS.
Cheminées ordinaires.....	0,10 à 0,12	Produisent l'évacuation de l'air vicié, mais n'assurent pas directement l'introduction de l'air nouveau. Chauffage salubre.
Cheminées ventilatrices.....	0,33 à 0,35	Produisent l'évacuation de l'air vicié et l'introduction directe de l'air nouveau modérément échauffé. Chauffage salubre.
Poêles ordinaires sans circulation d'air.	En fonte à la houille, chauffée au coke... 0,90 En fayence chauffée au bois peu salubre. 0,83 0,87	Ne produisent qu'une évacuation très-insuffisante de l'air vicié. Chauffage insalubre.
Poêles en métal avec circulation d'air pris à l'extérieur ou à l'intérieur.	Modèle des écoles de la ville de Paris... 0,68 A conduits verticaux de circulation. Modèle de M. Chausse-not..... 0,93	Ne produisent qu'une évacuation insuffisante de l'air vicié et échauffent à un degré trop élevé celui qu'ils introduisent. Chauffage très-insalubre si les tuyaux sont en fonte, peu salubre s'ils sont en fer.
Calorifères à tuyaux de circulation de la fumée.	Horizontaux..... 0,63 Verticaux..... 0,80	Ne peuvent pas produire directement une évacuation suffisante de l'air vicié et fournissent en général de l'air trop échauffé, mais peuvent être facilement modifiés de manière à ne donner que de l'air à 30 ou 40°. Chauffage insalubre quand il n'est pas combiné avec la ventilation.
Appareils de circulation d'eau chaude.	Lorsque les tuyaux et les poêles apparents sont nombreux, de grande surface par rapport à la chaudière principale.... 0,65 à 0,75 Lorsque la chaudière, le fourneau et tous les poêles ou conduits de circulation sont contenus dans les locaux à chauffer. 0,85 à 0,90	Se prêtent directement à l'organisation d'une ventilation régulière par appel.



VENTILATION.

NOTIONS GÉNÉRALES.

51. *Propriétés de l'air.* — Avant de formuler les règles à suivre et les proportions à adopter pour assurer dans les lieux habités un renouvellement convenable de l'air, il est utile de rappeler quelques notions générales de physique-mécanique relatives aux propriétés de ce fluide.

L'air, mélange de 0,21 d'oxygène et de 0,79 d'azote, est un corps pesant. A la température de 0° et sous la pression de 0^m,76 de mercure, le mètre cube d'air pèse 1^{kl},298.

Il obéit donc, comme tous les autres corps, aux lois de la pesanteur.

Ses molécules, de même que celles de tous les gaz, ne sont que très-faiblement liées les unes aux autres par les attractions moléculaires; les forces les moins énergiques, les plus petites augmentations de température, les plus faibles diminutions de pression, en déterminant la prépondérance des forces répulsives, en éloignent les éléments les uns des autres; à l'inverse, les plus légers abaissements de température rapprochent les molécules de l'air, et le rendent plus dense et plus lourd.

L'air se dilate par l'action de la chaleur et se contracte par celle du froid, de même que les autres gaz, et son volume varie avec sa température suivant la loi de Gay-Lussac, exprimée par la formule :

$$V = (1 + 0,003665 t)V_0 = (1 + at)V_0,$$

dans laquelle

V_0 exprime son volume à zéro degré et à la pression barométrique 0^m,76 de mercure ;

V le volume qu'il occupe à la température de t° au-dessous de zéro ;

$a = 0,003665$ un coefficient constant déduit de l'expérience, et qui exprime la proportion dans laquelle le volume s'accroît, par degré centigrade d'élévation de la température au-dessus de zéro.

Cette formule revient à dire que, sous la même pression barométrique, un volume d'un mètre cube d'air à zéro devient

$$(1 + at) = (1 + 0,003665t)^{mc},$$

en passant à la température de t degrés.

Si la température s'abaissait, au lieu de s'élever, l'air se contracterait, diminuerait de volume en se refroidissant, et suivrait dans cette contraction la même loi, exprimée par la formule

$$V = (1 - 0,003665t)V_0 = (1 - at)V_0,$$

qui revient à la formule précédente, quand on convient d'affecter la température t du signe $+$ ou plus, lorsqu'elle est au-dessus de zéro et du signe $-$ ou moins, lorsqu'elle est au-dessous.

52. Variation de la densité. — Quand la température de l'air augmente et que le volume qu'il occupait s'accroît, sa densité ou le poids du mètre cube diminue suivant une loi qui est exprimée par la formule suivante, laquelle suppose que la pression atmosphérique reste mesurée par une colonne de $0^m,76$ de mercure :

$$d = \frac{d_0}{1 + at} = \frac{1^{kn},29t}{1 + 0,003665t}$$

Les valeurs de la densité ou du poids du mètre cube d'air à différentes températures calculées par la formule ci-dessus, sont données dans la table suivante :



TABLE DES DENSITÉS DE L'AIR A DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES.

TEMPÉR.	DENSITÉ.	TEMPÉR.	DENSITÉ.	TEMPÉR.	DENSITÉ.	TEMPÉR.	DENSITÉ.
	k		k		k		k
- 20°	1,400	+ 18°	1,217	+ 56°	1,077	+ 94°	0,965
18	1,389	20	1,209	58	1,070	96	0,960
16	1,378	22	1,201	60	1,064	98	0,955
14	1,368	24	1,197	62	1,058	100	0,950
12	1,358	26	1,185	64	1,051	102	0,9448
10	1,347	28	1,177	66	1,045	104	0,9398
8	1,337	30	1,169	68	1,039	106	0,9348
6	1,327	32	1,161	70	1,033	108	0,9299
4	1,318	34	1,154	72	1,027	110	0,9251
2	1,311	36	1,146	74	1,021	112	0,9203
0	1,298	38	1,139	76	1,015	114	0,9155
+ 2	1,285	40	1,132	78	1,009	116	0,9108
4	1,279	42	1,124	80	1,004	118	0,9051
6	1,270	44	1,118	82	0,998	120	0,9015
8	1,261	46	1,111	84	0,992	122	0,8970
10	1,252	48	1,104	86	0,986	124	0,8925
12	1,243	50	1,097	88	0,981	126	0,8880
14	1,234	52	1,090	90	0,976	128	0,8836
16	1,226	54	1,083	92	0,970	130	0,8791

53. *Loi de Mariotte.* — D'après cette loi connue, la température de l'air restant constante, son volume varie en raison inverse des pressions auxquelles il est soumis, et sa densité est proportionnelle à ces pressions.

54. *Relation générale entre la pression, le volume, la température et la densité de l'air.* — En appelant :

$$\left. \begin{array}{l} d_0 \ V_0 \ P_0 \\ d \ V \ P \\ d' \ V' \ P' \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{La densité, le volume et} \\ \text{la pression correspon-} \\ \text{dent aux températures} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{zéro} \\ t' \text{ degrés} \\ t \end{array} \right.$$

l'on a les relations suivantes résultant de la combinaison de la loi de Mariotte et de celle de Gay-Lussac.

$$V = V' \frac{1 + 0,003665 \ t \ P'}{1 + 0,003665 \ t' \ P}$$

$$d = d' \frac{1 + 0,003665 \ t' \ P}{1 + 0,003665 \ t \ P'}$$

Si l'on suppose que $t' = 0$ et $P = P' = 1 \text{ atm.}$, $d' = 1 \text{ kil.}$
298.

La dernière formule revient à celle

$$d = \frac{1,298}{1 + 0,003665 t}$$

que l'on a donnée plus haut.

55. *Principe d'Archimède. Ses effets.* — L'air, comme tous les fluides, est soumis à ce principe élémentaire de physique, en vertu duquel un corps plongé dans un fluide y perd une portion de son poids égale à celui du volume qu'il déplace.

Ainsi à la température de zéro, et sous la pression de $0^{\text{m}},76$, chaque mètre cube d'une masse d'air indéfini pèse 1 kil. 298 ; et, comme il y occupe précisément la place d'un volume fluide du même poids, il reste en équilibre partout où il est placé, tant qu'une cause extérieure ne vient pas le déplacer.

Si, au contraire, la température de ce mètre cube d'air vient à baisser, par exemple, par suite de son contact avec quelque corps froid, tel qu'un vitrage, un mur, il se contracte, son volume diminue, sa densité augmente; il devient plus lourd que le volume d'air qu'il déplace dans la masse restée, par hypothèse, à peu près à la même température. Dès lors, l'excès de son poids sur celui de ce volume, tend à le faire descendre.

Ainsi, dans un local où la température générale est de 20° , si une portion de l'air, qui était d'abord à cette température, et qui avait une densité de 1 kil. 209 par mètre cube, se trouvait refroidie par son contact avec des corps moins chauds, tels que des vitres ou des murs à la température de zéro, sa densité deviendrait égale à 1 kil. 298, et chaque mètre cube tendrait à descendre avec une force égale à l'excès de son poids nouveau, sur celui d'un mètre cube de la masse environnante, ou à 1 kil. 298 — 1 kil. 209 = 0 kil. 089.



Cet effet se produit continuellement l'hiver, le long des parois des fenêtres et des murs plus froids que l'air intérieur dans les appartements chauffés.

A l'inverse, si la température d'une portion de l'air s'élève au-dessus de celle du milieu ambiant, cet air se dilate, sa densité diminue, et chaque mètre cube, ne pesant plus autant que le même volume de l'air qui l'entoure, est poussé de bas en haut, par une force égale à la différence des densités.

Ainsi, quand, l'été, l'air en contact avec le vitrage des fenêtres s'échauffe, quand l'hiver des effets analogues se produisent auprès des poêles, auprès des appareils d'éclairage, auprès des individus même, l'air, devenu moins dense, s'élève vers le plafond.

Si, par exemple, la température moyenne générale d'un lieu est de 16° , la densité de l'air égale à 1 kil. 226 ; et si, auprès des fenêtres, par l'action du soleil, l'air qui est en contact avec le vitrage, s'élève à celle de 26° , sa densité devient 1 kil. 185, chaque mètre cube de cet air est sollicité de bas en haut par une force égale : 1 kil. 226 — 1 kil. 185 = 0 kil. 041.

56. *Fréquence des effets précédents.* — Les effets que l'on vient d'indiquer se manifestent fréquemment d'une manière fort désagréable, lorsqu'on se trouve l'hiver placé près d'une fenêtre d'un salon, où la température générale est élevée, et d'une manière encore plus sensible dans les grandes salles éclairées par des plafonds vitrés. Dans ce dernier cas, l'on est souvent obligé, pour éviter ces inconvénients, en conservant la lumière, de chauffer fortement et à 30 ou 40° à l'aide de poêles, le comble qui surmonte ces plafonds : on en verra plus loin des exemples.

A l'inverse, les plafonds vitrés introduits récemment dans certains théâtres et dans quelques palais, pour laisser passer la lumière d'un nombre considérable de becs de gaz, transmettent en même temps une chaleur fort incommode.



VENTILATION.

Un effet analogue se produit l'été dans les gares de chemins de fer, dans les cours, dans les ateliers, dans les grands édifices recouverts par des toitures vitrées, et dans lesquels l'on n'a pas assuré une circulation suffisante de l'air. La température s'y élève parfois à 40 à 45°, et plus.

57. Instabilité de l'équilibre de l'air. — Des refroidissements et des échauffements de l'air, analogues à ceux dont nous venons de parler, se manifestent sans cesse dans les lieux habités, l'air n'y est jamais en repos, et la moindre variation dans les températures et dans les pressions y produit des mouvements, en quelque sorte perpétuels. L'air n'est donc jamais qu'à un état d'équilibre tout à fait instable.

58. Principes généraux de la ventilation. — Le renouvellement de l'air dans les lieux habités n'est rendu nécessaire que par l'altération qu'y produisent la respiration, les émanations du corps ou par la chaleur développée par les individus, par les appareils d'éclairage, ou par ces diverses causes réunies; les nombreuses observations que j'ai faites, et la discussion des résultats des expériences exécutées par divers ingénieurs et par moi-même, m'ont conduit aux conclusions suivantes, que je regarde comme devant servir de bases générales aux études des projets de ventilation des lieux habités, et plus spécialement des hôpitaux.

1° La ventilation a pour objet l'évacuation de l'air vicié, et son remplacement par de l'air neuf;

2° Le but principal de la ventilation est l'extraction immédiate de l'air vicié. Elle doit, en général, avoir lieu le plus près possible des points où l'air est souillé par des émanations nuisibles, afin d'en prévenir la diffusion dans l'atmosphère des salles.

A l'inverse, l'air neuf doit être introduit en des points éloignés des individus;

3° Les divers dispositifs, qui procèdent par aspiration, lorsqu'ils sont convenablement proportionnés et bien éta-



blis, satisfont mieux et plus sûrement aux conditions précédentes que ceux qui procèdent exclusivement par l'insufflation de l'air neuf. Ces derniers n'assurent pas seuls et par eux-mêmes, en toute circonstance et en toute saison, à l'évacuation de l'air vicié l'uniformité et la stabilité nécessaires;

4° L'introduction de l'air neuf, pris à telle hauteur que l'on voudra et en quantité suffisante, peut être obtenue, dans la plupart des cas, par le seul effet de l'aspiration et sans le concours d'appareils soufflants, en donnant aux canaux d'amenée de l'air neuf et à leurs orifices des dimensions assez grandes et des dispositions convenables;

5° L'aspiration peut être déterminée : 1. par les foyers ou calorifères avec cheminées servant au chauffage ou autres appareils analogues ; 2. par ces mêmes moyens aidés au besoin par des foyers spéciaux établis à la base de cheminées d'appel de 15 à 20 mètres de hauteur, fonctionnant comme auxiliaires, quand il s'agit d'établissements considérables. L'air à évacuer doit affluer vers la base de ces cheminées ; le plus souvent, il doit y être amené par un ou plusieurs conduits qui, en se ramifiant, vont aboutir à des orifices voisins des sources d'infection;

6° La ventilation, par aspiration au moyen de foyers et de cheminées, se prête dans la plupart des cas à toutes les dispositions exigées par les proportions et la distribution des salles. Elle se rapproche, autant qu'on peut le désirer, de l'aération ordinaire et naturelle des chambres et des appartements; elle permet de faire varier le volume et la température de l'air affluent selon les besoins. — Elle n'exige que l'établissement peu dispendieux de foyers avec leurs cheminées et de conduits ou canaux qui, une fois établis, coûtent peu d'entretien. — Elle ne demande d'autres soins que l'alimentation régulière des foyers, dont tout manœuvre peut être chargé.

La ventilation par insufflation ou par appareils mécaniques exige, outre les cheminées et les conduits d'évacuation



VENTILATION.

communs aux deux systèmes, des machines soufflantes et des machines motrices, avec des conduits particuliers pour l'amenée de l'air insufflé. Elle nécessite l'intervention d'ouvriers spéciaux, mécaniciens et chauffeurs, et des frais d'entretien.

7° Pour les hôpitaux ou pour les bâtiments ayant plusieurs étages de salles, le système de l'insufflation n'offre pas les mêmes garanties que le système de l'aspiration contre la diffusion de l'air vicié d'une salle dans une autre, ni contre les rentrées d'air vicié par les orifices des canaux d'évacuation ou par les fissures de leurs parois, quand une circonstance accidentelle, comme l'ouverture de portes ou de fenêtres, vient troubler l'état habituel de pression et de mouvement de l'air intérieur des salles.

8° L'aspiration déterminée par de simples foyers et cheminées, avec des ouvertures de dimensions suffisantes et convenablement placées pour l'admission de l'air neuf, en remplacement de l'air vicié et sans le concours d'aucun appareil mécanique, constitue donc, sauf des circonstances exceptionnelles, le moyen le plus facilement applicable d'obtenir une ventilation hygiénique aussi active qu'on puisse le désirer, dans les lieux habités, et en particulier dans les salles des grands hôpitaux ou dans celles des hôpitaux de moyenne et de petite importance, susceptibles d'être chauffées par un foyer à feu apparent.

9° En ce qui concerne les établissements où l'on serait conduit, par des circonstances spéciales, à recourir aux moyens mécaniques d'insufflation, il conviendrait toujours d'y ajouter l'action d'une aspiration énergique, s'exerçant spécialement sur les points qui donnent lieu à des émanations suspectes.

Ce dernier cas ne se présente presque jamais dans les établissements où le service de la ventilation doit se faire avec continuité, et déterminer, à peu près en tous temps, l'introduction et l'évacuation des mêmes volumes d'air; mais quand, au contraire, ce service doit être varié fré-

quement d'un local à un autre, d'un même édifice, et quand les volumes d'air à renouveler sont excessivement différents d'un jour ou d'une heure à une autre, et ainsi, par exemple, que cela a lieu à Liverpool, dans le Saint Georges Hall, où ces volumes varient dans le rapport de 1 à 50, il peut devenir nécessaire, ou au moins utile, de joindre à l'action de l'aspiration déterminée par la chaleur, celle des appareils mécaniques, pour assurer dans les galeries d'arrivée de l'air une affluence suffisante.

Ces conséquences, basées sur la discussion d'un grand nombre d'expériences dues à divers observateurs, ont été admises par le Comité consultatif d'hygiène et de service médical des hôpitaux, créé auprès du ministère de l'intérieur par décret impérial en date du 29 août 1862. Elles s'appliquent à la ventilation de tous les lieux habités, en tenant compte toutefois des conditions locales, et elles servent de bases aux règles particulières que nous allons faire connaître.

59. Influence des saisons. — Il importe de ne pas perdre de vue que, dans la saison d'hiver, la ventilation peut souvent être obtenue directement et en même temps que le chauffage. C'est en particulier ce qui rend l'hiver le chauffage par les cheminées si salubre.

Mais il convient de se rappeler que cette ventilation naturelle, due à des différences, la plupart du temps très-faibles, des températures, est essentiellement instable et par conséquent sujette à se produire alternativement dans des sens contraires, ce qui peut présenter des inconvénients parfois assez graves.

La différence seule des températures intérieure et extérieure, et par suite celle des densités de l'air extérieur et de l'air intérieur, sont alors susceptibles de produire dans les conduits d'évacuation et d'arrivée des vitesses suffisantes pour assurer le renouvellement de l'air d'une manière convenable. On obtient alors ce qu'on nomme une *ventilation naturelle*.



VENTILATION.

40. *Volume d'air à extraire et à introduire par heure et par individu pour assurer la salubrité des lieux habités.*

Hôpitaux...	{ Malades ordinaires.....	60 à 70 ^{mc}
	{ Blessés et femmes en couches.....	100
	{ En temps d'épidémie.....	150
Prisons		50
Ateliers....	{ Ordinaires.....	60
	{ Insalubres.....	100
Casernes... {	De jour	30
	De nuit	40 à 50
Salles de spectacles.....		40 à 50
Salles d'assemblées et de réunions prolongées.		60
Salles de réunions momentanées, amphithéâtres.....		30
Écoles d'enfants.....		12 à 15
Écoles d'adultes.....		25 à 30
Écuries et étables.....		180 à 200

Ces chiffres, bien supérieurs à ceux que l'on admettait il y a quelques années, n'ont rien d'exagéré et sont pour la plupart basés sur des observations directes¹.

Dans les ateliers et les autres lieux habités où le nombre des individus n'est pas très-grand, mais où d'autres causes peuvent altérer l'air, le volume à évacuer doit être déterminé par la condition que celui de ces locaux soit renouvelé un certain nombre de fois par heure.

Ainsi pour les appartements ordinaires, ce renouvellement doit avoir lieu environ quatre à cinq fois par heure.

Nous indiquerons la proportion à adopter dans quelques autres cas particuliers.

41. *Température convenable.* — Dans les lieux abondamment ventilés, et sous l'action d'un renouvellement continu de l'air, l'on supporte facilement et même on trouve

1. *Études sur la ventilation*, 1^{er} volume.



convenables des températures plus élevées que celles par lesquelles on serait incommodé dans des locaux où l'air n'est pas renouvelé. Cependant, les températures intérieures ne doivent pas habituellement dépasser les valeurs suivantes :

Crèches, salles d'asile et écoles.	15°
Hôpitaux.	16 à 18
Ateliers, casernes, prisons.	15°
Salles de spectacles, salles d'assemblées prolongées, amphithéâtres	19 à 20°

L'air nouveau introduit doit, en général, avoir à peu près la température que l'on veut maintenir dans le local, dès que celui-ci est suffisamment échauffé.

Si cependant le local présente au refroidissement de grandes surfaces vitrées, s'il n'y a pas un grand nombre de personnes ou d'appareils d'éclairage, l'air introduit devra être plus chaud, et sa température pourra s'élever à 30 ou 35°.

Si au contraire il y a beaucoup d'appareils d'éclairage et des réunions nombreuses, la température de l'air nouveau devra être un peu inférieure à celle de l'intérieur.

L'expérience fera promptement connaître dans chaque cas, la température convenable.

42. Moyens de régler la température de l'air affluent. — Pour la saison du chauffage, il convient de se réserver les moyens de mêler à l'air chaud, fourni par les appareils employés, de l'air froid, dont on réglera la proportion à l'aide de registres faciles à manœuvrer. A cet effet, l'air chaud fourni par les appareils de chauffage devra être reçu dans une capacité spéciale ou chambre de mélange, où arrivera aussi de l'air froid, avant de passer dans les conduits de distribution.

43. Règles générales théoriques et pratiques. — La théorie



VENTILATION.

et l'expérience sont d'accord pour montrer qu'en nommant

A, l'aire de la section d'une cheminée ou d'un conduit d'air,

H sa hauteur,

T' la température de l'air extérieur,

T la température moyenne dans le conduit,

V la vitesse moyenne de l'air dans le conduit,

K un coefficient numérique constant par chaque conduit et dépendant de ses proportions, ainsi que de sa disposition.

Q le volume d'air écoulé en une seconde,

on a les relations :

$$V = K\sqrt{(T - T')}H \text{ et } Q = KA\sqrt{(T - T')}H$$

44. Conséquences de ces formules. — Il résulte de ces formules, que la vitesse V d'écoulement de l'air ou de la fumée dans une cheminée d'appel ou d'évacuation, est proportionnelle :

1° A la racine carrée de l'excès de la température du gaz dans la cheminée sur la température de l'air extérieur.

2° A la racine carrée de la hauteur de la cheminée, et que le volume d'air ou de fumée Q évacué en 1", est proportionnel aux mêmes quantités, et de plus à l'aire de la section A du conduit.

Il s'ensuit donc :

1° Qu'on augmente la vitesse V et par suite le volume Q de gaz, évacué par une cheminée, ou qu'on active son tirage en lui donnant plus de hauteur ;

2° Qu'on accroît le volume de gaz ou de l'air évacué, en donnant à la section transversale de la cheminée une plus grande superficie ;



3° Qu'étant données la hauteur, la section et les dispositions générales d'une cheminée ou d'une conduite quelconque d'air ou de gaz, le volume d'air qu'elle évacuera sera toujours le même, si la température à l'intérieur de la conduite excède toujours celle de l'air extérieur d'un même nombre de degrés.

Cette dernière conséquence, parfaitement conforme à l'observation, oblige à proportionner les appareils de chauffage qui déterminent l'appel, pour le cas où la température extérieure de l'air est le plus élevée, et par conséquent pour la saison d'été.

45. *Différence de température généralement suffisante.* — L'observation des mines, où la circulation de l'air est le plus étendue et le plus compliquée, ainsi que celle des dispositifs de ventilation des plus grands hôpitaux et des amphithéâtres, montre qu'une différence de 20 à 25° entre la température dans les cheminées d'évacuation et l'air extérieur, est ordinairement suffisante pour déterminer les vitesses que l'on indiquera plus loin dans les diverses ramifications des conduites.

Dans les théâtres, par suite de la multiplicité obligée des conduits, la différence doit être de 36 à 40° pour assurer l'évacuation nécessaire.

46. *Insuffisance de la ventilation naturelle.* — Il résulte aussi de ce qui précède qu'à mesure que la différence des températures diminue, la vitesse de circulation de l'air décroît; ce qui explique comment si, en hiver, la ventilation naturelle obtenue par le seul effet de l'excès de la température des lieux habités, ordinairement maintenus à 16° environ, sur la température extérieure, suffit dans beaucoup de cas pour assurer un renouvellement convenable de l'air, quand on a ménagé des conduits d'évacuation bien proportionnés, il n'en est plus du tout de même au printemps, et à plus forte raison l'été. Dans ces saisons, la ventilation naturelle devient insuffisante, et comme d'ailleurs il n'est pas possible de maintenir les fenêtres ouvertes, il



devient nécessaire de recourir à la ventilation artificielle, toutes les fois qu'on a besoin d'assurer, dans une proportion régulière, le renouvellement de l'air.

47. Renversement accidentel du mouvement de l'air. — Lorsque les conduits d'évacuation de l'air ne sont pas maintenus à une température suffisamment élevée, il arrive souvent que le mouvement de l'air se renverse, et que les conduits introduisent de l'air extérieur froid, au lieu de servir à l'évacuation de l'air vicié. Cet effet se produit très-fréquemment dans les dispositions où, pour l'introduction et l'évacuation de l'air, on ne compte que sur la ventilation naturelle, malgré les différences de hauteur des conduits d'arrivée et de sortie.

On l'observe fréquemment dans les appartements de réception où, plusieurs salons étant en communication, les cheminées des uns étant plus ou moins chauffées, servent à l'évacuation, tandis que celles des autres introduisent de l'air froid.

Les mêmes effets se produisent aussi dans les lieux qui ne sont ventilés que pendant une partie du jour, tels que les amphithéâtres, les salles de spectacle, etc. Il arrive alors souvent et périodiquement, que le mouvement de l'air se renverse. L'air froid rentre par la cheminée d'évacuation, et l'air plus chaud des lieux qui ont été occupés, s'échappe par les orifices d'admission.

L'on prévient ce renversement, qui occasionne un refroidissement inutile, en disposant dans les conduits et dans les galeries de circulation de l'air, des portes ou des registres que l'on ferme, quand le service de la ventilation doit cesser.

Enfin il est également nécessaire d'interrompre la communication des lieux à ventiler, lorsque l'on allume le foyer d'appel placé au bas des cheminées d'évacuation, dont on parlera plus loin, afin d'éviter que le tirage se faisant, comme dans le cas précédent, en sens inverse, ces lieux ne se remplissent de fumée. Une prise d'air spéciale pour l'alumage de ce foyer doit être réservée.



43. *Insuffisance de l'ouverture des fenêtres.* — L'on croit généralement qu'il suffit toujours d'ouvrir les fenêtres d'une vaste salle pour y produire le renouvellement complet de l'air, et un grand nombre de médecins pensent que dans les hôpitaux, l'ouverture d'un certain nombre de fenêtres placées sur les deux faces opposées conduit à ce résultat. Cela n'est pas aussi exact qu'on le suppose, et l'été, quand le temps est calme et qu'il n'y a pas de vent, il arrive souvent que l'ouverture complète de cinq à six fenêtres opposées sur chaque face d'une grande salle de réunion, d'un hangar, d'une gare, d'un manège, ne déterminent qu'un renouvellement très-imparfait de l'air, et n'empêchent nullement une élévation anormale de la température. Les exemples en sont fréquents.

49. *Emplacement des orifices d'admission et d'évacuation de l'air.* — Aucun de ces orifices ne doit être placé à fleur des planchers, comme les constructeurs le font à tort le plus souvent, parce que les balayures et les immondices remplissent et obstruent promptement les conduits correspondants.

Les orifices disposés pour amener de l'air chaud ou de l'air froid doivent être pratiqués près des plafonds ou à une distance telle des personnes qu'elles ne puissent sentir l'impression d'aucun courant d'air.

Lorsqu'au contraire les orifices d'introduction sont pratiqués près du sol, l'air chaud, dans la saison d'hiver, ne s'en élève pas moins de suite vers le plafond, tandis que dans l'été l'air frais, plus lourd, séjourne à la partie inférieure. Dans les deux cas il est désagréable de se trouver à proximité de ces orifices; c'est surtout dans les salles d'assemblées, dans les amphithéâtres que l'arrivée de l'air par les gradins ou entre les jambes des individus est peu convenable.

L'on en a eu des exemples au palais du Luxembourg et à la Chambre des députés, où l'on a été conduit à renoncer complètement à ce mode d'introduction de l'air.



Les orifices d'évacuation doivent au contraire, en général, être ménagés près du sol et aussi dans des parois verticales. Nous ferons connaître quelques cas particuliers où l'on est obligé de s'écarter de cette dernière règle.

50. *Vitesses convenables de l'air dans les orifices des conduits d'évacuation.* — Ces vitesses doivent aller en croissant depuis les premiers orifices d'appel jusqu'à la cheminée d'évacuation, qu'il est bon de rendre commune à tous les conduits d'un même bâtiment. On les réglera, autant que possible, ainsi qu'il suit :

1 ^{ers} orifices d'appel	vitesse en 1"	0 ^m ,70 à 0 ^m ,40
1 ^{ers} conduits collecteurs		1 ^m ,00 à 1 ^m ,20
2 ^{es} conduits collecteurs		1 ^m ,30 à 1 ^m ,40
Cheminée générale d'évacuation		1 ^m ,80 à 2 ^m ,00

Ces vitesses s'obtiennent facilement dans la plupart des cas, à l'aide d'un excès de 20 à 25° de la température de la cheminée sur celle de l'air extérieur.

51. *Section à donner aux orifices et aux conduits d'appel et d'évacuation.* — Le volume d'air total à évacuer par seconde étant calculé *a priori*, d'après le nombre des individus et d'après les conditions du renouvellement de l'air, en divisant ce volume par la vitesse que l'air doit avoir à chacun des passages ou des conduits, l'on aura en mètres carrés la section libre qu'il conviendra de leur donner. Par *section libre* on doit entendre le passage réel, déduction faite des pleins des grilles ou des barreaux qui les obstruent souvent en très-grande partie.

Exemple. S'il s'agit d'une salle d'hôpital de douze lits à chacun desquels on alloue 80 mètres cubes d'air par heure, ce qui correspond pour l'ensemble à 960^{mc} par heure, ou à 0^m,267 en 1", la vitesse moyenne dans les conduits d'évacuation devant être de 0^m.70 en 1", leur section totale sera égale

à $\frac{0^m,267}{0,70} = 0^m,38$. S'il doit y en avoir un par lit, le con-

duit à ouvrir derrière chaque lit aura une section égale à $\frac{0^{\text{m}},38}{12} = 0^{\text{m}},0317$; on lui donnera $0^{\text{m}},18$, sur $0^{\text{m}},18$.

Les conduits collecteurs qui réuniront le produit en air vicié des six lits de chaque côté devront évacuer $0^{\text{m}},1335$ en une seconde, à la vitesse d'un mètre en une seconde. Leur section maximum sera $0^{\text{m}},1335$; on leur donnera $0^{\text{m}},30$ sur $0^{\text{m}},45$; mais à l'origine on pourra les faire plus petits en les proportionnant toujours au volume d'air à évacuer.

On procédera de même pour les autres conduits.

S'il y a trois étages à chaque pavillon ou 36 lits en tout; le volume d'air à évacuer sera de 2880 mètres cubes par heure ou $0^{\text{m}},800$ par seconde. La vitesse dans la cheminée devant être de 2 mètres environ, on lui donnera une section de $0^{\text{m}},40$ soit $0^{\text{m}},64$ sur $0^{\text{m}},64$ de côté.

52. Vitesses convenables de l'air aux orifices d'introduction.

— Lorsque ces orifices seront ménagés dans le plafond des lieux ventilés, et qu'alors l'air descendra verticalement, la vitesse d'introduction ne devra pas excéder $0^{\text{m}},50$ en une seconde.

Quand l'air débouchera latéralement et à peu près parallèlement au plafond, ou horizontalement à cinq ou six mètres au-dessus de la tête des individus, la vitesse d'introduction pourra atteindre un mètre par seconde sans inconvénient.

De semblables vitesses d'introduction sont ordinairement facilement déterminées par la simple action de l'appel, qui produit aussi l'évacuation.

Ainsi, dans le grand amphithéâtre du Conservatoire des arts et métiers qui contient parfois 750 auditeurs à chacun desquels on alloue 30 mètres cubes d'air par heure, ce qui exige une évacuation et une introduction de 22 500 mètres cubes par heure ou de $6^{\text{m}},416$ en une seconde, la section totale libre des orifices d'introduction est d'environ 12 mètres carrés. Aussi l'arrivée de ce grand volume d'air y est-elle à peine sensible.



33. *Sections à donner aux orifices d'admission de l'air.* — Quoique, dans tous les cas, une partie de l'air évacué soit naturellement remplacée par celui qui afflue par les joints des portes et des fenêtres, il conviendra de calculer la section libre des orifices d'arrivée de l'air nouveau en divisant le volume total à admettre en 1" par la vitesse fixée pour l'arrivée. On parviendra ainsi à restreindre les courants d'air par les portes et par les fenêtres.

34. *Moyen d'atténuer les effets des courants d'air affluent déterminés par l'aspiration.* — On reproche, non sans raison, au système de ventilation par appel de déterminer aux moments où des portes communiquant à l'extérieur sont ouvertes, l'introduction de courants d'air parfois fort gênants, mais, outre qu'en observant les règles précédentes, on rendra l'effet désagréable de ces courants d'air bien moins intense, on en fera presque totalement disparaître la sensation, si l'on a soin de chauffer convenablement les abords des lieux ventilés, tels que corridors, vestibules, antichambres, de sorte que l'ouverture des portes ne détermine plus que des entrées d'air chaud, à une température au moins égale à celle des lieux à assainir. Nous indiquerons dans chaque cas les dispositions particulières à prendre.

APPLICATIONS.

55. *Ventilation par les cheminées ordinaires.* — Ces appareils de chauffage d'un usage agréable, mais peu économique, sont un moyen puissant de renouvellement de l'air dans les lieux habités.

L'aspiration naturelle produite par la seule différence des températures à l'extérieur et à l'intérieur d'une cheminée ordinaire peut parfois déterminer l'évacuation de 400 mètres cubes d'air par heure, sans qu'on ait allumé de feu.

Avec un feu modéré entretenu avec du bois ou avec de la houille, cette évacuation peut s'élever à 1200 mètres cubes d'air par heure ou à 140 mètres cubes par kilogramme de bois brûlé, et 200 mètres cubes par kilogramme de houille brûlée.

Mais, à côté de cet avantage, les cheminées ordinaires présentent l'inconvénient grave de déterminer des courants d'air froid, qui s'introduisent par les joints des portes et des fenêtres et affluent vers le foyer, où ils causent souvent par derrière une sensation de froid, d'autant plus désagréable, que l'on est à l'inverse très-fortement chauffé par devant.

Les divers appareils connus à circulation d'air extérieur, avec bouches, et destinés à introduire à la fois de la chaleur et de l'air extérieur pour activer le tirage et la combustion, n'offrent, en général, que des sections de passage insuffisantes, et fournissent de l'air trop chaud à 80, 100° et plus, qui, débouchant latéralement à peu près à hauteur des personnes, est souvent intolérable. Ces appareils ont en outre l'inconvénient d'obstruer en partie la base des conduits de fumée et de réduire le volume d'air évacué.

Les cheminées du système de M. Douglas Galton, et dont on a donné les proportions au n° 13, évitent cet inconvénient, et sont à la fois des appareils efficaces de chauffage et de ventilation pendant l'hiver.

36. *Emploi des cheminées pour la ventilation d'été, à l'aide de becs de gaz.* — Les cheminées peuvent être facilement transformées en appareils de ventilation pendant la saison d'été, ou pour des réunions accidentelles, en y introduisant un tuyau en fer ou en cuivre muni de quelques becs de gaz.

Dans une cheminée d'appartement ordinaire, ayant un tuyau de poterie de 0^m,30 de côté, et d'environ 20 mètres de hauteur totale, on évacue, par mètre cube de gaz brûlé, des quantités d'air d'autant plus grandes que l'on brûle moins de gaz ou que la température dans la cheminée est moindre, et suivant à peu près la proportion décroissante suivante :

Volume de gaz consommé par heure.	Volume d'air évacué par heure par la cheminée par mètre cube de gaz brûlé.
mc	mc
0,200	1900
0,400	1400
0,800	700
1,000	600
1,200	500
1,400	450

Ces chiffres approximatifs pourront servir à déterminer le nombre de becs de gaz brûlant 100 litres à l'heure, qu'il conviendra d'employer pour obtenir dans un appartement un renouvellement déterminé de l'air par heure.

Lorsque la cheminée sera notablement moins haute que celle dont il vient d'être question, on devra réduire l'estimation du volume d'air évacué dans le rapport des racines carrées des hauteurs des conduits.



Le tuyau qui amène le gaz à l'intérieur de la cheminée peut être facilement démonté quand on n'en a pas besoin, et fermé par un bouchon à vis en cuivre. Ce mode de ventilation peut être employé avec avantage pour les jours de réception dans les salons, pourvu que l'on y dispose aussi des orifices d'introduction d'air frais à une température modérée, convenablement placés.

Pendant la saison d'été, la ventilation à l'aide du gaz permet en outre de maintenir durant le jour, dans les appartements, une température notablement inférieure à celle du dehors, en y faisant affluer de l'air de caves salubres et bien tenues pour remplacer celui qui est extrait.

Exemple. Le cabinet de la direction du Conservatoire des arts et métiers est ventilé, l'été, par ce procédé, et quoiqu'il ne reçoive de l'air des caves que par une seule bouche très-insuffisante et que ses portes soient incessamment ouvertes, la température y est habituellement inférieure de 2° à celle du cabinet du sous-directeur, exposé identiquement de même, mais non ventilé, et de 4° à celle de l'air extérieur à l'ombre.

57. *Conduits auxiliaires d'évacuation.* — Outre les cheminées, l'on peut ménager pour les cas de réunions exceptionnelles, dans les trumeaux des murs de face ou dans les murs de refend, des conduits auxiliaires où des becs de gaz allumés détermineraient un tirage actif. Ce moyen a été pratiqué avec succès dans une maison des Champs-Élysées à Paris.

DES CRÈCHES.

58. Ces asiles, ouverts par la charité à la première enfance, outre les conditions d'espace et de soins de propreté, doivent aussi satisfaire à celle d'un renouvellement abondant et régulier de l'air obtenu autrement que par l'ouverture intermittente des fenêtres. Sous ce rapport tous les établissements de ce genre, et même la crèche modèle de l'Exposition, laissent beaucoup à désirer. Le chauffage y



VENTILATION.

est aussi assez mal assuré à l'aide de poêles en fonte, dont les inconvénients ont été signalés au n° 16.

Comme exemple de ce qu'il me paraît convenable de faire en pareil cas, je ferai connaître la disposition exécutée pour la nouvelle crèche de la paroisse de Saint-Ambroise à Paris, dont la construction a été confiée à M. Picq, architecte (pl. I, fig. 14).

Cette crèche est destinée à recevoir 50 enfants. L'on a d'abord admis qu'il s'y trouverait fréquemment en visite 25 mères, et que le personnel et les patronnesses formeraient parfois une réunion de 10 personnes.

D'après ces données, le volume d'air à extraire et à introduire pourrait s'élever au maximum, à (n° 40) :

Pour 50 enfants, 15 mètres cubes par tête et par heure.	750 ^{mc} .
Pour 25 mères en visite, 30 mètres cubes, id. id.	750
Pour 10 personnes de service, 30 mètres cubes, id. id.	300
Volume total d'air à extraire et à introduire par heure.	1800 ^{mc} .

ou en une seconde, 0^{mc},500.

Ce chiffre excède de beaucoup les besoins, parce que le règlement de service des crèches n'admet pas la présence des mères dans la salle principale. Elles sont reçues et allaitent leurs enfants dans une salle spéciale.

La salle a 18^m,58 de longueur, 7^m,30 de largeur et 4^m,70 de hauteur, ce qui correspond à une capacité cubique de 647^{mc},48.

Avec le volume d'air indiqué ci-dessus, le renouvellement complet aurait lieu $\frac{1800}{647,48} = 2,78$ fois par heure, ce qui est très-suffisant pour en maintenir la salubrité.

Le chauffage doit être assuré par un calorifère à air chaud,



à tuyaux verticaux en fonte, présentant ensemble environ 9 à 10 mètres carrés de surface de chauffe, et communiquant avec un conduit de mélange d'air froid, dont il sera parlé plus loin.

Ce calorifère devrait avoir deux étuves : l'une extérieure pour sécher les linges encore humides, avec évacuation de la vapeur vers la cheminée; l'autre intérieure, s'ouvrant dans la salle pour le chauffage du linge sec. Par mesure d'économie, l'on n'a pas cru devoir installer ces étuves.

On aurait pu facilement établir, à partir du foyer de ce calorifère, quelques tuyaux de circulation d'eau chaude, pour maintenir à une température convenable un réservoir d'eau pour le service intérieur. Pendant la saison d'été, ce réservoir, qui pourrait être placé dans la cheminée même du calorifère, aurait été chauffé par un petit foyer spécial. Le même motif que ci-dessus a empêché d'adopter cet utile accessoire.

L'évacuation de l'air vicié se fait par dix orifices d'appel *aaa* (pl. I, fig. 14), ouverts dans les parois verticales des murs. La vitesse de passage devant y être de $0^m,70$ (n° 50), en une seconde, la section libre de chacun d'eux a été fixée à $\frac{0^{mc},50}{10 \times 0,70} = 0^{mq},071$. Ils pourraient avoir dans œuvre, $0^m,30$ sur $0^m,25$, mais leur entrée devant être munie d'une grille qui en obstruera environ un tiers, on a donné à cette ouverture $0^m,33$ sur $0^m,33$.

Ces conduits débouchent dans des collecteurs ménagés sous le sol de chaque côté des murs de face, et dont chacun doit évacuer au maximum $0^{mc},250$ en une seconde, à la vitesse moyenne de 1 mètre en une seconde (n° 50). Ils ont vers leur débouché $0^{mq},25$ de section, soit $0^m,50$ sur $0^m,50$; mais vers leur origine, pour les trois premiers conduits, on a réduit cette section à $0^{mq},150$, soit $0^m,30$ sur $0^m,50$.

Un deuxième collecteur transversal *ccc*, où l'air doit avoir $1^m,25$ de vitesse en une seconde (n° 50), a seulement



VENTILATION.

0^m,20 de section, ou 0^m,40 sur 0^m,50 dans sa partie transversale, et 0^m,80 sur 0^m,50 à son débouché dans la cheminée attendu que là il doit débiter 0^m,500 en 1 seconde.

La cheminée, qui doit évacuer 0^m,500 en 1 seconde, à la vitesse de 2 mètres en une seconde (n° 50), devait avoir pour section $\frac{0^{\text{m}},500}{2,00} = 0^{\text{m}},250$ ou 0^m,50 sur 0^m,50. On en a, dans l'exécution, porté la section à 0^m,454, ce qui est plus que suffisant. Elle reçoit le tuyau de fumée, et l'on a disposé à sa partie inférieure une petite grille de 0^m,25 sur 0^m,25 avec rebord, formant réchaud pour y allumer un peu de houille quand le temps sera doux, afin de maintenir l'activité de l'appel.

L'introduction de l'air nouveau se fait conformément aux règles indiquées aux n°s 51 et 52.

La prise de l'air que le calorifère A doit échauffer se fait par un conduit B venant du jardin et passant sous le sol de la salle. A l'extérieur, ce conduit est terminé par une sorte de cheminée, couverte d'un grillage pour empêcher l'introduction des corps étrangers.

La prise d'air du foyer se fait dans la petite salle C.

L'air chaud fourni par le calorifère afflue vers le grenier par un conduit *ddd*, *eee*, établi sur le sol du grenier, dans l'axe du bâtiment. La disposition de la charpente n'a pas permis de n'avoir qu'un seul conduit qui eût suffi.

L'air froid, destiné à être mélangé à l'air chaud, est pris dans le grenier, d'où il est dirigé vers le conduit *ddd* à l'aide de languettes, de manière à arriver au-dessus de celui *ddd* d'air chaud.

Une languette partant du mur de refend, et dirigée à moitié de la hauteur du conduit longitudinal *eee*, assure l'arrivée séparée de l'air chaud en dessous, et de l'air froid en dessus. Il suffit que ces languettes aient 3 à 4 mètres de longueur, mais elles doivent être faites en briques, afin qu'elles ne s'échauffent pas trop par l'action de l'air venant du calorifère, ce qui contrarierait parfois l'arrivée de l'air froid.

Les deux conduits d'air chaud et d'air frais ont 0^m,80 sur 0^m,50.

Quatre orifices *gggg*, ménagés au plafond dans l'axe de la salle, introduisent le mélange d'air chaud et frais à la vitesse d'environ 0^m,50 en une seconde (n^{os} 51 et 52), et afin de tenir compte de l'obstruction des grilles, ils ont 0^m,70 sur 0^m,90.

Des registres sont disposés au bas de la cheminée pour modérer au besoin l'évacuation, et dans les conduits d'air chaud et d'air frais, pour en régler la proportion au degré convenable.

Telles sont les dispositions simples et peu coûteuses qui ont paru propres à assurer à cette crèche une salubrité supérieure à celle des autres établissements de ce genre.

59. Résultats d'expériences. — Les indications qui précèdent ont été à peu près suivies dans l'exécution, sauf quelques modifications de détail nécessitées par l'état des lieux et par les constructions déjà faites.

La crèche a été ouverte le 27 janvier 1868 et des expériences, exécutées dans les premiers jours de février, ont fourni les résultats suivants:

Résultats d'expériences exécutées à la crèche Saint-Ambroise.

— Les travaux intérieurs de cette crèche n'ont été terminés que dans les derniers jours du mois de janvier de cette année, et la salle a été ouverte le lundi 27 aux premiers enfants qui y ont été présentés. Après trois ou quatre jours de chauffage, pour amener l'intérieur à une température convenable, l'on a procédé à des expériences à partir du 31 janvier.

Dans une première visite de la salle, l'on a reconnu que l'appel d'air vicié se faisait assez régulièrement à toutes les bouches, quoique la vitesse parût notablement plus grande à celles qui sont les plus voisines de la cheminée d'appel, ce qui est naturel. Il serait d'ailleurs facile de rendre la répartition de l'évacuation plus uniforme, si l'on en reconnaissait la nécessité, en disposant à chaque orifice



VENTILATION.

un registre, pour en régler l'ouverture, une fois pour toutes.

L'introduction de l'air nouveau se fait aussi convenablement par les rosaces du plafond et à des vitesses qui n'ont pas excédé $0^m,45$ à $0^m,50$ en une seconde. On la rendrait aussi tout à fait uniforme en restreignant intérieurement les orifices les plus éloignés du calorifère, où elle est plus abondante; mais cela n'est même pas nécessaire.

Le volume d'air introduit dans le calorifère, pour y être échauffé, peut varier dans de grandes proportions avec l'intensité du feu; mais avec une consommation très-modérée, de 26 kilogrammes de houille par journée, il a été trouvé, le 6 février, de 1760 mètres cubes, le 7 février, de 1670 mètres cubes élevés de la température extérieure de $+5^0,56$, moyenne ordinaire de l'hiver, à celle de 31^0 , à laquelle il était introduit dans les salles. Le calorifère seul suffirait donc l'hiver, par les larges proportions de ses passages, pour alimenter la salle en air nouveau à une température très-modérée, bien au delà des besoins.

Les prises d'air frais pour le mélange seraient ainsi souvent inutiles et pourraient alors être fermées.

Le volume d'air introduit dans la salle par les rosaces du plafond a été le même jour, 7 février, trouvé égal à 1692 mètres cubes par heure, ce qui confirme l'observation précédente.

Quant au volume d'air vicié évacué par la cheminée générale d'appel, il s'est élevé à 1847 mètres cubes le même jour et dans les mêmes circonstances. La température moyenne dans la cheminée d'appel était

Le 6 février, de	28 ⁰ ,8
Celle de l'air extérieur étant de . .	6 ⁰ ,8
	<hr/>
Différence.	22 ⁰ ,0

Ainsi, par cette température moyenne de l'hiver, l'on a pu maintenir dans la salle celle de 16^0 et avec un excès de 20^0



de celle de la cheminée d'appel sur celle de l'air obtenu, l'évacuation de près de 1800 mètres cubes, sur laquelle on avait compté.

La consommation de combustible par heure a été

Pour le chauffage.	3 ^{kil} ,24
Pour la cheminée d'appel.	1 40
	<hr/>
	4 ^{kil} ,64

Les enfants, arrivant le matin et étant repris le soir par leurs mères, il suffira, en temps ordinaire, que les feux soient allumés au plus huit heures par jour. La consommation journalière sera donc en moyenne de 4^{kil},64 × 8 = 37^{kil},12.

Le combustible employé se composait de 75 pour 100 de coke et de 25 pour 100 de houille, et c'est l'estimer au delà de sa valeur que de la porter à 50 fr. les 100 kilogrammes. La dépense en argent sera donc au plus, pendant les jours d'hiver, de 37^{kil},12 × 0,05 = 1,8560, soit pour 100 jours 185 fr. 60 c., pour obtenir un renouvellement d'air de 1800 mètres cubes par heure.

Dans la saison où l'on ne chauffera pas, le foyer d'appel seul sera allumé et ne dépensera guère que 1^{kil},50 par heure ou 12 kilogrammes par jour, quand on ne pourra pas se contenter de l'ouverture des fenêtres, soit pendant 200 jours

$$200 \times 12^{\text{kil}} \times 0,05 = 120 \text{ fr.}$$

La dépense totale annuelle serait donc au plus de 300 fr. pour une crèche qui, bien que destinée seulement à 50 enfants, peut facilement en recevoir 100 dans ce local vaste et bien aéré, qui a 647^{mc},48 de capacité, ce qui correspondrait encore à 6^{mc},47 par enfant, tandis que, dans les écoles primaires de la ville de Paris, on n'alloue en moyenne qu'environ 4^{mc},40 par enfant de 6 à 12 ans.



VENTILATION.

Dans ces conditions, la ventilation de 1800 mètres cubes par 100 lits ou de 18 mètres cubes par heure et par lit, serait à peu près double de ce qui est nécessaire et pourrait être réduite facilement à 1200 mètres cubes par heure. — Mais, en supposant même qu'elle soit conservée telle qu'elle est, la dépense moyenne par enfant serait au plus de 3 fr. par an et par lit.

Ajoutons enfin que, sans pousser le feu du foyer d'appel, il a été très-facile, avec les proportions adoptées, d'élever le volume d'air évacué à plus de 2500 mètres cubes par heure.

En résumé, l'on voit, par ces expériences, que les proportions adoptées pour cette première application aux crèches, ont été beaucoup plus larges qu'il n'était nécessaires et que les résultats désirés ont été dépassés. L'on peut donc être sûr qu'en appliquant des dispositions analogues avec des proportions restreintes, on satisfera à toutes les exigences d'une bonne et complète ventilation, avec une dépense très-inférieure à celle qui est faite dans la crèche que la paroisse Saint-Ambroise doit à son ancien curé, M. Langénieux.

60. Proportions à adopter pour une crèche de 50 berceaux. — D'après les résultats d'expérience que l'on vient de faire connaître et les conditions de service imposées par les règlements, les dispositions adoptées pour la crèche Saint-Ambroise, dépassant notablement les besoins, l'on pourra se borner, pour une autre crèche analogue, aux proportions suivantes :

Volume d'air à évacuer et à introduire pour 50 enfants, à 15 mètres cubes par heure et par tête.	750 ^{m³}
Pour les personnes de service et les vi- siteurs	250
Total.	<hr/> 1000 ^{m³}

Surface de plancher, 1 ^m q,50 par berceau. . .	75 ^m q,00
Hauteur intérieure.	4 ^m c,00
Capacité cubique totale.	300 ^m c,00

équivalant à 6 mètres cubes par berceau.

L'air de la salle serait renouvelé $\frac{1000^{mc}}{300} = 3.33$ fois par heure.

Le volume d'air à évacuer et à introduire en une seconde serait de $\frac{1000^{mc}}{3600} = 0^{mc},277$.

D'après ces bases et en suivant pour le calcul des dimensions des orifices et des conduits les règles précédentes, on renfermera toutes les dépenses d'établissement et d'entretien dans des limites beaucoup plus restreintes que celles qui ont été faites pour cette première application.

ÉCOLES PRIMAIRES.

61. Les dispositions à prendre doivent être calculées pour extraire et introduire un volume d'air de 12 à 15 mètres cubes par heure et par enfant.

Les orifices d'évacuation seront pratiqués dans ou contre les parois verticales des deux plus longs côtés de la salle. Ce n'est qu'en cas de difficultés graves offertes par la construction qu'on devrait se borner à les disposer sur un seul côté. Ils seront aussi multipliés que possible, et devront ensemble présenter une section libre telle que le volume d'air à évacuer ne doive pas y avoir une vitesse de plus de 0^m,70 en une seconde.

Ils communiqueront avec des conduits descendants qui déboucheront tous dans les caves ou sous le sol, dans un conduit collecteur, lequel, dans la plupart des cas, aboutira directement à la base de la cheminée d'appel.

Celle-ci sera parcourue dans toute sa hauteur par le tuyau de fumée du calorifère, qui aidera l'appel par la chaleur

qui passera à travers ses parois. Mais cette chaleur ne sera généralement pas suffisante, même par des températures assez basses, pour donner à cet appel l'activité nécessaire, et il faudra établir dans le bas de la cheminée d'évacuation un petit foyer, avec grille, isolé des murs, pour brûler de la houille.

Si les dispositions locales s'opposaient à ce qu'on pût faire l'appel par le bas, on l'établirait soit au niveau du plancher, soit en haut, mais en plaçant toujours les orifices d'appel près du plancher et dans des parois verticales.

L'air nouveau, chaud ou frais, sera amené près du plafond, et, de préférence, parallèlement à sa surface. Dans la saison du chauffage, l'air fourni par le calorifère sera mélangé avec de l'air extérieur frais. On réglera les proportions de l'un et de l'autre à l'aide de registres faciles à manœuvrer de l'intérieur des salles, de manière que le mélange ne soit qu'à la température de 30 à 35° au plus.

Les orifices d'admission seront répartis, s'il se peut, sur toute la longueur de la salle, ou au moins en très-grand nombre, et leur section calculée de façon que la vitesse d'arrivée soit de 1 mètre en une seconde, si elle est dirigée horizontalement et parallèlement au plafond, ou de 0^m,50, si l'on a été conduit à lui donner la direction verticale.

62. *Exemple. École de la rue des Petits-Hôtels, à Paris* (pl. I, fig. 15). — Le bâtiment de cette école est destiné à deux services complètement distincts.

Le rezdechaussée sert de préau couvert pour les récréations des enfants. Il est inutile de le ventiler, et un seul poêle à air chaud suffit.

Le premier étage est affecté à l'école primaire, tenue par les Frères de la doctrine chrétienne, et partagé en quatre salles destinées à 400 enfants. La capacité de ces salles ne correspond en moyenne qu'à 4^m^c,40 par enfant, ce qui est à peu près la proportion admise par l'administration de la ville, et nous semble tout à fait insuffisant: sept à huit mètres cubes par enfant nous paraîtraient la proportion conve-



nable, avec d'autant plus de raison que beaucoup d'écoles d'enfants sont, avec utilité, transformées le soir en écoles d'adultes.

Le second étage est consacré à une école de dessin dirigée par un professeur civil, et contenant 270 places, dont 200 dans la salle principale qui, le soir, est éclairée par 90 becs de gaz. La capacité de cette salle correspond à 5^{m^c},84 par place.

La ventilation a été limitée pour le jour, aux deux étages, à 10 mètres cubes par individu: ce qui conduisait à extraire et à admettre pour le premier étage 4000 mètres cubes, et pour le second 2000 mètres cubes d'air par heure.

Le chauffage est fait par deux calorifères à tuyaux verticaux à circulation d'air, dont le rendement calorifique a été trouvé par des expériences spéciales égal à 0,81 de la chaleur développée par le combustible¹, et dont les proportions correspondent à 15 mètres carrés de surface de chauffe pour 1000 mètres cubes de capacité des salles, supposées ventilées à raison d'un renouvellement complet de l'air opéré deux fois par heure.

L'air chaud arrive à chaque étage par trois gaines verticales, qui débouchent dans un long et large conduit régnant dans toute la longueur des salles et qui peut recevoir de l'air frais extérieur, pour permettre de régler la température de l'air admis dans les salles. — Cet air afflue horizontalement près du plafond.

Les volumes d'air chaud à une température de 60 à 65° montant dans les gaines et non encore mélangé d'air froid ont été trouvés :

Pour le 1^{er} étage, de 3000^{m^c}, par heure;

Pour le 2^e étage, de 2000 —

et ils ont été toujours suffisants pour maintenir dans les

1. *Annales du Conservatoire des arts et métiers*, 6^e volume, page 325.



salles une température de 16 à 18°, quand celle de l'air extérieur était de + 2 à + 3°.

D'après les indications données au constructeur, l'air vicié devait être évacué du premier étage par treize gaines dont les proportions ont été déterminées en appliquant la règle adoptée au n° 51, qui fixe à 0^m, 70 par seconde la vitesse que l'air vicié doit prendre dans les premières gaines d'évacuation, ainsi que l'indique le tableau suivant :

Numéros des salles.	Nombre prévu d'enfants.	Volumés d'air à évacuer		Section totale correspondante à une vitesse de 0 ^m ,70 en 1 ^{re} .	Nombre de gaines et dimensions prescrites.	Sections totales prescrites par salle.
		par heure.	par seconde.			
<i>Salles de l'école. — 1^{er} étage.</i>						
		mc	mc	m ^q	m m m ^q m ^q	
1	90	900	0,250	0,36	{ 1 de 0,80 sur 0,30 = 0,240	0,345
2	60	600	0,166	0,28	{ 1 de 0,35 sur 0,30 = 0,105	
3	110	1100	0,306	0,44	{ 3 de 0,35 sur 0,30 = 0,105	
4	140	1400	0,392	0,56	{ 4 de 0,35 sur 0,30 = 0,105	
	400	4000	1,114	1,64	{ 4 de 0,45 sur 0,30 = 0,135	0,540
						1,620
<i>Salle de dessin. — 2^e étage.</i>						
1	200	2000	0,555	0,793	{ 4 de 0,45 sur 0,30 = 0,135	0,540
					{ 3 de 0,35 sur 0,30 = 0,105	
						0,855

Nota. Dans l'exécution le constructeur a donné, à tort, aux passages des sections beaucoup plus restreintes; cependant les résultats prescrits ont été atteints.

Dans les premiers conduits collecteurs de chaque étage la vitesse pouvant être de 1 mètre en une seconde, la section devait être, pour

Le 1^{er} étage, vol. à évacuer en 1^{re} 1^{me},114 section 1^m^q,116

Le 2^e étage, — — 0^{me},555 — 0^m^q,555

Dans les deuxièmes conduits collecteurs débouchant au bas

de la cheminée générale d'évacuation, la vitesse devant être de 1^m,20 en une seconde, leur section totale a été fixée

$$\begin{array}{r} \text{Pour le 1}^{\text{er}} \text{ étage, à } 0^{\text{m}},93 \\ \text{Pour le 2}^{\text{e}} \text{ étage, à } 0, \quad 46 \\ \hline 1^{\text{m}},39 \end{array}$$

Ces derniers conduits amènent l'air vicié au bas de la cheminée, qui a 17^m de hauteur et 1^m,042 de section. Les deux tuyaux de fumée ayant chacun 0^m,20 de diamètre ou 0^m,628 de circonférence et par conséquent 0^m,628 \times 17^m = 10^m,67, de surface refroidissante ne pouvaient suffire, même en temps ordinaire, pour assurer le tirage de la cheminée, et un petit foyer auxiliaire avait été jugé nécessaire. On lui a donné une surface de 0^m,068, environ et en y brûlant 1^{kil},60 par heure, l'on a assuré au premier étage une évacuation moyenne de 4030 mètres carrés par heure et au second étage celle de 1989 mètres carrés.

Si les proportions prescrites au constructeur pour les gaines d'évacuation avaient été observées, au lieu d'être alors réduites aux 0,46 au premier étage, et aux 0,70 au deuxième, il est évident que les volumes d'air évacués auraient dépassé de beaucoup ceux qui avaient été fixés, ce qui prouve que les règles indiquées plus haut mettent à l'abri de défauts, même graves, dans l'exécution.

Le résultat des observations faites dans ce bâtiment sur les effets du chauffage et de la ventilation conduit à cette conséquence importante, qu'avec des calorifères bien construits et un système de ventilation bien disposé, on peut chauffer convenablement et ventiler les salles d'écoles à raison de 10^m, au moins par élève, avec une quantité de combustible au plus égale à celle que l'on consomme aujourd'hui pour le chauffage insalubre que fournissent les poêles en fonte, en usage dans la plupart des écoles.





ÉCOLES D'ADULTES.

63. Des dispositions tout à fait analogues doivent être prises pour les écoles d'adultes et la seule différence à y introduire consiste à élever le volume d'air à évacuer par heure et par individu à 15 ou 20 mètres cubes, ce qui conduit à donner aux orifices et aux conduits d'évacuation et d'admission des dimensions un peu plus grandes.

64. *Salles de dessin ouvertes le soir.* — Ces salles présentent pour le renouvellement de l'air et pour la modération de la température une difficulté spéciale par suite du grand nombre d'appareils d'éclairage ou de becs de gaz qu'elles contiennent et qui y développent souvent une quantité de chaleur bien supérieure à celle qui serait nécessaire pour le chauffage.

La règle générale, qui prescrit de faire évacuer l'air vicié près du plancher, ne pourrait être exclusivement appliquée sans donner lieu à l'inconvénient de faire descendre et affluer près des individus de l'air à 30 ou 35°.

Il y a alors nécessité de laisser échapper les gaz chauds, produits de la combustion, par des orifices ménagés dans le plafond. Mais, en même temps, il faut encore faire affluer l'air nouveau, qui alors doit être frais, à une certaine hauteur, la plus grande possible, entre le plancher et le plafond.

Mais si, de plus, la même salle doit être occupée pendant le jour comme salle d'étude ou de dessin, et si pour ces moments on l'a ventilée d'après les règles ordinaires, en appelant l'air vicié près du plancher, il conviendra de conserver le soir une certaine activité à cette ventilation, afin de faciliter la circulation et l'affluence vers le plancher d'une partie de l'air nouveau introduit qui, pour compenser les effets calorifiques des appareils d'éclairage, doit être en volume bien plus considérable que pendant le jour.

Des observations suivies faites dans une école de dessin



de la ville de Paris contenant le soir 200 à 240 élèves et éclairée par 90 becs de gaz consommant ensemble 9 à 10 mètres cubes de gaz par heure conduisent, pour ce cas particulier, aux règles suivantes :

1° Pendant le jour régler l'évacuation de l'air vicié à hauteur du plancher à raison de 15 mètres cubes environ par élève adulte et faire affluer l'air nouveau près du plafond.

2° Pour les séances du soir ménager dans le plafond des orifices d'évacuation, dont la surface libre de passage sera calculée à raison de 2 mètres carrés environ pour 1000 mètres cubes de capacité de la salle.

Si la salle n'est pas surmontée d'un grenier que puissent directement traverser des conduits d'évacuation placés au-dessus des orifices, on ménagera en des points convenables, aussi éloignés que possible, des points d'arrivée de l'air nouveau, des conduits spéciaux ; ces conduits seront munis de registres faciles à manœuvrer pour les fermer pendant le jour et pour modérer ou régler l'évacuation des gaz chauds.

3° — Ménager sur les deux faces opposées de la salle ou au moins sur l'une d'elles d'autres orifices d'arrivée d'air frais à une hauteur de 3^m,50 ou 4 mètres et plus s'il se peut, en aussi grand nombre que possible, dont l'ouverture, facile à régler, dirige l'air horizontalement vers le plafond et soit calculée de manière que le volume d'air affluent puisse s'élever à six ou huit fois la capacité cubique totale de la salle, en ne lui laissant prendre qu'une vitesse d'introduction de 0^m,70 à 0^m,80 en une seconde.

A l'aide de ces dispositions, on rendra d'un séjour tolérable et salubre les salles de dessin du soir, qui, dans l'état actuel, sont presque toutes des étuves infectes, où l'on est conduit à ouvrir, même pendant l'hiver, une partie des fenêtres, sans se préoccuper des inconvénients graves qui peuvent en résulter pour les élèves qui en sont voisins.



VENTILATION.

Dans la salle de dessin dont il vient d'être parlé, le volume total d'air évacué par heure s'est élevé :

Le 4 avril 1866, à 10 409^{mc}

Le 6 — à 12 176

Moyenne : 11 292^{mc}

Ce qui correspond à un renouvellement total opéré près de huit fois par heure.

Au moyen de cette ventilation active la température intérieure a été maintenue jusqu'à 10 heures du soir à 19°,25 et à 21°,50, à 1^m,50 au-dessus du plancher et à 23°,75 en moyenne au plafond, tandis qu'avant l'établissement des moyens de ventilation indiqués ci-dessus elle était respectivement aux mêmes hauteurs de 26°, 90 et de 33°.

63. *Disposition à employer dans les écoles déjà construites.* — Il arrive trop souvent qu'aucune disposition n'a été prise dans les écoles, et surtout dans celles qui se tiennent le soir, pour assurer, même partiellement, le renouvellement de l'air et y modérer la température, de sorte que le séjour en est aussi insalubre que pénible. L'on n'a alors, comme nous l'avons dit, d'autre ressource que l'ouverture des fenêtres, à la fois incommode et dangereuse pour les élèves qui en sont voisins.

L'on peut, dans beaucoup de cas, remédier, au moins en partie, à ces inconvénients, en imitant ce qui a été indiqué au n° 64, pour une école de dessin du soir.

Afin d'assurer l'évacuation des gaz chauds provenant des appareils d'éclairage, et d'éviter leur diffusion près des individus, l'on disposera les orifices de sortie de l'air vers le plafond. Des gaines d'appel, dont on calculera la section d'après les règles précédentes, et de manière que l'air soit renouvelé s'il se peut quatre ou cinq fois par heure, seront établies en plusieurs points, ou, s'il n'est possible d'en construire qu'une seule, on la mettra, par un conduit horizontal supérieur, en communication avec une série d'orifices



ouverts dans l'un des plus grands côtés de la salle. A la base de cette gaine, on établira, soit un petit foyer, soit des becs de gaz, brûlant chacun 100 à 120 litres à l'heure, au nombre de trois ou quatre, afin d'activer l'appel, quand la température extérieure sera trop élevée pour que la ventilation naturelle suffise. L'emploi du gaz est d'un usage plus commode dans la plupart des cas analogues que celui d'un foyer entretenu à la houille.

Du côté opposé à celui où se fera l'évacuation, on disposera les carreaux supérieurs des fenêtres en vasistas à soufflet, que l'on ouvrira plus ou moins, selon les besoins, et en grand nombre pour assurer la rentrée de l'air extérieur le plus près possible du plafond. En multipliant et en modérant convenablement ces ouvertures, on évitera que l'air froid affluent ne soit incommode.

Des dispositions de ce genre ont été indiquées récemment pour l'école du marché Saint-Martin, tenue par les Frères de la doctrine chrétienne, où le soir dans la salle de dessin il y a environ cent élèves, éclairés par un grand nombre de becs de gaz. De simples gaines en planches montant jusqu'au toit, et l'emploi de quelques becs de gaz suffiraient pour assurer l'évacuation de l'air vicié et des gaz, et subsidiairement la rentrée de l'air frais par des vasistas disposés du côté opposé à celui par lequel se ferait l'évacuation.

Ces moyens sont loin d'être parfaits, mais leur emploi dans des bâtiments d'école déjà construits est presque toujours facile et peu dispendieux.

LYCÉES ET COLLÈGES.

66. Dans ces établissements, où il importe à un si haut degré d'assurer le renouvellement et la pureté de l'air, pour favoriser le développement physique de la jeunesse, il convient de régler ce renouvellement à raison de 15 mètres cubes d'air par heure et par individu pour les enfants

au-dessous de 12 à 14 ans, et de 25 mètres cubes pour ceux de 15 ans et au-dessus.

Les classes et les salles d'étude devant être chauffées en même temps que ventilées avec continuité pendant le jour, et les dortoirs devant l'être la nuit, il conviendra d'employer des appareils généraux de chauffage et de ventilation communs aux diverses salles d'un même bâtiment. Ceux où l'on se sert de la circulation de l'eau chaude devront être habituellement préférés, malgré le surcroît de dépense qu'occasionne leur établissement, parce qu'il est largement compensé par la régularité du service et même par l'économie du combustible.

Les poêles en fonte, trop généralement employés dans ces établissements, sont extrêmement insalubres, non-seulement parce qu'ils s'échauffent très-irrégulièrement et parfois excessivement, mais encore parce que la fonte, métal poreux, détermine une altération notable et dangereuse de l'air.

67. *Application faite au lycée de Toulon.* — M. Laval, l'un de nos plus habiles architectes, et celui qui depuis plusieurs années s'est le plus préoccupé des questions qui se rattachent à la salubrité des habitations, a fait, des principes exposés dans ce manuel, une très-heureuse application au nouveau lycée de Toulon, qu'il a été chargé de construire. Je crois utile de la faire connaître avec quelques détails, parce qu'elle peut servir à la fois d'exemple et de modèle à imiter dans des circonstances analogues.

L'établissement se compose d'une cour d'honneur donnant accès à tous les services (pl. I, fig. 16). Elle communique à droite et à gauche par des passages aux cours, aux salles d'études et de classe de la première et de la deuxième division. Au fond, dans un bâtiment spécial, se trouvent les salles de collections de physique et d'histoire naturelle. Derrière ce bâtiment est la cour de l'infirmerie, dans laquelle sont, au rez-de-chaussée, les réfectoires et les cuisines et l'infirmerie au premier étage avec ses dortoirs.



Le lycée doit contenir 300 élèves pensionnaires, répartis le jour dans six salles d'études, et la nuit dans dix dortoirs. Il y a en outre 22 classes, destinées chacune à 40 élèves en moyenne, et qui doivent être ventilées en même temps que les salles d'études. Les classes et les salles, d'un même côté de l'escalier, ont ensemble un volume cubique de 1200 mètres cubes, qui doit être desservi par un même appareil de ventilation, et les deux dortoirs placés au-dessus de ces locaux ont chacun 900 mètres cubes de capacité, ou ensemble 2100 mètres cubes. L'action des cheminées et des appareils de ventilation, dont il va être parlé, s'exercera donc le jour sur des locaux de 1200 mètres cubes, et la nuit sur des dortoirs de 2100 mètres cubes ensemble.

Les classes et les salles d'études sont réparties dans la cour de chaque division au rez-de-chaussée de vastes bâtiments, dont le premier étage est occupé par les dortoirs correspondants. Un bel escalier, placé vers le milieu de chacun de ces corps de logis, établit les communications.

La figure 17 (pl. I) montre la disposition générale du rez-de-chaussée de l'un des quatre bâtiments pareils.

Le climat de Toulon est assez doux pour que l'on n'ait pas eu à se préoccuper du chauffage, mais la ventilation a paru encore plus nécessaire sous le ciel du Midi que partout ailleurs.

M. Laval a pris pour base de ses calculs et des proportions qu'il a adoptées, l'évacuation et l'introduction d'un volume d'air de 25 mètres cubes par heure et par individu, ce qui paraît suffisant.

Les orifices d'appel ont été disposés dans les parois verticales des murs des salles du rez-de-chaussée et des dortoirs, et leur nombre ainsi que leurs sections calculés en admettant que la vitesse de passage fût d'environ $0^m,70$ en une seconde (pl. I, fig. 18).

Le système général adopté est celui de l'appel par en bas, et la ventilation fonctionne le jour pour les salles du rez-de-chaussée, la nuit pour les dortoirs.

VENTILATION.

Les conduits descendant, qui reçoivent l'air vicié de chaque côté des salles dans les murs de face, se réunissent au sous-sol dans deux conduits collecteurs centraux, disposés à droite et à gauche de la cage d'escalier, qui débouchent chacun dans une cheminée spéciale d'évacuation ménagée de chaque côté de cette cage.

Chaque étage a ses conduits d'appel et son conduit collecteur particuliers, et les deux collecteurs venant d'un même côté sont superposés l'un à l'autre, comme on le voit au plan du sous-sol, fig. 18, pl. I.

Comme la ventilation des deux étages alterne de jour et de nuit, un registre placé au débouché des collecteurs dans la cheminée permet d'interrompre celle des dortoirs pendant le jour et celle des salles la nuit.

Un poêle à coke qui n'est chargé que de douze en douze heures et dont on peut modérer à volonté le tirage et l'activité, est placé au bas de chaque cheminée et y détermine l'appel.

Telles sont les dispositions simples et peu dispendieuses adoptées pour les quatre bâtiments contenant les salles d'études, les classes et les dortoirs.

Le bâtiment des réfectoires et de l'infirmerie a été ventilé par des dispositions analogues, mais pour lesquelles M. Laval a très-heureusement utilisé la chaleur perdue, toujours considérable, des fourneaux de cuisine allumés une grande partie de la journée.

Dans les réfectoires, les tables sont rangées du côté opposé au mur de façade percé de nombreuses fenêtres prenant l'air et le jour dans la cour de l'infirmerie. Les orifices d'appel sont ménagés entre les tables dans la paroi verticale du mur opposé. Les conduits verticaux d'évacuation se réunissent à des conduits collecteurs qui amènent l'air vicié au bas de la cheminée de la cuisine, toujours suffisamment chauffée pour assurer à l'appel une énergie convenable.

Pour l'infirmerie, placée au premier étage, les dispositions sont analogues et, comme les réfectoires ne doivent



être ventilés qu'à certaines heures, la chaleur des fourneaux de cuisine et celle des fourneaux à tisanes et à cataplasmes permettent non-seulement d'assurer, sans frais, l'évacuation de l'air vicié, mais encore le chauffage de tous les bains nécessaires à l'ensemble de l'établissement.

Introduction de l'air nouveau. — La douceur du climat de Toulon permettant, comme on l'a dit, de se dispenser de chauffage, l'introduction de l'air nouveau ne présente pas de difficulté, et il n'y a d'autre précaution à prendre que de l'empêcher d'être gênant. M. Laval y a pourvu en disposant les ouvertures supérieures des fenêtres en forme de vasistas à soufflet, dirigeant l'air vers le plafond. Un registre mobile permet de clore ou de restreindre les orifices lorsque la violence des vents le rend nécessaire. Dans les dortoirs, l'auteur a ajouté à ces dispositions convenables pour le renouvellement de l'air pendant la nuit, l'ouverture de petits volets disposés sous la tablette des fenêtres afin de permettre, pendant le jour, de faire affluer l'air à fleur de plancher et sous les lits, pour mieux assurer l'assainissement.

Toutes ces dispositions habilement combinées à l'avance par M. Laval et exécutées au fur et à mesure de la construction n'ont conduit qu'à une dépense spéciale de 25 000 fr. pour l'assainissement complet de toutes les parties habitées d'un lycée de 300 élèves dont l'intérêt et l'entretien, à 10 pour 100 par an, représentent 2500 francs ou 8 fr. 33 c. par élève.

L'on ne saurait douter que dans un semblable établissement, la santé et la vigueur de la jeunesse, en diminuant le nombre des journées de maladie, ne compensent largement au seul point de vue économique les dépenses si utilement faites.

Il convient cependant de faire remarquer que l'hiver la température peut s'abaisser exceptionnellement à Toulon, et qu'une ventilation sans chauffage pourrait donner lieu à des inconvénients. Il eut été facile de compléter cette installation à l'aide de quelques calorifères.



VENTILATION.

ATELIERS ORDINAIRES.

68. Pendant le jour, il suffit la plupart du temps que l'air soit renouvelé deux à trois fois par heure, en observant les règles générales indiquées au n° 38 et suivants.

Si l'on prépare ou si l'on travaille des matières donnant lieu à des odeurs désagréables ou insalubres, il conviendra d'en isoler, si l'on peut, les foyers d'infection, de les renfermer dans des enveloppes à peu près closes comme des étuves et de faire évacuer directement ces émanations à l'extérieur par un appel local et énergique qui les entraîne sous le sol et de là dans une cheminée générale d'évacuation (fig. 20, pl. II).

L'air nouveau introduit vers le plafond et chaud ou frais, selon les saisons, affluerait de haut en bas dans les salles et viendrait sans cesse renouveler celui des enveloppes ou des étuves, qui serait entraîné avant d'avoir pu se répandre à l'intérieur.

Si les points de travail des matières insalubres sont très-multipliés et répartis à peu près sur toute la surface des ateliers, il conviendra de disposer près de chaque place d'ouvrier un orifice d'appel communiquant avec des conduits collecteurs aboutissant à une cheminée commune d'évacuation.

Le volume d'air à évacuer ainsi devra être d'autant plus grand que les matières seront plus dangereuses à respirer.

Il faut alors que l'air de l'atelier soit renouvelé au moins trois à quatre fois par heure et que, pour certains ateliers, tels que les fabriques d'allumettes chimiques et autres industries insalubres, il le soit de huit à dix fois.

Dans les ateliers éclairés au gaz et où chaque ouvrier a un bec spécial, on peut souvent obtenir facilement l'évacuation des produits de la combustion, en disposant au dessus du chapeau réflecteur de chaque bec un petit tuyau



en fer ou en cuivre de 0^m,02 de diamètre, qui débouche à l'extérieur.

Ce moyen simple et peu coûteux permettrait d'assainir un grand nombre d'ateliers où de malheureux ouvriers tailleurs, des couturières, etc., vivent dans une atmosphère infecte et insalubre.

La combustion du gaz donnant lieu à une grande production de vapeur d'eau, les conduits d'évacuation des produits gazeux doivent être courts et directs pour éviter les condensations.

Aux inconvénients de l'altération de l'air se joint souvent l'été celui de l'élévation excessive de la température dans les ateliers placés sous les combles. On indiquera plus loin les moyens d'y remédier par l'arrosage peu dispendieux des toitures.

69. Ateliers de préparation de la gélatine, des graisses, etc. — Dans la préparation de ces matières et de plusieurs autres du même genre il se forme des odeurs nauséabondes pendant la période d'ébullition. Le moyen employé avec le plus de succès en Angleterre paraît être¹ de recouvrir la chaudière et de ménager dans le couvercle deux ouvertures, dont l'une laisse entrer l'air extérieur et dont l'autre, mise en communication, soit avec une cheminée générale d'appel soit avec le foyer même de la chaudière, aspire les vapeurs et l'air extérieur introduit par la première et les conduit au dehors.

Quand il y a un grand nombre de chaudières voisines les unes des autres, on met parfois leurs tuyaux d'évacuation en communication avec un conduit unique qui débouche dans une cheminée d'appel général.

S'il ne s'agit que d'émanations désagréables, mais peu abondantes et non dangereuses, il suffit souvent de ménager dans le plafond des ouvertures en nombre suffisant munies de cheminées en tôle de peu de hauteur pour

1. Extrait du rapport de M. Freycinet, *Sur la salubrité des fabriques*,