ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

PH. PICARD

CHAUFFAGE ET VENTILATION

PARIS & LIÈGE
CH. BÉRANGER EDITEUR

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Chauffage uniquement

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

TRAITÉ PRATIQUE

DU

CHAUFFAGE ET DE LA VENTILATION

PRINCIPES, APPAREILS, INSTALLATIONS
CHEMINÉES, POËLES, CALORIFÈRES, CHAUFFAGES A AIR CHAUD,
A EAU CHAUDE ET A VAPEUR
CHAUFFAGE ET VENTILATION DES MAISONS PARTICULIÈRES, ÉGLISES,
ÉCOLES, LYCÉES, BANQUES, MAGASINS,
ÉTABLISSEMENTS PUBLICS, THÉATRES, HOPITAUX, CASERNES,
SERRES, BAINS, AMPHITHÉATRES, ATELIERS, ETC.

PAR

Ph. PICARD
INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

Avec 505 figures dans le texte

PARIS
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, BAUDRY ET Cie, ÉDITEURS
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MÊME MAISON A LIÈGE, RUE DE LA RÉGENCE, 21

1897

Tous droits réservés

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

TABLE DES MATIÈRES

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

PRÉFACE

Ce *Traité pratique du Chauffage et de la Ventilation* ne vient pas, comme on pourrait le craindre, faire double emploi avec les traités classiques, même récents parus sur le même sujet.

Notre but, en effet, a été de produire un ouvrage à la portée de tous, afin que chacun puisse se rendre compte de ce qu'il est possible de réaliser actuellement comme chauffage et ventilation ; et que, par suite de la comparaison avec ce qui se fait, allant enfin de l'avant, ingénieurs, architectes, constructeurs et propriétaires se liguent pour faire disparaître comme appareils de chauffage dans les locaux habitables, les cheminées à foyer ouvert, la série des poëles en fonte à combustion vive ou lente, les calorifères à air chaud ; et pour munir ces mêmes locaux d'appareils de ventilation autres que les fissures de portes et de fenêtres mal ajustées.

Le traité, comme son titre l'indique, comprend deux grandes divisions : la première englobe le chauffage, la seconde la ventilation.

Pour les techniciens nous rappelons, dans les préliminaires de la première partie, sous la forme succinte de l'aide-mémoire, les formules qui servent de base à la détermination des différents appareils dont il est parlé dans le cours de l'ouvrage ; mais en appendice nous avons dressé des tables indiquant les résultats numériques tirés des formules citées, et employés, dans la pratique, par les meilleures maisons de construction ; résultats qui, pris séparément, peuvent être discutés mais dont l'ensemble, très exact, est conforme à ce qui ressort des diverses expériences faites sur la matière.

Après ce formulaire sur la transmission de la chaleur, et l'écoulement des gaz et des vapeurs, formulaire encadré dans les notions générales sur la chaleur elle-même et les fluides qui peuvent

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

servir à la véhiculer, vient l'étude des procédés de chauffage actuellement employés.

Les cheminées avec foyer se présentent d'abord, puis les poëles de tous systèmes.

Dans ces deux premières subdivisions, nous avons guidé nos considérations sur l'emploi judicieux des appareils en nous plaçant tout d'abord au point de vue primordial, pour nous, de l'hygiène ; nous avons ensuite examiné la question d'économie qui, pour beaucoup, n'est pas moins importante, et avons essayé de conclure à ceux de ces appareils que l'on peut employer, à la rigueur, car nous sommes partisan de leur suppression absolue.

Toutes les descriptions sont, du reste, accompagnées de croquis et dessins en facilitant la compréhension. Nous examinons ensuite les installations de chauffage par l'air chaud, l'eau chaude et la vapeur avec ou sans pression.

Dans chacun de ces chapitres nous indiquons comment l'on doit déterminer les divers éléments de chaque installation, opérer le montage des différentes parties : générateur, canalisation, récepteur.

Les coefficients pratiques permettant de se rendre compte et même de fixer les dimensions des appareils employés sont donnés à leur place ainsi que les descriptions de ceux de ces appareils les plus récents, fournis par les meilleures maisons de construction de Paris.

De nombreux dessins schématiques, intercalés dans le texte, en facilitent la compréhension; souvent, en effet, une silhouette frappe mieux l'esprit qu'une longue description.

La première partie se termine par la série des considérations qui doivent guider dans le choix des appareils suivant la nature et la destination du local à chauffer.

Dans cette subdivision chacun pourra se rendre compte de ce qu'il y a de mieux à faire, comme hygiène, dans le cas qui l'intéresse, sauf à voir, en consultant les subdivisions précédentes, et en faisant établir, par un technicien, un avant-projet sur des conditions d'exécution bien définies, ce que le budget dont il dispose lui permet de réaliser.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

La voie suivie dans la partie Chauffage l'est aussi dans celle Ventilation.

Tout d'abord nous examinons les divers modes de ventilation existants et concluons d'une façon générale aux cas où chacun d'eux semble le mieux s'appliquer.

Après quelques mots sur la ventilation naturelle et son effet restreint, nous étudions la ventilation artificielle et passons en revue les diverses machines capables de mettre l'air en mouvement et utilisables pour ce qui nous occupe, ce sont les ventilateurs, les jets de vapeur et d'air comprimé.

Nous décrivons, avec croquis à l'appui, ceux de ces appareils donnant les meilleurs résultats et nous indiquons comment il faut en faire l'achat.

Enfin, nous terminons, la partie Ventilation par le développement de la série des considérations qui doivent guider dans le choix du système de ventilation suivant l'usage des locaux à ventiler.

Dans cette dernière subdivision comme dans la correspondante de la partie Chauffage, on pourra trouver peut-être que nous nous répétons souvent en indiquant toujours, comme à employer, le chauffage à vapeur à basse pression, et en recommandant continuellement de percer de nombreux orifices d'arrivée et de sortie d'air pour avoir une bonne ventilation ; il n'en est rien, car en réalité chaque étude d'un local avec destination définie forme un chapitre, et nous eussions été incomplet en ne concluant pas pour chacun d'eux ; on ne saurait, du reste, trop répéter ce qui est un principe pour avoir le résultat que l'on cherche.

Nous avons mis toute notre attention à avoir partout une phrase châtiée, sans mots inutiles, sans longueurs, nette et claire, plutôt courte, mais disant bien ce que nous pensions. Nous espérons avoir réussi et serons heureux, si, grâce à notre *Traité pratique du Chauffage et de la Ventilation*, le nombre des immeubles, réellement chauffés et ventilés, augmente ; si nous voyons enfin le propriétaire fournir la chaleur à ses locataires, comme il leur fournit déjà l'eau et le gaz.

Nous ne voulons pas terminer cette préface sans adresser nos très sincères remerciements à MM. Grouvelle, Kœrting frères, Leroy

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

(maison d'Anthonay), Hamelle, Pilter, Desgoffes et de Georges, qui ont bien voulu mettre gracieusement à notre disposition des dessins avec descriptions des appareils qu'ils fabriquent nous facilitant ainsi extrêmement la tâche que nous avions entreprise.

Nous n'oublierons pas, non plus, M. V.-Ch. Joly qui nous a donné l'autorisation de prendre dans le traité qu'il a fait paraître en 1873, les croquis qui trouvaient leur place dans le texte de notre ouvrage.

Ph. PICARD.

BIEN ADRESSER
LES LETTRES
FL. ANTOINE PLOMBERIE
Rue E. Cuvelier
- 25 -

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

TRAITÉ PRATIQUE

DE

CHAUFFAGE ET DE VENTILATION

PRÉLIMINAIRES

DE LA CHALEUR

Définition. — La chaleur n'a été, pendant longtemps, définie que par les effets que nous en ressentons, c'est-à-dire par les sensations que, suivant leur température, le contact ou le voisinage des corps fait éprouver à nos sens, à nos organes.

On admet aujourd'hui que la chaleur est le résultat des mouvements vibratoires des molécules des corps, lesquels deviennent plus ou moins chauds suivant que les vibrations de leurs molécules sont plus ou moins rapides.

Cette hypothèse permet de comprendre que la chaleur puisse se transformer en travail mécanique et réciproquement.

Des expériences nombreuses ont prouvé que l'unité de chaleur pouvait produire un travail de 424 kilogrammètres et réciproquement que 424 kilogrammètres pouvaient produire une quantité de chaleur égale à une unité de chaleur.

Dilatation des corps. — La chaleur a, sur les corps, un effet remarquable, celui de les faire changer de volume ; c'est le phénomène appelé *dilatation*.

Si l'on chauffe un corps à une certaine température, son volume augmente et sa densité diminue ; si, au contraire, on laisse

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

la température d'un corps chaud s'abaisser, son volume diminue et sa densité augmente.

C'est par suite de ce phénomène que, dans une enceinte chauffée, il y a un continuel mouvement de l'air renfermé dans cette enceinte, mouvement dont l'observation permet de déterminer le meilleur emplacement à donner à l'appareil de chauffage.

Mesure des variations de la quantité de chaleur. — Thermomètre. — La mesure, toute de convention, de l'accroissement ou de la diminution de la quantité de chaleur, de la *température* d'un corps, mesure qui permet de comparer entre elles les sources calorifiques, est basée sur le phénomène de la dilatation des corps.

L'unité de mesure est le *degré*, et l'instrument de mesure est le *thermomètre*.

Echelles thermométriques. — On distingue trois *échelles thermométriques :* 1° l'*échelle* dite de *Réaumur ;* 2° l'*échelle centigrade* ou de *Celsius ;* 3° l'*échelle* de *Farenheit.*

Le *degré centigrade* est, dans un thermomètre quelconque, la centième partie de la quantité dont s'est dilaté un poids constant de fluide (alcool, mercure, hydrogène) porté de la température de la glace fondante à celle de la vapeur d'eau bouillante à la pression normale de 760 mm. de mercure.

Le zéro de l'échelle centigrade correspond au zéro de l'échelle Réaumur et au degré 32 de l'échelle de Farenheit; le point 100° correspond à 80° Réaumur et à 212° Farenheit.

Soient C le degré centigrade, R le degré Réaumur et F le degré Farenheit; on a, entre les différentes échelles, les relations suivantes :

(1) $$C = \frac{5}{4} R = \frac{5}{9} (F - 32)$$

(2) $$R = \frac{4}{5} C = \frac{4}{9} (F - 32)$$

(3) $$F = 32 + \frac{9}{5} C = 32 + \frac{9}{4} R$$

Emission. — Si un corps est plongé dans un milieu ayant une température inférieure à la sienne, il perd, par sa surface, une certaine quantité de chaleur par suite du phénomène dit d'*émission.*

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Sources de chaleur. — On a tout d'abord considéré un très grand nombre de sources de chaleur, mais, à la suite d'études très approfondies, on a reconnu que toutes ont un lien commun qui les rattache à la lumière solaire, la seule source véritable, directe ou indirecte, de chaleur pour la terre.

La chaleur émanant du soleil n'a pu toutefois être utilisée jusqu'à présent dans les applications industrielles. Il a fallu chercher des moyens spéciaux, praticables partout, permettant de produire rapidement et économiquement la chaleur nécessaire à l'économie humaine, pour conserver les organes essentiels dans des conditions normales.

Production de la chaleur. — Combustion. — Combustibles. — Le procédé le plus employé pour produire de la chaleur est la *combustion* de certains corps.

La combustion n'est autre que la combinaison chimique de deux corps, le *combustible* et le *comburant*, combinaison qui se produit généralement avec dégagement de lumière et de chaleur.

Le combustible est essentiellement un composé de carbone et d'hydrogène ; le comburant est l'oxygène puisé dans l'air atmosphérique, qui en contient 1/5 de son volume environ.

Les combustibles, qui, d'après cela, semblent très nombreux, ne le sont pas en réalité, parce qu'il faut pouvoir se les procurer à peu de frais, ce qui exige qu'on puisse, ou les trouver abondamment dans la nature, ou les produire par des procédés simples.

Chaleur dégagée par un foyer. — La température du milieu où s'opère la combustion dépend de la chaleur du combustible, de celle du comburant, de leurs proportions relatives, de leur température initiale, du milieu où s'opère la combustion, etc.

La chaleur dégagée par un foyer n'est employée qu'en partie à élever la température des gaz de la combustion ; l'autre partie est absorbée par les parois de l'enceinte où s'opère celle-ci. Cette enceinte devra donc être construite de façon que la chaleur ainsi perdue soit réduite au minimum.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Conditions d'une bonne combustion. — On doit toujours, au point de vue économique, chercher à ce qu'un combustible dégage son maximum de chaleur, et, pour cela, il est indispensable que sa combustion soit complète, ce qui oblige :

1° à fournir à ce combustible la quantité d'air nécessaire à sa combustion ; un manque d'air amène une combustion incomplète, un excès d'air abaisse la température de la combustion ;

2° à assurer le mélange intime du combustible et du comburant (air) ;

3° à ce que la température du milieu où s'opère la combustion soit très élevé.

Le combustible étant *gazeux* ou *liquide*, il faut, si l'on veut une température très élevée, le diviser en jets ou lames, ces jets étant très minces et entourés d'air, et le mélanger avec l'air avant de l'enflammer. Plus le jet est épais, plus la flamme est longue.

Le combustible étant solide, on doit le brûler en petits fragments, en l'étendant sur une grille dont les barreaux laissent entre eux un passage suffisant à l'air.

Quantité d'air nécessaire à la combustion. — La quantité d'air à fournir à un combustible est fonction de sa composition chimique, et peut être déterminée exactement si on connaît celle-ci.

Pour brûler 1 kg. de carbone il faut, en effet, 11 kgs 594 ou 8 m³ 967 d'air.

Pour brûler 1 kg. d'hydrogène il faut, 34 kgs 784 ou 26 m³ 850 d'air.

Daus la pratique industrielle, pour la houille, le poids d'air introduit varie de 12 à 24 kgs ; et pour réaliser une bonne combustion il faut se tenir entre 15 et 18 kgs soit 11 m³ 691 à 13 m³ 921 d'air.

Puissance calorifique d'un combustible. — La valeur commerciale d'un combustible est fonction de la quantité de chaleur, qu'il dégage par sa combustion.

Cette quantité de chaleur se compte en *calories*.

Calorie. — La *calorie* est la quantité de chaleur nécessaire

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

pour élever de 1° centigrade la température de 1 kg. d'eau distillée.

La puissance calorifique d'un combustible se mesure par le nombre de calories dégagées dans la combustion complète de 1 kg. de ce corps.

Elle a été déterminée par l'expérience, pour un grand nombre de combustibles.

De ces expériences Dulong à déduit la formule empirique suivante, très simple à appliquer, et donnant des résultats suffisants dans la pratique.

$$N = 8080\,C + 34472\left(H - \frac{O}{8}\right)$$

N est la puissance calorifique du combustible qui, par kg. contient en grammes C de carbone, H d'hydrogène et O d'oxygène.

Dans le cas où la vapeur d'eau produite n'est pas condensée, il faut remplacer le coefficient 34462 par 29000.

Complexité du phénomène de la combustion. — Lois. — Le phénomène de la combustion est généralement fort complexe, car outre la combinaison chimique, il se produit des changements de volume et d'état physique qui dégagent ou absorbent de la chaleur.

Toutefois, la chaleur produite dans la combinaison de deux corps, est toujours égale et de signe contraire à la chaleur de décomposition.

La quantité de chaleur dégagée par un combustible est indépendante de l'activité de la combustion et de la proportion d'oxygène qui se trouve dans le comburant.

Dans le phénomène complexe d'une combinaison chimique, la chaleur dégagée est la somme algébrique des quantités de chaleur produites par chacun des phénomènes en particulier.

DES COMBUSTIBLES

On distingue, d'après leur état physique, les *combustibles gazeux*, les *combustibles liquides* et les *combustibles solides*.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

On les classe encore en *combustibles naturels* et *combustibles artificiels*.

Les premiers sont ceux que la nature nous fournit, propres à être employés sans aucune préparation préliminaire ; les seconds dérivent de combustibles naturels traités, soit par carbonisation, soit par distillation, soit par agglomération.

Les principaux combustibles sont :

Combustibles naturels	Solides	Bois, tannée, tourbe, combustibles fossiles (lignites, houilles, anthracites).
	Liquides	Huiles de pétrole, de naphte, etc.
Combustibles artificiels	Solides	Charbon de bois, charbon de tourbe, coke.
	Liquide	Huile lourde.
	Gazeux	Gaz d'éclairage, gaz des hauts-fourneaux, gaz des gazogènes.

COMBUSTIBLES NATURELS SOLIDES

Bois. — Le premier combustible qui ait été employé est le *bois*, composé de cellulose et de matières incrustantes différant dans les diverses essences.

Le bois contient une quantité d'eau très variable, qui peut atteindre 45 0/0 dans celui provenant des coupes fraiches, et qui descend rarement au-dessous de 25 p.0/0 après dessiccation naturelle pendent 15 à 18 mois.

Les cendres provenant de la combustion des bois écorcés varient de 0,5 à 0,9 0/0, celles provenant des branchages et des écorces de 2,5 à 3 0/0.

La puissance calorifique des bois est en moyenne de 3500 calories ; elle descend à 2500 calories pour le bois contenant 30 0/0 d'eau, laquelle diminue de plus beaucoup la température de la combustion.

Classification commerciale des bois. — Commercialement on distingue :

1° Les *bois durs* (chêne, hêtre, orme, frêne, charme), qui restent compacts au feu, produisent d'abord de la flamme puis se consu-

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

ment, sous forme de charbon, d'autant plus lentement que les morceaux sont plus gros ;

2° Les *bois légers* (sapin, bouleau, peuplier, tremble) qui se fendillent, donnent beaucoup de flamme et se consument très rapidement.

Quelquefois aussi les bois de chauffage sont classés en :

1° *Bois neufs*, ceux amenés au lieu de consommation par bateau ou par wagon ; 2° *bois flottés*, ceux transportés par eau en bûches isolées ou en trains flottants ; 3° *bois pelards*, ceux simplement écorcés.

Le bois de chauffage se vend au poids ou au volume ; dans les deux cas il est toujours difficile de se rendre compte exactement de la quantité de matière combustible que l'on achète.

Tannée. — La *tannée* est l'écorce de chêne qu'on a utilisée dans le tannage des peaux ; elle peut servir de combustible, après avoir été pressée et moulée sous formes de mottes.

La quantité d'eau qu'elle contient descend rarement au-dessous de 30 0/0 : les cendres varient de 10 à 15 0/0 ; la puissance calorifique moyenne est 1360 calories.

Tourbe. — La *Tourbe* est un corps noirâtre et spongieux provenant de la décomposition par le temps de plantes herbacées ; elle contient de 8 à 15 0/0 de cendres, et de 25 à 30 0/0 d'eau ; elle brûle avec une odeur désagréable qui en limite l'emploi ; sa puissance calorifique est de 3000 à 3600 calories.

Combustibles fossiles. — Après les combustibles solides de formation organique récente viennent les combustibles fossiles : *lignites*, *houilles*, *anthracite*.

Lignites. — On divise les lignites en :

1° *Lignite ligneux*, corps transitoire entre le bois et la houille, donnant 2 à 10 0/0 de cendres et contenant 65 0/0 environ de matières volatiles ; il dégage, en brûlant, une odeur désagréable ; sa puissance calorifique varie de 4000 à 4800 calories.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

2° *Lignite parfait*, qui a l'aspect de la houille, brûle avec une flamme longue et blanche, se consume vite et ne donne pas de coke ; il contient 55 0/0 environ de matières volatiles, et a une puissance calorifique de 5500 à 6600 calories.

Houilles. — La *houille*, qui ne porte plus trace de son origine végétale, est le véritable combustible industriel.

Les houilles sont nombreuses ; elles se divisent en deux grandes classes :

Les *houilles grasses*, qui se boursouflent sous l'action de la chaleur et fondent en s'agglutinant ; elles donnent de la fumée et ont besoin qu'on les fourgonne ;

Les *houilles maigres*, qui ne se boursouflent pas, ne fondent pas, ne demandent pas à être fourgonnées et se chargent en couches plus épaisses que les premières.

Au point de vue des usages industriels, on distingue :

La *houille sèche à longue flamme*, qui brûle avec une flamme blanche, longue, claire, s'allume facilement, et donne par la distillation 50 à 60 0/0 de coke pulvérulent et fritté. La qualité ordinaire fournit de 10 à 12 0/0 de cendres et a une puissance calorifique de 7000 à 7500 calories.

La *houille à gaz*, qui se rapproche de la précédente, donne de 60 à 68 0/0 de coke fondu très fendillé et a une puissance calorifique de 7500 à 8000 calories.

La *houille maréchale*, surtout employée pour la forge et les foyers soufflés, qui s'agglutine facilement, a une flamme longue et fuligineuse, donne de 68 à 74 0/0 de coke fondu et compact, et possède une puissance calorifique de 8000 à 8500 calories.

La *houille demi-grasse*, brûlant avec une flamme courte, blanche, peu fuligineuse ; moins collante que la houille grasse, elle convient pour les grilles (chaudières, calorifères, etc.). Elle fournit 74 à 82 0/0 de coke très compact, développe beaucoup de chaleur et a une puissance calorifique de 8200 à 8600 calories. (La houille de Charleroi en est le type.)

La *houille maigre à courte flamme*, qui renferme peu de gaz, est difficile à allumer et convient pour les poëles à combustion lente.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Elle donne de 80 à 90 0/0 de coke fritté et pulvérulent et a une puissance calorifique de 8000 à 8400 calories. Elle a une valeur commerciale moindre que les précédentes.

Qualité d'une houille. — Quelle que soit la houille employée, pour être de bonne qualité, elle doit ne pas donner plus de 6 à 7 0/0 de cendres et ne pas contenir plus de 1/2 à 3 0/0 d'eau. Les cendres ne doivent pas être trop fusibles, car elles forment alors des mâchefers qui empêchent l'arrivée de l'air et arrêtent la combustion ; il les faut plutôt friables, ce qui évite le travail de décrassage.

Classification commerciale des houilles. — On distingue généralement dans le commerce le *gros*, la *gailleterie*, le *menu* et le *tout venant*.

Dans certaines mines, où l'on pousse la division plus loin, on vend la houille sous les dénominations de *gros*, *gaillette*, *gailleterie*, *gailletin*, *noisette*, *tête de noisette*, *fines grenues* et *fines poussières*.

La *gailleterie* passe entre les barreaux d'une grille, dont l'espacement est de 4 à 5 centimètres.

Le *tout venant* renferme de 30 à 35 0/0 de gailleterie et convient pour les chaudières à vapeur.

Anthracite. — L'anthracite, qui demande un tirage actif, s'allume difficilement et se consume lentement avec une flamme bleue et courte ; il donne de 90 à 92 0/0 de coke en poussière et a une puissance calorifique de 7800 à 8300 calories. On l'emploie pour les foyers à combustion lente et les gazogènes à gaz pauvres.

COMBUSTIBLES ARTIFICIELS SOLIDES

Charbon de bois. — Le *charbon de bois* provient de la distillation du bois en vase clos. C'est un corps noir, spongieux, léger et friable, ayant une puissance calorifique de 6000 à 6800 calories.

Charbon de tourbe. — Le charbon de tourbe est en général très gazeux ; il brûle facilement mais lentement. Il donne une odeur pi-

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

quante et désagréable. Avec 15 à 18 0/0 de cendres, sa puissance calorifiqne est de 6400 à 6800 calories,

Coke. — Le *coke* provient de la distillation de la houille ; il a une puissance calorifique de 6800 à 7600 calories suivant la proportion de cendres qu'il donne en brûlant, laquelle peut varier de 2 à 16 0/0.

Briquettes de houille. — Les *briquettes de houille* sont produites par l'agglomération de débris de houille au moyen d'un agglutinant, goudron ou brai. Les briquettes ne renferment pas plus de 7 0/0 de cendres; elles valent la bonne gailleterie comme usage.

Charbon moulé. — Le *charbon de Paris* est formé par l'agglomération de charbon de bois, de coke, de tourbe, etc., au moyen de goudron.

COMBUSTIBLES LIQUIDES

Après les combustibles solides viennent les combustibles liquides :

L'*huile de pétrole*, dont la puissance calorifique varie de 10600 à 11000 calories, corps très inflammable qui a encore été peu employé au chauffage ;

L'*huile lourde*, provenant de la distillation du goudron, qui a une puissance calorifique de 8900 calories et est aussi très peu employée jusqu'à présent.

COMBUSTIBLES GAZEUX

Il y a enfin les combustibles gazeux :

Le *gaz d'éclairage*, qui a une puissance calorifique de 11100 calories et est le produit de la distillation de la houille en vase clos ;

Le *gaz des hauts-fourneaux*, ayant une puissance calorifique de 6 à 700 calories ;

Le *gaz des gazogènes*, ayant une puissance calorifique de 8 à 900 calories.

Le *gaz d'éclairage* n'est employé au chauffage que pour les usages domestiques, les autres sont utilisés dans l'industrie.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

TRANSMISSION DE LA CHALEUR

La chaleur produite par la combustion arrive à nos sens en se transmettant de différentes manières, à travers les fluides qui entourent son centre de production.

La transmission se fait suivant certaines lois qu'il est utile de connaître, car elles permettent de conclure aux dispositions à prendre pour réaliser la meilleure utilisation du combustible, et, par conséqnent, pour profiter du maximum de chaleur allié au minimum de dépense.

Lorsque deux corps de températures différentes se trouvent dans une même enceinte, ou, lorsque les deux faces d'un même corps sont à des températures différentes, l'équilibre tend toujours à s'établir, par suite de la transmission de la chaleur des molécules les plus chaudes aux molécules froides.

Différents modes de transmission de la chaleur. — Cette transmission peut s'effectuer :

1° par *conductibilité* : alors les positions respectives des molécules ne changent pas ; c'est ce qui arrive pour les corps solides ;

2° par *mélange* : les positions respectives des molécules changent, c'est la transmission entre fluides ;

3° par *convection* ou par *contact* : c'est celle qui s'opère entre un solide et un fluide ;

4° par *radiation* ou *à distance* : les rayons calorifiques émis sont alors transmis par les vibrations de l'éther.

Les divers modes de transmission sont soumis à des lois plus ou moins approchées, dont nous ne donnerons que les expressions utilisées dans la pratique.

Corps bons et mauvais conducteurs. — Tous les corps possèdent la propriété de recevoir et de transmettre la chaleur, mais à des degrés différents, ce qui a amené à les classer en corps *bons conducteurs* et en corps *mauvais conducteurs*.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Conductibilité. — La transmission de la chaleur par *conductibilité* est celle que l'on envisage principalement dans les applications usuelles. C'est grâce à la connaissance des coefficients de conductibilité, que l'on peut choisir, à bon escient, les matériaux de construction des habitations, lesquels doivent être mauvais conducteurs, et les métaux devant former les parois des appareils de chauffage qui doivent être bons conducteurs.

Quantité de chaleur transmise par conductibilité. — La quantité de chaleur, qui, par conductibilité, passe d'une face à l'autre d'une paroi, est proportionnelle à la surface de transmission, à la différence des températures des deux faces, au temps pendant lequel se fait la transmission et en raison inverse de l'épaisseur :

$$M = Sc\,\frac{t - t'}{e}\,z$$

M Chaleur transmise en calories.

S Surface de transmission en m^2.

$t\ t'$ Températures des deux faces de la paroi en degrés centigrades.

e Épaisseur de la paroi en mètres.

z Temps compté en heures.

c Coefficient variable avec chaque corps et dit *coefficient de conductibité*.

La température y de la tranche de paroi située à une distance x de la face de température t est :

$$y = t - \frac{x}{e}\,(t - t')$$

Mélange. Quantité de chaleur transmise. — Quand la transmission de la chaleur se fait par mélange (chauffage par barbotage) la température, après le mélange des deux fluides, dans le cas où il n'y a aucune action extérieure produite, telle que changement d'état, combinaison ou décomposition chimique, refroidissement, etc., est le résultat de la chaleur transmise M qui a pour expression :

$$M = \frac{PC \times pc}{PC + pc}\,(T - t) \text{ et la température du mélange } x = \frac{PCT + pct}{PC + pc}$$

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

ou s'il y a changement d'état (chauffage par barbotage de la vapeur d'eau).

$$M = \frac{P \times pc}{P + pc}(606{,}5 + 0{,}305\ T - t)\ ;\quad x = \frac{P(606{,}5 + 0{,}305\ T) + pct}{P + pc}$$

P, p sont les poids des fluides chaud et froid ou P le poids de vapeur condensé à 0°.

C, c les chaleurs spécifiques, c'est-à-dire les nombres de calories nécessaires pour élever de 1° C, la température de 1 kg. des corps considérés. (voir table à la fin de l'ouvrage).

T, t les températures du fluide chaud et froid.

Radiation et convection. Quantité de chaleur transmise. — Quand un corps chaud est placé dans une enceinte moins chaude que lui, il y a entre ce corps et l'enceinte une transmission de chaleur *par radiation* et *par convection*.

D'après Newton, la quantité de chaleur transmise est proportionnelle à l'excès de la température de la surface du corps sur celle de l'enceinte, ainsi qu'à la surface de transmission et au temps :

$$M = KS\ (T - \theta)\ \varepsilon.$$

Cette loi suppose le coefficient de proportionnalité constant et ne fait pas de distinction entre la radiation et la convection, aussi n'est-elle approximativement exacte que lorsque l'excès de la température du corps sur celle de l'enceinte ne dépasse pas 25°.

Dulong et Petit, après de nombreuses expériences, ont pu déterminer la valeur de ce coefficient de proportionnalité :

$$K = mr + nf$$

avec

$$m = \frac{124.72\, a^{\theta}\left(a^{t-\theta} - 1\right)}{t - \theta}$$

$$n = \frac{0{,}552\,(t - \theta)^{1{,}233}}{t - \theta}$$

r coefficient de radiation ;

f coefficient de convection, qui dépend de la forme de la surface, est sensiblement proportionnel à la différence des températures et à la vitesse des fluides.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Cette formule est applicable quand les excès de température ne dépassent pas 1000°.

Quand ils ne dépassent pas 20 à 25°.

$$m = 1 \quad n = 1$$

et la loi de Newton peut s'écrire :

$$M = (r + f)\, S\, (t - \theta)\, z$$

Ces lois, traduites en formules d'application simple, permettent de résoudre, avec des approximations suffisantes pour la pratique, tous les problèmes de la transmission de la chaleur ; leur examen, en tenant compte des valeurs des coefficients divers de conductibilité, chaleur spécifique, radiation, convection, permettra de conclure aux matériaux à employer et aux meilleures dispositions à donner aux appareils pour profiter du maximum de chaleur fournie par les combustibles.

Cas particuliers des formules de Newton et de Dulong et Petit. — La formule de Dulong et Petit ou celle de Newton se présentent sous les formes suivantes dans les cas les plus usuels de la pratique :

1° *Deux enceintes de températures différentes, mais constantes, sont séparées par une paroi à faces parallèles ; a.* la chaleur transmise, en une heure, à travers les parois, de l'enceinte la plus chaude à la plus froide :

$$M = SQ\,(t - \theta)$$

avec

$$\frac{1}{Q} = \frac{1}{K} + \frac{e}{c_1} + \frac{1}{K'}$$

$$K = mr + nf$$

$$K' = m'r' + n'f'$$

t et θ sont les températures des enceintes ;

e épaisseur, c_1 coefficient de conductibilité de la paroi ;

r et f coefficients de radiation et de convection pour l'une des faces de la paroi ;

r' et f' coefficients de radiation et de convection pour l'autre face.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Les températures de chacune des faces de la paroi sont :

$$t_1 = t - \frac{Q}{K}(t - \theta)$$

$$t_2 = \theta + \frac{Q}{K'}(t - \theta)$$

b. Si la paroi est cylindrique :

R et R′ étant les rayons intérieur et extérieur de la surface cylindrique.

$$\frac{1}{Q} = R'\left(\frac{1}{KR} + \frac{1}{c_1}\log_e \frac{R}{R'} + \frac{1}{K'R'}\right)$$

Dans le cas d'une paroi métallique $\frac{e}{c_1}$ est négligable.

c. Si la surface de la paroi est nervée d'un côté, le rapport des chaleurs transmises à travers la paroi lisse et la paroi nervée est :

$$\frac{M}{M'} = \frac{1 + \frac{K}{K'}\frac{S}{S'}}{1 + \frac{K}{K'}}$$

$M_1 S_1 K_1$ se rapportent à la surface nervée ;
M.S.K et K′ » à la surface lisse.

2° *La paroi séparant deux fluides en mouvement qui circulent dans le même sens*, il peut être utile de déterminer la surface de paroi nécessaire pour refroidir le fluide chaud à une température déterminée T, les relations suivantes permettent de résoudre le problème :

$$r = \frac{\alpha.P.C}{\beta p c}\, t = t_0 + r(T_0 - T)\,; \quad \frac{1}{Q} = \frac{1}{K} + \frac{e}{c_1} + \frac{1}{K'},$$

$$S = \frac{\alpha PC}{(1+r)Q}\log_e \frac{T_0 - t_0}{T - t}$$

P, C, *p*, *c* ; sont les poids et les chaleurs spécifiques des fluides chaud et froid ;

T_0, t_0 ; les températures à l'origine des deux fluides.

c_1 le coefficient de conductibilité de la paroi ;

α et β sont des coefficients qui tiennent compte de ce qu'une partie

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

de la chaleur abandonnée par le fluide chaud est perdue et non transmise par la paroi, de même qu'une partie seulement de la chaleur transmise sert à élever la température du fluide froid. On a : $\alpha < 1, \beta > 1$.

La détermination des températures T et t à l'extrémité de la surface S et de la chaleur transmise se fait à l'aide des formules :

$$r = \frac{\alpha PC}{\beta pc} ; \quad \frac{1}{Q} = \frac{1}{K} + \frac{e}{c_1} + \frac{1}{K'} ; \quad m = \frac{(1+r)Q}{\alpha p c}$$

$$T = \frac{t_0 + rT_0}{1+r} + \frac{T_0 - t_0}{1+r} e^{-mS}$$

$$t = \frac{t_0 + rT_0}{1+r} - r \frac{T_0 - t_0}{1+r} e^{-mS}$$

$$M = \alpha PC (T_0 - T)$$

Le e de e^{-mS} est la base des logarithmes népériens et a pour valeur **2,7182818** (Log e = **0,4312945**).

Ce cas s'applique au calorifère à air chaud et le rendement ρ ou rapport de la chaleur communiquée au fluide froid à la chaleur maximum que l'on peut transmettre, ce maximum correspondant à $T = t_0$;

$$\rho = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{1 - e^{-mS}}{1+r}$$

3° *Si les deux fluides circulent en sens inverse l'un de l'autre et que l'on veuille déterminer les températures de sortie des deux fluides* T et t_0 à l'extrémité de la surface S et la chaleur transmise, on a :

$$r = \frac{\alpha.P.C}{\beta.p.c} ; \quad \frac{1}{Q} = \frac{1}{K} + \frac{e}{c_1} + \frac{1}{K'} ; \quad m = \frac{(1-r)Q}{\alpha.P.C.}$$

$$T_1 = \frac{T_0 (1-r) + t (e^{mS} - 1)}{e^{mS} - r}$$

$$t_0 = \frac{e^{mS} t_1 (1-r) + rT_0 (e^{mS} - 1)}{e^{mS} - r}$$

$$M = \alpha.P.C (T_0 - T_1)$$

et le rendement de l'appareil dans ces conditions :

$$\rho = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{e^{mS} - 1}{e^{mS} - r}$$

Dans ce cas les températures à l'origine des fluides sont T_0 et t.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

4° *Si la paroi sépare une enceinte à température constante d'un fluide en mouvement*, les mêmes relations sont applicables.

a. Le fluide froid reste à une température constante :

$$\frac{1}{Q} = \frac{1}{K} + \frac{e}{c_1} + \frac{1}{K'} \; ; \; m = \frac{Q}{\alpha . P.C.}$$

$$T = t_0 + (T_0 - t_0)\, e^{-mS}$$

$$\rho = \frac{\alpha}{\beta}(1 - e^{-mS})$$

b. Le fluide chaud reste à une température constante :

$$\frac{1}{Q} = \frac{1}{K} + \frac{e}{c_1} + \frac{1}{K'} \; ; \; m = \frac{Q}{\beta . p.c.}$$

$$t = T_0 - (T_0 - t_0)\, e^{-mS}$$

$$c = \frac{t_1 - t_0}{T - t_0}$$

Ces relations, les seules trouvant leur emploi dans la pratique, ont été données dépouillées de toute démonstration et sous leur forme la plus simple.

On peut, de leur examen, conclure dès maintenant :

1° Qu'au delà d'une certaine limite il n'y a pas intérêt à augmenter la surface ; la quantité de chaleur transmise devenant faible en même temps que les refroidissements et les dépenses d'installation et d'entretien deviennent plus élevés ;

2° Qu'il y a intérêt, pour obtenir le rendement maximum, à ce que les deux fluides circulent en sens inverse l'un de l'autre, à faire ce que l'on appelle le *chauffage méthodique*.

TRANSPORT DE LA CHALEUR.

Température nécessaire au corps humain. — Les conditions climatériques de la France, où la température varie de 20° au-dessous de zéro à 40° au-dessus, sont telles qu'il est absolument nécessaire, pour maintenir le corps humain à sa température normale (37 à 38°), de recourir à des moyens artificiels de chauffage.

Le travail de digestion, le mouvement, les vêtements appropriés aux diverses saisons nous aident à compenser, en partie, les pertes

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

de chaleur provenant de l'excès de notre température sur celle de de l'extérieur.

C'est pourquoi il est suffisant de conserver une température relativement faible dans les locaux que nous habitons ;

14 à 15°C dans les ateliers et les casernes ;
16 à 17° dans les bureaux ;
16 à 18° dans les hôpitaux, dans les amphithéâtres de cours ;
19 à 20° dans les théâtres ;
12 à 14° dans les églises ;
15 à 16° dans les crèches, salles d'asile, écoles, prisons ;
17 à 19° dans les salles d'assemblée.

Moyens de maintenir la température du corps humain. — Pendant l'automne et l'hiver, ces températures ne peuvent être maintenues qu'en empruntant de la chaleur à la source dont il a été parlé : la combustion.

Souvent, la chaleur produite dans une enceinte spéciale (le *foyer*, que l'on étudiera plus loin au point de vue des qualités qu'il doit avoir) sera utilisée assez loin ou dans d'autres locaux que celui où est placé l'appareil de production : il faut donc pouvoir communiquer cette chaleur à des *récepteurs* ou *véhicules* pouvant la transporter assez rapidement afin que ce qui s'en perdra dans le parcours soit à peu près nul.

Il est évident, *à priori*, que ces véhicules ne pourront être que des fluides, et encore sera-t-il nécessaire qu'ils se trouvent facilement et à peu de frais dans la nature.

Ils seront donc de ce fait peu nombreux et se présentent de suite à notre esprit : ce ne peuvent être que l'air, l'eau et la vapeur d'eau, qui tous trois existent tout formés et en abondance.

Ces fluides doivent d'abord recevoir une quantité importante de chaleur qu'ils apporteront, en circulant dans des conduites appropriées, aux endroits à chauffer ; car, par suite du principe de l'équilibre des températures, ils transmettront la chaleur qu'ils possédent, cause de leur excès de température sur celle de l'enceinte à chauffer.

Les *conduites* ou *canaux de circulation* ne seront évidemment pas quelconques ; ils seront, comme nature des matériaux, forme,

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

chemin parcouru, fonction des fluides transportés, de la manière dont ces fluides chauffent les enceintes, c'est-à-dire du mode de transmission de chaleur qui se produira ; il est donc nécessaire d'étudier les diverses propriétés des véhicules de chaleur indiqués : air, eau, vapeur d'eau.

AIR

Ses propriétés. — L'air est le fluide gazeux qui nous entoure, que nous respirons et qui, par son oxygène, fournit le comburant nécessaire pour transformer le sang veineux, c'est-à-dire vicié, en sang artériel, c'est-à-dire pur, propre à la vie.

Il contient environ 21 0/0 d'oxygène et 79 0/0 d'azote, gaz inerte, irrespirable venant contre-balancer la trop grande affinité de l'oxygène pour les combustibles. (En ces derniers temps, on a découvert dans l'air un troisième gaz, l'*argon*, dont les propriétés semblent être absolument négatives.)

La pression normale de l'air, correspond au poids d'une colonne de mercure de 0 m. 760 de hauteur, il pèse 1 gr. 293 par décimètre cube ; sa chaleur spécifiqueest 0 c. 2377, son coefficient de dilatation 0,00267 ; il est très compressible ; nous ne le connaissons, qu'à l'état gazeux.

Sa chaleur spécifique élevée, qui permet de lui fournir, sous un poids restreint, une grande quantité de chaleur, son coefficient de dilatation important qui a pour conséquence une diminution de densité et une vitesse d'écoulement notables, en font un auxiliaire souvent avantageux pour le transport du calorique ; toutefois la distance à laquelle on peut l'utiliser économiquement est faible.

A cause de son faible poids, il en faut un volume important pour emmagasiner une quantité notable de chaleur, ce qui nécessite des conduites de circulation de forte section, ayant un grand périmètre de parois et donnant lieu, dans les enceintes traversées mais non à chauffer, à des pertes par conductibilité appréciables.

Les frottements contre les surfaces des parois sont grands, et comme l'air ne peut être élevé à une température supérieure à 90°, pour la conservation des meubles placés dans les locaux chauf-

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

fés, la distance de transport est faible ; elle est fonction de la puissance du foyer, mais dépasse rarement 12 à 15 mètres.

Mode de chauffage par l'air. — Le chauffage au moyen de l'air se fait par mélange ; l'air chaud, vu sa densité plus faible que celle de l'air de l'enceinte à chauffer, tend à pénétrer dans celle-ci où il vient déboucher et se mélange à l'air froid, dont il élève la température.

EAU

Ses propriétés. — L'eau est un fluide liquide composé de deux volumes d'hydrogène pour un volume d'oxygène, soit de 16 gr. d'oxygène et 2 gr. d'hydrogène.

C'est, après l'air, le fluide le plus répandu sur le globe terrestre, dont il occupe environ les 3/4 de la surface.

Dans la détermination des densités des solides et des liquides, on l'a pris comme terme de comparaison ; sa densité est prise égale à 1, à + 4° C.

Sa chaleur spécifique a été aussi prise pour l'unité.

Son coefficient de dilatation varie avec la température suivant une loi complexe.

L'eau entre en ébullition à 100° sous la pression atmosphérique équilibrée par une colonne de mercure de 760 mm. de hauteur, et passe alors à l'état de vapeur.

L'eau a une propriété remarquable et spéciale ; elle augmente de volume, elle se dilate en passant de l'état liquide à l'état solide. C'est un inconvénient qui oblige à préserver les conduites des atteintes du froid.

Mode de chauffage par l'eau. — Employée à l'état liquide, comme véhicule de chaleur, on ne peut pas, en principe, chauffer l'eau à une température atteignant 100° : dans les chauffages dits par thermo-siphons, fonctionnant à l'air libre, on ne dépasse pas la température de 90°.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

L'eau circule alors dans des conduites en métal de gros diamètre, ayant par conséquent de fortes pertes par conductibilité.

La circulation s'établit en vertu de la différence des densités de l'eau chaude et de l'eau froide.

La transmission de chaleur, dans le cas où le véhicule est l'eau sans changement d'état, se fait par conductibilité et rayonnement des parois de la conduite.

L'eau, ayant une chaleur spécifique élevée, emmagasine, sous un faible poids, une grande quantité de chaleur ; les tuyaux sont de sections relativement faibles, comparées à celles des conduites de chauffage par l'air ; toutefois il y a des pertes notables en route au travers des parois dans les enceintes traversées et non à chauffer ; on diminue ces pertes en entourant ces tuyaux de corps mauvais conducteurs formant des enveloppes dites isolantes.

Pour éviter de donner, aux conduites de chauffage par l'eau, une section trop grande, on utilise l'eau sous pression ; les conduites sont alors fermées et non en communication avec l'air.

L'eau est chauffée à une température atteignant jusqu'à 600° ; la pression, dans les canalisations, correspondant à celle de l'eau à cette température, il n'y a pas de changement d'état.

Avec l'eau on peut chauffer dans un rayon beaucoup plus grand qu'avec l'air ; toutefois, pour réaliser une installation économique, pratique, et surtout élastique, il y a à prendre de nombreuses précautions que l'on indiquera lors de l'étude détaillée de ce procédé.

VAPEUR D'EAU

Ses propriétés. — Le troisième et dernier véhicule de chaleur, utilisé dans le chauffage de nos habitations, est la vapeur d'eau.

Lorsque l'on chauffe de l'eau dans un vase ouvert, il se produit presque immédiatement, dans le sein du liquide, de petites bulles fines qui sont formées d'air ; puis, en continuant à chauffer, lorsque la température de la masse a atteint 100°, de grosses bulles viennent crever à la surface et l'eau entre en ébullition, en se transformant en vapeur, dont la température reste constante à 100°, sous la pression de 760 m/m. de mercure.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Si le vase est hermétiquement clos, la température de la masse liquide peut dépasser 100°, sans que l'eau entre en ébullition ; l'espace libre du vase se remplit de vapeur dont la pression s'exerce sur la surface de la masse liquide et empêche la formation de bulles au sein du liquide.

De ce que la température reste constante pendant toute la durée de l'ébullition, on conclut qu'il y a une quantité de chaleur emmagasinée par le liquide, chaleur employée uniquement à produire le changement d'état ; c'est ce que l'on appelle la *chaleur latente de vaporisation.*

A égalité de température, la vapeur d'eau contient donc beaucoup plus de chaleur que l'eau qui l'a produite. C'est grâce à cette chaleur latente que la vapeur est le meilleur et le plus économique des véhicules de chaleur, celui qui peut être employé pour la distribution dans les grands rayons.

La chaleur totale de vaporisation de l'eau à T° est donnée par la relation

$$Q = 606{,}5 + 0{,}305\ T$$

Mode de chauffage par la vapeur d'eau. — La vapeur d'eau, employée comme véhicule de chaleur, circule dans des conduites en métal et chauffe par conductibilité et rayonnement.

La vitesse d'écoulement de la vapeur étant assez considérable, la section des conduites est faible, ce qui permet de les placer partout sans encombrer les appartements et sans choquer la vue ; de plus, la vapeur se prête facilement à toutes les exigences d'une installation domestique où les locaux, d'après leur destination, doivent être chauffés à des températures diverses, à des moments différents, et cela quelle que soit la distance qui sépare ces locaux du lieu de production de la chaleur. Le rayon de distribution de la chaleur par la vapeur peut atteindre 200 à 250 mètres.

ÉCOULEMENT DES FLUIDES VÉHICULES DE CHALEUR

Vitesses d'écoulement d'un liquide dans divers cas. — Si, dans un vase ouvert à l'air, on met un liquide s'élevant jusqu'à

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

une certaine hauteur et qu'à la partie inférieure du vase on perce un orifice de petite dimension, le liquide s'échappe à l'extérieur avec une vitesse théorique :

$$V = \sqrt{2gh} = \sqrt{2g} \times \sqrt{h}$$

g étant la valeur de l'accélération due à la pesanteur soit 9 m. 8060 à Paris ($\sqrt{2g} = 4{,}4286$).

h la distance entre le centre de la veine fluide qui s'écoule et le niveau du liquide dans le vase. Cette hauteur s'appelle *la pression* ou *la charge* du liquide ; c'est elle qui produit l'écoulement.

Si le vase est hermétiquement clos à sa partie supérieure, et que sur la surface du liquide s'exerce une pression supplémentaire, dont l'excès sur la pression atmosphérique ou de l'enceinte où se fait l'écoulement soit E, la charge est :

$$H = h + E$$

h et E doivent être mesurés de la même façon, c'est-à-dire en hauteur du fluide qui s'écoule.

Considérons maintenant un tube vertical fermé et rempli d'eau ; si l'on vient à chauffer ce tube à la partie inférieure il s'établit à l'intérieur une circulation active provenant de ce que le liquide chaud, ayant une densité moindre que le liquide froid, tend à s'élever tandis que celui-ci tend à descendre.

Ici, il y a encore une pression ou charge cause du mouvement, et cette charge est égale à la hauteur d'eau correspondant à la différence des poids des deux colonnes chaude et froide.

Pertes de charge dans les conduites. — Quel que soit le fluide utilisé comme véhicule de chaleur, il circule dans des conduites de distribution, dont l'importance ou la section est fonction et de la distance du local à chauffer au foyer de production de chaleur et de la température à fournir dans ce local.

Les fluides, dans les conduites, subissent des *pertes de charge*, la *charge* étant la cause de la circulation qui s'établit.

Ces pertes de charge proviennent des frottements du fluide contre les parois des conduites et des sinuosités du parcours de ces conduites.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Des différentes causes amenant les pertes de charge. — Il est intéressant de déterminer la nature des matériaux et la forme de cette canalisation de façon à réduire au minimum les pertes de charge.

Indiquons comment l'on peut déterminer celles-ci, en faisant ressortir la valeur des pertes pour les différentes causes : *frottement, changements de direction*, *de section*, etc.

Frottement. — Le *frottement* se manifeste de la périphérie de la conduite au centre.

Les molécules en contact avec les parois de la conduite éprouvent, du fait de leur frottement contre celles-ci, un retard de vitesse qui donne à son tour naissance à un frottement de moindre importance entre les molécules de diverses vitesses. La vitesse se trouvera donc maxima au centre, et ira en diminuant jusqu'à la périphérie du tuyau de circulation.

s étant la section de la conduite, la vitesse moyenne dans celle-ci est celle qui, multipliée par la section, donne le volume de fluide écoulé.

L'influence du frottement peut être pratiquement mise en évidence en branchant sur la conduite, et à des distances différentes à partir du récipient de fluide, des manomètres ou indicateurs de pression. Les hauteurs mamométriques vont constamment en diminuant de l'origine à la fin de la conduite.

La perte de charge, due au frottement, est proportionnelle à la longueur, au périmètre, inversement proportionnelle à la section du tuyau et proportionnelle à la vitesse du fluide.

Le coefficient de proportionnalité dépend de la nature plus ou moins rugueuse de la surface intérieure des parois, des modes d'assemblages, des diamètres des tuyaux, etc...; on l'appelle le *coefficient de frottement*.

Changements de direction. — Lorsqu'un fluide s'écoule par une conduite changeant brusquement de direction en un point, il se produit des perturbations dans l'écoulement à l'endroit du coude; il y a des remous, qui produisent aussi une perte de charge.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Les expériences, en très petit nombre du reste, qui ont été faites pour apprécier les influences de ces changements de direction, ont amené à conclure que la perte de charge, provenant de ce fait, est proportionnelle au carré de la vitesse du fluide dans le tuyau, le coefficient de proportionnalité dépendant de l'angle du coude.

Jusqu'à un angle de 20° la perte est peu sensible.

Quand *deux coudes à angle droit* se suivent à peu de distance, il peut se présenter trois cas :

1° Les *deux coudes sont dans un même plan, mais la conduite revient sur elle-même* : l'influence des deux coudes sur la charge est la même que s'il n'y en avait qu'un (fig. 1, *a*) ;

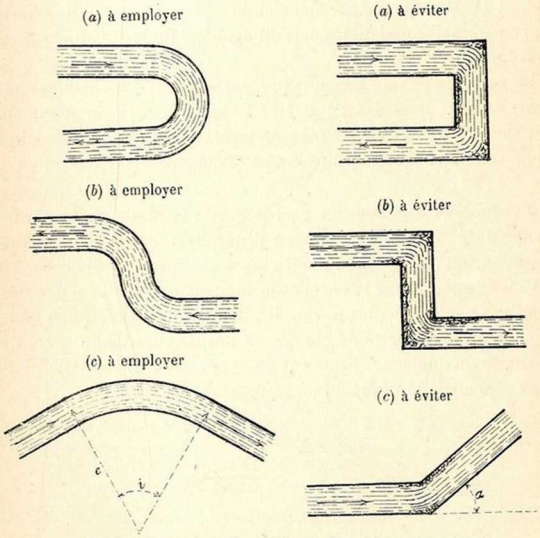


Fig. 1. — Dispositions des conduites d'écoulement des fluides.

2° Les *deux coudes sont dans le même plan mais la conduite, après déviation à angle droit, reprend sa direction primitive* : la perte de

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

charge est la somme des pertes causées par chacun des coudes pris séparément (fig. 1, *b*);

3° Enfin les *deux coudes sont dans deux plans perpendiculaires* ; la perte de charge pour les deux coudes est une fois et demie celle qui correspondrait à un seul coude.

Le coefficient de proportionnalité, entrant dans l'expression de la perte de charge, est non seulement fonction de l'angle du coude, mais encore fonction de la forme de ce coude ; quand le coude est arrondi la perte de charge est moindre que lorsque le coude est à angles ou arêtes vives.

D'après les expériences de Weissbach, dans le cas de coudes arrondis, la perte de charge dépend, non plus seulement de l'angle du coude, mais aussi du rapport du diamètre du tuyau au rayon de courbure du coude.

La perte de charge produite par les coudes des conduites est généralement importante ; il faut réduire ceux-ci au minimum comme nombre et faire les raccordements des directions angulaires au moyen de courbes du plus grand rayon possible (fig. 1).

Changements de section. — Lorsque la conduite change brusquement de section, il se forme, à l'endroit de ce changement, des tourbillons et remous produisant encore une perte de charge.

Le fluide peut, dans le sens de son mouvement, passer d'une section dans une autre plus petite, il y a alors une *contraction* de la veine fluide et la perte de charge est proportionnelle au carré de la vitesse du fluide, le coefficient de proportionnalité dit de *résistance* dépend de la forme du raccordement.

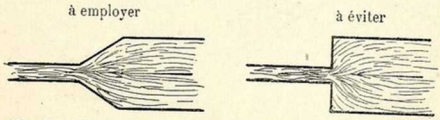


Fig. 2. — Disposition des conduites d'écoulement des fluides.

On aura toujours intérêt à faire celui-ci en tronc de cône, car alors le coefficient de résistance est fonction de l'angle au sommet du cône (fig. 2).

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Le passage se faisant d'une petite section dans une plus grande, la perte de charge est proportionnelle au carré de la différence des vitesses dans deux sections.

Le raccordement doit encore être fait par un tronc de cône dont l'angle au sommet sera aussi faible que possible.

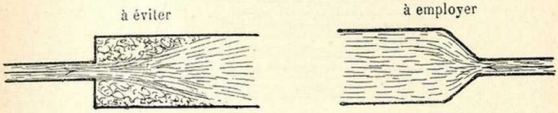


Fig. 3. — Disposition des conduites d'écoulement des fluides.

Les conduites peuvent, par suite de nécessités spéciales d'installation, être rétrécies sur une partie de leur longueur, la perte de charge entre les deux extrémités de la partie de plus faible section est produite par la contraction à l'entrée du rétrécissement, le frottement dans le tuyau de petit diamètre, le rélargissement à l'autre extrémité. Ces trois causes de perte donnent une influence considérable aux diminutions de section.

Toutefois si la partie rétrécie a une faible longueur (cas d'un registre ou d'une vanne à papillon placée sur une conduite), l'influence du frottement disparait et il ne reste que les effets de contraction et d'élargissement qui sont analogues à ceux d'un changement de direction (fig. 4).

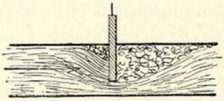


Fig. 4. — Disposition des conduites d'écoulement des fluides. Effet d'un registre.

L'effet d'un registre est d'autant moins sensible que les autres résistances sont plus grandes.

Dans certains appareils industriels, les gaz passent dans un grand nombre de tuyaux de faible section, formant ce que l'on appelle un faisceau tubulaire (fig. 5), la perte de charge par frot-

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

tement est celle qui a lieu pour un seul des petits tubes, car la vitesse étant commune à chacun d'eux la résistance par frottement est la même pour un seul que pour un nombre quelconque formant faisceau.

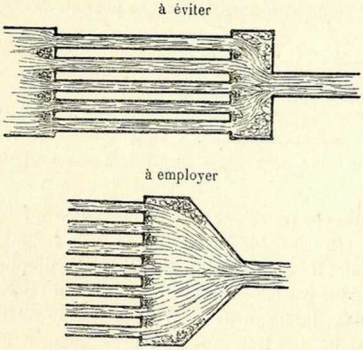


Fig. 5. — Disposition des conduites d'écoulement des fluides.

Pour avoir la perte de charge totale, il y a à tenir compte, en outre, d'une contraction et d'un élargissement de la conduite avant et après le faisceau tubulaire.

Le passage dans un faisceau tubulaire produit un accroissement de résistance considérable.

La canalisation peut quelquefois être élargie sur une partie de sa longueur ; les pertes de charge se déterminent alors de la même façon que dans le cas du rétrécissement, car elles ont les mêmes causes, mais se produisent en sens inverse.

Pertes de charge à travers un combustible. — Quand l'air arrive sous une grille chargée de combustible, il subit une perte de charge, de par la résistance qu'il rencontre à son passage.

Cette perte est fonction de la vitesse de l'air, de la nature et de l'état du combustible ; elle est beaucoup plus importante avec de la fine grenue qu'avec du coke, avec un combustible en ignition

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

qu'avec un combustible froid, avec un combustible gras, qu'avec un combustible demi-gras ou maigre.

Elle varie du reste à chaque instant et diminue à mesure que le combustible se transforme en coke.

Ces remarques ont leur importance pour la détermination des foyers.

Nécessité de réduire les pertes de charge. Conditions à réaliser. — Il est indispensable de réduire au minimum, dans une conduite de chauffage, les résistances au mouvement des fluides, résistances qui obligent, pour donner un résultat demandé, à augmenter la vitesse et par conséquent la charge à l'origine et la dépense.

Dans ce but, il faut en principe augmenter la section des conduites ; il arrive toutefois un moment où, à cause des frais d'installation, de l'espace occupé, des surfaces exposées au refroidissement, et des pertes de chaleur qui s'accroissent, les dépenses augmentent si l'on prend une section plus forte.

Il existe donc, dans chaque cas particulier, une section d'économie maxima que l'on doit rechercher et qui ne peut du reste être déterminée que par tâtonnement.

Quelle que soit la section employée, on doit toujours chercher à se rendre de l'origine au point de distribution par le chemin le plus direct, sinon le plus court, c'est-à-dire qu'il faut éviter les coudes, et, si on est obligé d'en employer, les arrondir avec un rayon aussi grand que possible.

Les changements de section doivent être réduits au plus petit nombre, et les raccordements entre les conduites de différents diamètres, faits au moyen de troncs de cônes allongés dont les angles au sommet sont déterminés : 30° environ pour passer d'une grande section à une plus petite ; et 70° pour passer d'une petite section à une plus grande.

Les conduites doivent être de préférence de forme circulaire. Si elles ont une section rectangulaire, les angles intérieurs seront arrondis.

Les surfaces de contact de la conduite avec le fluide seront toujours lisses et régulières.

ULTIMHEAT©
VIRTUAL MUSEUM

Branchements des conduites. — Si la conduite se divise en plusieurs branchements, il faut, pour que chacun d'eux donne bien passage à la quantité de fluide que l'on désire, prendre des dispositions spéciales à l'endroit de la bifurcation.

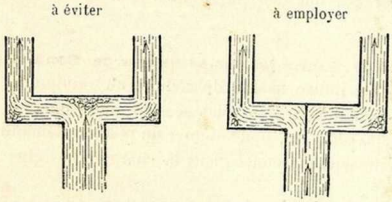


Fig. 6. — Disposition des conduites d'écoulement des fluides.

Dans le cas d'une division en deux branchements (fig. 6) il faut disposer une cloison intérieure dans la maîtresse conduite, afin de séparer les courants avant le changement de direction.

Si les bifurcations sont formées par une série de conduites secondaires parallèles, on sépare par une cloison, avant le changement de direction, chacune des fractions de courant devant passer dans chaque branchement (fig. 7).

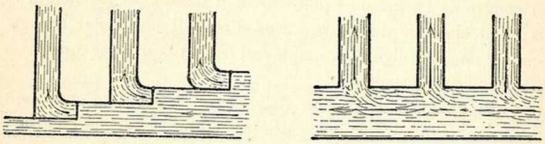


Fig. 7. — Disposition des conduites d'écoulement des fluides.

De même, lorsque plusieurs courants doivent se réunir en un seul, il y a lieu de prendre certaines dispositions spéciales au point de rencontre.

Les fluides à réunir ne doivent être mis en contact que lorsqu'ils ont déjà pris la même direction (fig. 8). C'est ainsi que, pour plusieurs foyers venant déverser leurs fumées dans un même

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

conduit, il ne faudra pas faire déboucher perpendiculairement les divers tuyaux de fumée dans le carneau principal, mais on devra au préalable les infléchir pour que les courants ne se mélangent que lorsqu'ils ont pris des directions parallèles (fig. 9).

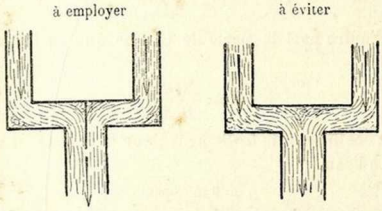


Fig. 8. — Disposition des conduites d'écoulement des fluides.

Pertes de charge dans le cas de la vapeur d'eau. — Le fluide considéré étant la vapeur d'eau, la valeur de la perte de charge est plus complexe qu'avec l'air et l'eau. En supposant la conduite rectiligne et de section constante les pertes sont de deux sortes :

1° celles dues au frottement de la vapeur contre les parois ;

2° celles résultant de la condensation de la vapeur produite par suite du refroidissement par la surface du tuyau.

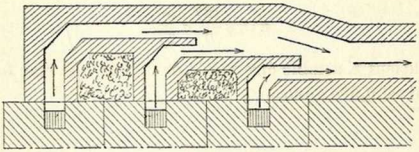


Fig. 9.—Disposition à employer pour réunir plusieurs foyers à une même cheminée

Cette dernière perte de charge peut s'écrire, la canalisation étant cylindrique :

$$E_r = \frac{4 \times 10{,}334\, nlw}{1000 D v d}.$$

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

n. Pression de la vapeur en atmosphères à l'origine.

l, D. Longueur et diamètre de la conduite.

d. Densité de la vapeur.

v. Vitesse moyenne dans la conduite.

w. Poids de la vapeur condensée par seconde et par m² de surface de tuyau.

Comme d'autre part la perte de charge due au frottement est connue

$$E_f = \frac{4Kl}{D}\frac{dv^2}{2g}$$

K étant le coefficient de frottement pour la vapeur, d sa densité par rapport à l'eau.

$$g = 9 \text{ m. } 8060,$$

on peut déterminer la somme des deux pertes, leur influence respective et la vitesse moyenne d'écoulement correspondant au minimum de ces pertes. Cette vitesse est fournie par la relation :

$$v = 53{,}92\sqrt{\frac{w(1+\alpha t)^2}{Kn}}$$

α est le coefficient de dilatation de la vapeur à la température t correspondant à la pression n atmosphères.

La perte de charge (minimum) qui est la conséquence de cette vitesse

$$E = 3\frac{4Kl}{D}\,d\,\frac{v^2}{2g}$$

Le coefficient K semble être voisin de 0,0322, soit cinq fois celui de l'air qui est 0,006 environ.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

DU CHAUFFAGE

Des différents modes de chauffage. — Dans les lieux habités, appartements, bureaux, ateliers, magasins, il est indispensable de maintenir, par un moyen quelconque, une température déterminée, indispensable pour que les fonctions vitales s'accomplissent normalement.

On réalise ce but par l'emploi des appareils de chauffage.

Ceux-ci peuvent être placés dans le local à chauffer, et l'élévation de température est obtenue soit presque totalement par le rayonnement (c'est le cas des cheminées ordinaires), soit par conductibilité (c'est le cas des poêles en céramique ou en fonte).

L'appareil de chauffage est quelquefois loin des locaux à chauffer, et l'élévation de température résulte du mélange de deux fluides, l'un chaud et l'autre froid : c'est le cas du chauffage à air chaud ou de la conductibilité et du rayonnement ; surtout, des surfaces métalliques, placées dans chaque local, et dans lesquelles circule un fluide ou véhicule préalablement chauffé ; c'est le cas des chauffages à eau chaude à basse pression (*thermosiphon*), ou à haute pression (*microsiphon*), de la vapeur à haute pression ou à basse pression (*thermocycle*).

Constitution des appareils de chauffage. — Quel que soit le mode employé, un appareil de chauffage comprend toujours trois parties ;

1° Le *foyer* dans lequel s'effectue la combustion et d'où se dégage la chaleur.

2° Le *récepteur ou véhicule de chaleur*, qui reçoit le calorique dé-

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

gagé dans le foyer, pour le transmettre, à son tour, aux corps qui doivent s'échauffer, etc.

3° Le *tuyau de fumée*, dit *cheminée*, qui donne issue dans l'atmosphère aux gaz de la combustion, détermine en même temps le tirage et par conséquent l'aspiration, sous la grille et sur le combustible, de la quantité d'air nécessaire à la combustion.

Le combustible ne peut être mis dans le local à chauffer sans être entouré d'une enveloppe spéciale, car la combustion produisant du gaz oxyde de carbone, poison violent, et de l'acide carbonique, gaz asphyxiant, il ne faut pas que ces produits se mélangent à l'air que respirent les personnes placées dans le local chauffé; il est donc nécessaire d'avoir une enceinte spéciale où s'effectuera la combustion, c'est le *foyer*.

Ces gaz délétères doivent être évacués de façon à ne pas nuire à la santé publique, il faut donc établir des conduits spéciaux d'écoulement dans l'atmosphère, afin de les rejeter à des hauteurs telles que leur mélange avec l'air respirable se fasse sans inconvénient, c'est le rôle de la *cheminée* et des *carneaux de fumée*.

Quant au *récepteur*, ce peut être ou l'air de la pièce même à chauffer ou un des fluides dont il a été parlé précédemment, mais il existe toujours.

Soins à apporter dans l'établissement d'un appareil de chauffage. — L'action de la chaleur sur les matériaux est double, elle est destructive par elle-même et par les efforts de pression, de traction, de flexion, etc... dont elle est la cause.

Les appareils de chauffage doivent donc être établis avec soin, les matériaux employés choisis avec discernement, de façon que les mouvements qui se produisent fatalement par les effets de la dilatation ne compromettent ni la solidité, ni la bonne marche de l'appareil.

Ils doivent toujours être facilement visitables et nettoyables; dans les conduits de fumée, il se dépose, en effet, des poussières solides, suies, cendres, qu'il faut pouvoir enlever, sans quoi elles arriveraient à boucher les carneaux ou bien à prendre feu et à donner naissance à ce que l'on appelle le feu de cheminée.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Enfin un appareil de chauffage doit être fait dans le but de la plus grande économie de combustible, le foyer disposé au point de vue des formes et des dimensions de façon à réaliser la combustion aussi complète que possible, et le récepteur afin d'utiliser la plus grande quantité de la chaleur produite.

Qualités d'un appareil de chauffage. — Le chauffage des lieux habités est, pour l'ingénieur, l'un des problèmes les plus difficiles à résoudre : il est des plus complexes vu les qualités indispensables qu'il a à remplir.

De grands progrès ont déjà été réalisés, et l'on commence à comprendre qu'une des premières conditions de vitalité de l'individu se trouve dans un bon chauffage, au point de vue de l'hygiène surtout.

On demande à un système de chauffage :

1° *D'être économique d'installation* ; il n'est, en effet, pas habituel de sacrifier une somme un peu importante pour l'installation des appareils de chauffage.

On préfère faire des dépenses pour des ornements extérieurs, ayant leur valeur, au point de vue de la décoration des villes, mais pouvant souvent être réduits et laisser disponibles des crédits que l'on pourrait employer plus utilement.

2° *D'être très élastique*, c'est-à-dire de se prêter aux variations de la température extérieure, lesquelles peuvent être assez brusques et quelquefois très importantes.

Il est nécessaire de maintenir dans l'intérieur des locaux une température constante alors que celle de l'extérieur est variable, il faut donc pouvoir augmenter ou diminuer le chauffage suivant les nécessités externes.

3° *D'être peu encombrant*, car dans les villes, où le terrain est cher, les logements et appartements sont généralement restreints de surface et il est indispensable que les accessoires (le chauffage en est un) prennent le minimum d'espace.

4° *D'être artistique*, c'est-à-dire de pouvoir être établi dans des

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

pièces meublées luxueusement sans nuire à l'ornementation produite par les meubles, tapisseries, tentures, etc.

5° *D'être hygiénique,* par conséquent de laisser à l'air des locaux toutes ses propriétés au point de vue de la respiration, de ne pas lui mélanger des fumées ou gaz délétères, le dessécher ni le saturer d'humidité, de ne pas être cause de courants froids dangereux s'établissant dans les locaux chauffés, etc.

6° *D'être économique d'exploitation*, c'est-à-dire de dépenser peu de combustible, d'être construit de façon à ne pas être sujet à des réparations importantes, placé pour ne pas détériorer l'ameublement des locaux qu'il chauffe.

7° *De bien chauffer*. Ceci semble être une ironie. Cettte qualité est cependant difficile à réaliser comme on le verra en examinant, dans leurs principes d'établissement et de construction, les différents appareils de chauffage ; il en est peu, en effet, qui chauffent bien, c'est-à-dire qui remplissent le but qu'on leur demande.

Puissance d'un appareil de chauffage. — Un système de chauffage doit être économique dans son installation : il faut donc qu'il produise seulement la chaleur indispensable au chauffage des locaux ; il est nécessaire, par conséquent, de déterminer cette quantité de chaleur, et pour cela, de savoir comment elle est utilisée.

Quand on chauffe une enceinte à température variable par une source de chaleur constante, la température dans l'enceinte devient elle-même invariable, on dit alors que le régime est établi.

Si le séjour dans le local est intermittent, il faut d'abord fournir la chaleur nécessaire à l'état de régime, puis quand celui-ci existe, il doit être maintenu et l'équilibre entre la chaleur fournie et la chaleur perdue doit être assuré.

La chaleur perdue comprend les pertes de chaleur à travers les parois séparant l'enceinte à chauffer de locaux froids, et la chaleur absorbée par l'air de ventilation.

L'air de ventilation est celui que l'on est obligé de prendre à

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

l'extérieur pour maintenir, aussi pur que possible, c'est-à-dire apte à fournir aux organes l'élément de reformation qui leur est indispensable, l'atmosphère des locaux habités.

Cet atmosphère doit, dans ce but, renfermer une proportion d'acide carbonique assez proche de celle que contient normalement l'air ordinaire, soit au maximun, quatre à six millièmes ; il ne doit pas être saturé de vapeur d'eau ni porter en suspension de matières organiques.

Une personne adulte fait en moyenne 17 ou 18 aspirations par minute, ce qui correspond environ à 500 litres d'air vicié expiré par heure. Cet air se mélange à celui des locaux dont il ne peut être séparé, c'est pourquoi il est nécessaire, dans une enceinte habitée, de fournir, pour la respiration, au moins 12 à 1500 litres d'air pur par heure et par individu occupant l'enceinte.

Chaque personne, par les transpirations pulmonaire et cutanée, expire une quantité de vapeur d'eau voisine de 62 grammes, en même temps qu'elle fournit à l'air ambiant et servant à l'échauffer, une moyenne de 70 calories disponibles.

Au moment de l'éclairage, il y a en outre production, par les appareils (bougies, lampes, becs de gaz, etc.), d'une certaine proportion de gaz délétères et d'une quantité importante de chaleur ; le renouvellement de l'air doit donc être tel que la température dans le local ne dépasse pas sensiblement les limites indiquées antérieurement, en même temps que l'atmosphère en reste salubre.

Ce renouvellement ne doit pas toutefois être trop important, car il serait alors cause de courants pouvant être pernicieux.

De calculs et d'observations faites, il semble résulter qu'il est nécessaire de fournir par heure dans :

les hôpitaux, 60 à 70 mètres cubes d'air par personne,
les salles de chirurgie, 100 à 150 mètres cubes,
les ateliers, 50 à 60 mètres cubes,
les écoles d'enfants, 12 à 15 mètres cubes,
les classes d'adultes, 25 à 30 mètres cubes,
les salles de spectacles, 40 à 50 mètres cubes,
les ateliers insalubres, 90 à 100 mètres cubes.

Suivant la destination des locaux à chauffer, il y a lieu de tenir

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

compte de ces quantités d'air pur à fournir qu'il faudra charger de la chaleur nécessaire afin que, malgré ce renouvellement, la température dans les locaux soit et reste bien celle indiquée.

La chaleur que doit fournir l'appareil de chauffage est donc mathématiquement égale à la différence entre la somme des quantités de chaleur emportée par la ventilation et perdue au travers des parois, et la somme des quantités de chaleur apportées par la respiration des individus et par le fonctionnemt des appareils d'éclairage.

Ces dernières ayant été indiquées, il reste à déterminer les quantités de chaleur perdue.

La chaleur transmise par conductibilité, convection et rayonnement, à travers les parois, entre une enceinte chauffée et les enceintes environnantes, à des températures moins élevées, est fonction de la différence des températures des deux enceintes. Il est par suite nécessaire de savoir la température des locaux voisins de celui à chauffer.

Si la paroi sépare l'enceinte chauffée de l'atmosphère il y a lieu de connaître la température de celui-ci, laquelle dépend de l'époque et du climat.

L'appareil de chauffage devant pouvoir fournir la chaleur nécessaire dans les moments les plus froids, on calcule les pertes de chaleur en prenant comme température de l'air extérieur la moyenne des deux ou trois jours les plus froids de l'hiver.

Pour se rendre compte de la quantité de combustible indispensable, on prend la moyenne de la température pendant le temps où celle extérieure est descendue au-dessous de 10°, c'est en effet à partir de ce point que le chauffage des locaux devient nécessaire.

Pour les locaux non chauffés il y a lieu de distinguer entre ceux donnant sur l'air extérieur et munis de fermetures évitant l'accès constant de celui-ci ; car on suppose alors que leur température est la moyenne entre celle du local chauffé et celle de l'atmosphère ; et les locaux placés entre deux enceintes chauffées pour lesquels on admet comme température la moyenne entre celles des enceintes les entourant.

Ces hypothèses approximatives suffisent dans la pratique.

Elles sont aussi faites pour les plafonds et les planchers ; toute-

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

fois pour ceux-ci l'on a préféré établir des coefficients de transmission spéciaux avec lesquels les locaux chauffés sont supposés à la température de l'air extérieur.

Il y a exception pour les planchers séparant le rez-de-chaussée de la cave.

On sait, en effet, que dans les caves et sous-sols un peu profonds, la température est, en toute saison, à peu près constante et voisine de 10° ; on a adopté ce chiffre comme base, ce qui revient à dire qu'un plancher de rez-de-chaussée sépare toujours un local à chauffer à la température déterminée d'un local maintenu à une température de 10°.

Ainsi on connaît toujours la valeur de la différence des températures $(t - \theta)$ entrant dans les formules ci-après.

La transmission de la chaleur entre deux enceintes est régie par la loi de Newton (la température entre ces enceintes ne dépassant pas 20 à 25°) et par la loi de transmission de la chaleur par conductibilité.

On constate, qu'entre la paroi et l'air de l'enceinte chauffée, il y a une transmission par rayonnement et convection ; entre les deux faces de la paroi il y a transmission par conductibilité ; et entre la face de paroi et l'air extérieur il y a transmission par convection et rayonnement.

L'expression donnant la valeur de la chaleur transmise pendant une heure est donc :

$$M = SQ\,(t - \theta)$$

avec

$$\frac{1}{Q} = \frac{1}{K} + \frac{1}{K'} + \frac{e}{c_1}$$

et

$$K = r + f\,;\ K' = r' + f'$$

$t - \theta$ est connu ; il en est de même de $\frac{e}{c_1}$ car l'épaisseur, la nature, et par conséquent le coefficient de conductibilité des matériaux sont indiqués ; il ne reste que K et K' ; les coefficients de radiation sont fixes et fonction de la nature de la surface des parois ; il n'y a donc que f et f' de dépendances complexes qui sont inconnus.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Les expériences faites étant peu nombreuses et leurs résultats seulement approximatifs, chaque constructeur emploie les siens; toutefois, on admet généralement que, s'il n'y a pas mouvement mécanique de l'air ; pour des parois verticales, à l'intérieur $f = 4$, et à l'extérieur $f = 5$.

Ces valeurs sont assez hypothétiques, puisqu'elles dépendent de l'agitation de l'atmosphère, laquelle est variable.

On trouvera à la fin de l'ouvrage, à la suite des valeurs des coefficients de conductibilité, rayonnement, etc., une table des valeurs de Q employées ordinairement par les premières maisons de construction de France et de l'étranger (Allemagne), permettant de calculer les pertes de chaleur par les parois dans les cas usuels.

La surface S est toujours facile à déterminer, c'est celle de la paroi séparant les deux enceintes de températures différentes, l'une d'elles pouvant être l'atmosphère.

La quantité de chaleur à fournir à l'air de ventilation est aussi de détermination facile : on connait, d'après la destination du local le nombre de mètres cubes d'air à donner par heure, on sait quelles sont et la densité de l'air et sa chaleur spécifique, la quantité de chaleur nécessaire est donc fournie par la relation :

$$M_1 = V\delta c\,(t - \theta) = 0{,}307\ V\,(t - \theta);$$

t est la température de l'enceinte chauffée, θ celle de l'enceinte ou de l'atmosphère où l'on prend l'air de renouvellement, $\delta = 1.293$; $c = 0{,}2377$, V est le volume en mètres cubes de l'air à fournir pendant une heure.

Les surfaces refroidissantes sont les murs, les cloisons, les vitres, les planchers, les plafonds etc.

Outre les pertes précédentes, il y a encore lieu de tenir compte de celles inévitables dans le transport de la chaleur depuis le lieu de sa production jusqu'aux locaux chauffés ou d'utilisation, laquelle, dans une bonne installation, ne doit pas dépasser $\frac{1}{10}$ de la chaleur totale fournie par le combustible ; elle atteint cependant parfois $\frac{3}{10}$.

Pour faciliter la détermination des pertes de chaleur, on peut

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

dresser un tableau (voir à la fin de l'ouvrage) permettant de détailler chaque perte et de se rendre un compte exact de son importance.

Ce tableau est général et peut servir pour tous les systèmes de chauffage.

Nécessité du réglage des appareils de chauffage. — Une installation de chauffage doit être très élastique, car la variation de la température est très importante dans nos climats.

L'appareil de chauffage doit être disposé de façon à fournir la chaleur nécessaire lors des jours les plus froids, il en résulte que, lorsque la température extérieure sera supérieure à ce minimum, l'appareil sera trop puissant, donnera une quantité de chaleur trop grande et produira une température élevée pouvant avoir des conséquences néfastes pour l'individu ; de même, lorsque les appareils d'éclairage fonctionneront, ce qui n'a lieu qu'à certaines heures, la chaleur apportée par ceux-ci, venant s'ajouter à celle produite par le chauffage, il y a excès de température dans le local occupé ; il est donc indispensable de pouvoir, à certains moments, diminuer et même supprimer l'arrivée de chaleur dans certains locaux.

C'est là une question primordiale d'hygiène et de salubrité, mais c'est là aussi une des grandes difficultés du problème du chauffage.

En étudiant chaque système on verra les moyens employés pour réaliser cette condition et les résultats qu'ils ont donnés.

Les autres qualités énumérées comme devant être exigées d'un système de chauffage, tombant sous le sens, il n'y a pas lieu de s'y arrêter.

On peut dire toutefois que le jour où les appareils de chauffage possèderont vraiment les deux qualités : hygiène et économie tant d'installation que d'exploitation, il y aura pour beaucoup de personnes une grande amélioration des conditions de l'existence.

Dans les grandes villes il sera possible d'établir des systèmes permettant de chauffer, avec un seul foyer, tous les locaux d'un immeuble ; cette chaleur pourra être vendue aux locataires comme l'est l'eau, à l'heure actuelle, et la classe laborieuse, retenue par son travail hors de chez elle pendant toute la journée, sachant trouver en ren-

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

trant, sans attente, sans avoir à préparer un feu, la chaleur qui ranime, réjouit, fait trouver bon le far niente, empêche les enfants de pleurer sous la morsure du froid, la classe laborieuse sera plus fidèle à son foyer et la procréation, faite en dehors de l'exaltation alcoolique, redeviendra la source de la force et de la richesse pour le pays.

APPAREILS UTILISÉS POUR LE CHAUFFAGE DES HABITATIONS

Bien que les appareils de chauffage actuels demandent, pour être à la portée de tous et dans de bonnes conditions, de grandes améliorations, on peut dire que c'est en Europe que la science pratique des applications de la chaleur est le plus avancée.

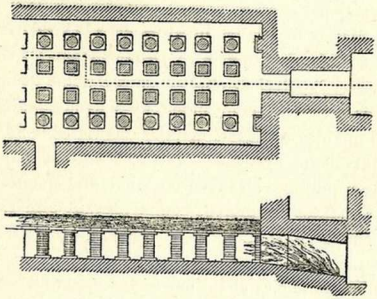


Fig. 10. — Hypocaustrum romain.

En Asie, où le climat rigoureux nécessite d'avoir recours aux procédés artificiels de la combustion pour la production de la chaleur, les appareils employés sont encore des plus rudimentaires ; en Chine on trouve surtout le *kang* ou lit de briques construit sur toute la largeur du local à chauffer et élevé au-dessus du sol de 0 m. 60 environ : ce lit qui est creux comme un four, a un foyer

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

ouvert à l'intérieur avec orifice de sortie à l'extérieur, on le chauffe avec du sorgho et des détritus végétaux de toutes sortes.

Dans les classes laborieuses on emploie encore un appareil semblable au brasero.

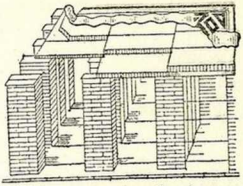


Fig. 11. — Vue souterraine d'un hypocaustrum.

En Perse, les classes aisées possèdent de grandes cheminées très ornementées, en forme de hottes, adossées aux murs et dans lesquelles on brûle de grandes bûches verticalement ; les classes pauvres se contentent d'un vase de métal placé dans un trou creusé au centre de la pièce et rempli d'un combustible quelconque ; la table est au-dessus de ce vase, de façon qu'assis l'on puisse s'étendre et se réchauffer les pieds au risque, du reste, d'être suffoqué par les gaz de la combustion.

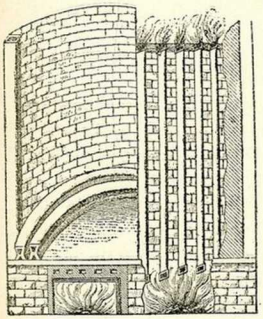


Fig. 12. — Laconicum romain.

Dans l'ancienne Rome on retrouve le chauffage par *hypocaustra* (fig. 10 et 11) c'est à-dire par de vastes foyers placés au-dessous des constructions et communiquant leur chaleur aux pavés et mosaïques qui couvrent le sol. On a souvent discuté la question de savoir si les Romains connaissaient les cheminées, certaines ruines permettent de conclure à l'affirmative (fig. 12).

Ce n'est toutefois que vers le moyen âge que l'on a eu l'idée de la cheminée ; en 1619 paraît le premier ouvrage complet de F.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Keslar sur les poëles et en 1624 l'ouvrage de Savot contenant déjà beaucoup des principes actuels.

Aujourd'hui les appareils de chauffage sont tous compris dans cinq classes :

Les cheminées à foyer découvert ;
Les poëles avec foyer ;
Les calorifères à air chaud ;
Les appareils à eau chaude ;
Les appareils à vapeur.

DES TUYAUX DE FUMÉE OU CHEMINÉES

Les appareils de chauffage, qu'ils soient placés dans l'enceinte à chauffer ou dans un local central, sont toujours munis d'un accessoire pour l'évacuation des gaz de la combustion.

Cet accessoire qui est le tuyau de fumée, appelé ordinairement cheminée, doit être établi avec certaines précautions indispensables pour son bon fonctionnement.

La cheminée a pour but de faire affluer. dans le foyer, sur le combustible, l'air nécessaire à la combustion.

C'est un simple tuyau vertical qui communique par ses deux extrémités, et, plus ou moins directement, avec l'atmosphère, et dans lequel se meuvent les gaz de la combustion. Ces gaz chauds, de densité inférieure à celle de l'air de l'atmosphère, ont une tendance à s'écouler dans celui-ci et produisent à la base de la cheminée un appel et par conséquent un mouvement ascendant dans le tuyau, mouvement plus ou moins rapide suivant la hauteur de la cheminée et l'excès de température des gaz chauds sur l'air extérieur. Cet appel porte le nom de *tirage* de la cheminée.

Les gaz de la combustion sont généralement un mélange très complexe, de composition variable d'après la nature du combustible et la quantité d'air employé à la combustion ; toutefois, à température et à pression égales leur densité est très voisine de celle de l'air.

Il existe une température qui donne le maximum pour le poids des

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

gaz écoulés et qui, par conséquent, correspond au maximum de tirage. Cette température semble être voisine de 300°.

Section de la cheminée. — La vitesse des gaz dans la cheminée est proportionnelle à la racine carrée de la hauteur de la cheminée et de l'excès de leur température sur celle du milieu où se fait l'écoulement ; le poids des gaz est proportionnel à la section et à la racine carrée de la hauteur de la cheminée.

Les deux valeurs V et P sont du reste facilement exprimées par les relations :

$$V = \sqrt{\frac{2gH\alpha(t-\theta)}{(1+\alpha\theta)(1+R)}}$$

$$P = 1000\,S\,\frac{d_0}{1+\alpha t}\sqrt{\frac{2gH\alpha(t-\theta)}{(1+\alpha\theta)(1+R)}}$$

d_0 est la densité de l'air à 0°, soit 1 gr. 293 ;

$g = 9{,}806$; θ température de l'air ambiant ($\sqrt{2g} = 4{,}4286$) ; t température des gaz ; α coefficient de dilatation de l'air de la combustion de θ à t^0 ; R somme des résistances totales dues au frottement, aux changements de direction, etc. ; H et S hauteur et section de la cheminée.

Il faut, pour avoir les valeurs de V et de P, connaître H et S. H est généralement, pour les habitations, fonction de la hauteur du bâtiment et de l'étage auquel se trouve situé le foyer (pour les industries, cheminées d'usines, H varie de 25 à 40 mètres et est déterminé d'après les conditions d'économie de construction), de plus les sinuosités de la cheminée sont connues et, par conséquent, aux frottements près, la valeur de R.

La section S est fonction du combustible brûlé dans le foyer, si s est la section de la grille et p le poids du combustible (houille ou analogue), brûlé par mètre carré de grille, on tire la section S par tâtonnements, de la relation :

$$ps = 500\,S\sqrt{\frac{H}{1+R}}$$

relation qui a été simplifiée en remarquant que 1 + R ne diminue

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

pas au-dessous de 12 et ne dépasse pas 40, soit une valeur moyenne de 25, et est devenue :

$$S = \frac{p\,s}{100\sqrt{H}} \text{ (relation de Montgolfier).}$$

La valeur $p\,s$ du poids de combustible à brûler par heure est fonction de la puissance que doit avoir l'appareil de chauffage et de la puissance calorifique de la houille ou analogue brûlé.

A égalité de puissance d'appareil de chauffage, la section de la cheminée, pour le bois, doit être de 23 0/0 plus grande que pour la houille.

La section S, déterminée par la relation de Montgolfier, la plus pratique, suffisamment exacte, est la section du sommet.

Section des carneaux de fumée. — La cheminée est généralement précédée de conduits ou carneaux disposés autour du récepteur de chaleur et dont il est intéressant de pouvoir déterminer la section S_1.

Cette section, en un point quelconque, doit être égale à la section S de la cheminée au sommet multipliée par la racine carrée du rapport inverse des modules de température, soit :

$$S_1 = S\sqrt{\frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t}}$$

t et t_1 sont les températures des gaz au sommet de la cheminée et dans la section considérée du carneau.

Ces quelques considérations et formules permettent de déterminer d'une façon suffisante, pour le résultat qu'on lui demande, la section de la cheminée.

Des causes qui peuvent influencer le tirage des cheminées. — Diverses causes extérieures peuvent influer sur le tirage des cheminées. Ce sont :

1° *Le voisinage de l'atmosphère* ; par suite de la transmission de chaleur se faisant, à travers les parois de la cheminée, entre les gaz de la combustion et l'air, il y a un refroidissement de ces gaz dont la conséquence est la diminution du tirage ;

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

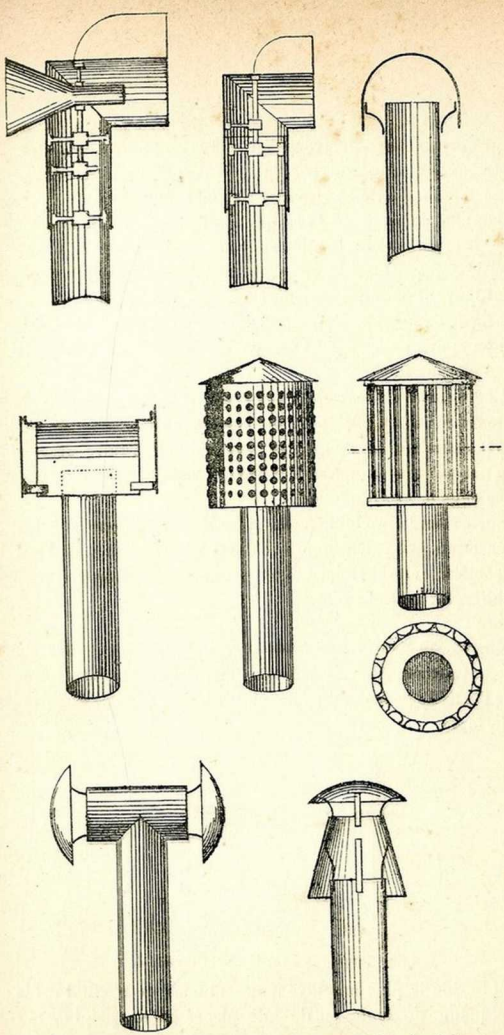


Fig. 13. — Mitres de différentes formes pour protéger les cheminées contre l'action du vent.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

2° *L'action du vent* qui, suivant sa direction, peut avoir une influence favorable ou défavorable ; le vent venant horizontalement est sans effet, dirigé de bas en haut il augmente le tirage, mais dirigé de haut en bas il vient frapper sur le courant gazeux s'échappant de la cheminée et diminue le tirage ; il peut même refouler les gaz dans la cheminée et inonder de fumée le local où est placé le foyer. Il existe un grand nombre d'appareils ou mitres (fig. 13) ayant pour but d'éviter cette cause de fumée ;

3° *Le degré hygrométrique de l'air* ; suivant que l'atmosphère est plus ou moins chargé de vapeur d'eau, la cheminée a un tirage moins ou plus fort ;

4° *La section de la cheminée* qui a une influence primordiale sur le tirage. Si cette section est trop considérable, il peut se produire dans la cheminée deux courants, l'un montant, l'autre descendant, et les gaz peuvent en partie être reflués vers la base, d'où cause de fumée dans le local du foyer.

Pour éviter la production de la fumée il faut donner à la cheminée une section déterminée d'après les nécessités de l'installation et munir cette cheminée, à son sommet, d'un appareil propre à annihiler les effets du vent.

Réglage du tirage des cheminées. — Le tirage des cheminées doit pouvoir être modifié, c'est même l'un des moyens de ralentir l'activité de la combustion et de diminuer la chaleur produite par le foyer.

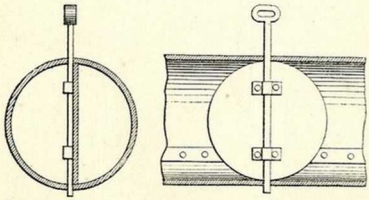


Fig. 14. — Registre de réglage pour tuyaux de fumée.

Le procédé le plus employé pour obtenir ce résultat est le registre, plaque de fonte ou de tôle placée en un point de la che-

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

minée et que l'on peut manœuvrer de l'extérieur de façon à diminuer plus ou moins la section de passage des gaz.

Le registre le plus simple est celui employé pour les tuyaux de poële (fig. 14) ; c'est un disque en tôle légèrement elliptique fixé sur une tige en fer qui traverse le tuyau de part en part, est prolongée d'un côté à l'extérieur pour se terminer par une manette permettant de faire tourner le disque autour de la tige et de fermer presque complètement si besoin est, la section du conduit.

Pour les grands fourneaux, calorifères, chaudières, à eau et à vapeur, on emploie des dispositions différentes.

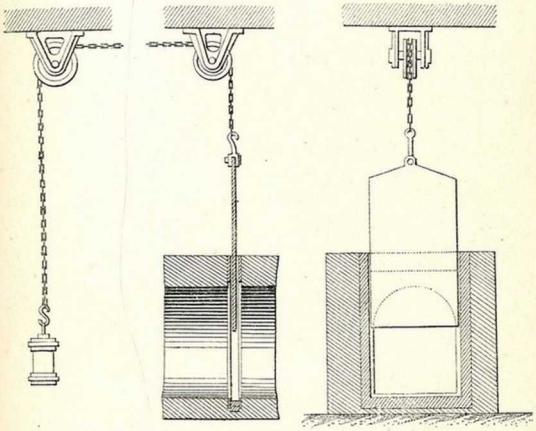


Fig. 15. — Registre de réglage pour carneau de fumée.

Dans la maçonnerie du carneau de fumée, on scelle un cadre dans lequel peut glisser une plaque métallique rectangulaire (fig. 15) pouvant fermer la section du carneau. Ce registre influe sur le tirage de deux manières :

1° Par la diminution de section qu'il permet d'obtenir ;

2° Par les rentrées d'air qui se produisent toujours par le jeu entre les glissières du cadre et le registre.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Cet air prend la place d'une partie des gaz de la combustion et refroidit ceux avec lesquels il se mélange.

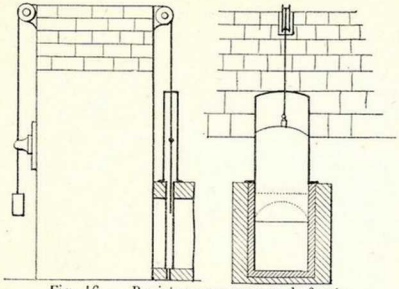


Fig. 16. — Registre pour carneau de fumée.

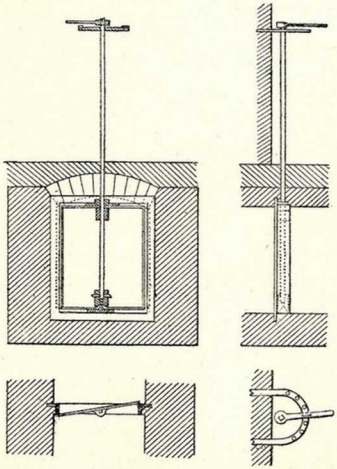


Fig. 17. — Registre tournant pour carneaux de fumée.

Toutefois ces rentrées d'air, qui ne peuvent être supprimées,

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

même quand le registre est complètement ouvert, sont généralement nuisibles, aussi emploie-t-on souvent une disposition un peu différente.

A l'endroit du registre, on ménage au-dessus du carneau un coffre en tôle dans lequel le registre peut venir se loger tout entier ; les rentrées d'air ne peuvent alors se produire que par l'ouverture nécessaire au passage de la tige ou chaîne de manœuvre (fig. 16).

Le mouvement du registre peut, pour les grands foyers, être tournant (fig. 17), comme pour un poêle, ou alternatif. Dans tous les cas, le registre étant placé à l'arrière du foyer, on établit un système de chaînes et de contre-poids permettant sa manœuvre de l'avant du foyer.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

CHEMINÉES A FOYER DÉCOUVERT

Aperçu historique (fig. 18 à 28). — Dans les cinq classes d'appareils de chauffage actuellement employées, les deux premières, c'est-à-dire les cheminées à foyer découvert et les poëles avec foyer, forment une grande division à part en ce qu'ils sont placés directement dans les locaux à chauffer, tandis que les appareils des trois autres classes sont généralement éloignés de ces locaux. A cause de cette particularité ils doivent satisfaire à des conditions spéciales.

En France, on désigne, par cheminée, indistinctement le foyer proprement dit, l'ornement en marbre ou autre qui surmonte ce foyer et le tuyau de fumée.

La cheminée à foyer découvert est l'appareil de chauffage qui a été le moins perfectionné depuis son origine, remontant au XVIe siècle.

On a cependant cherché un grand nombre de moyens pour réaliser les qualités indispensables qu'on lui demande, mais les inventeurs ont toujours tourné dans le même cercle sans aboutir. La cheminée n'utilise généralement que la chaleur rayonnante et encore l'utilise-t-elle mal, car elle ne fournit que de 5 à 10 0/0 de la chaleur totale contenue dans le combustible ; c'est donc un procédé de chauffage extrêmement onéreux.

C'est de la fin du premier quart du XVIIe siècle, que date vraiment la cheminée actuelle.

C'est à ce moment que l'on commence à employer les tuyaux de cheminée, à isoler du mur la plaque de fond du foyer, et à user des chambres de chaleur pour utiliser le mieux possible le combustible.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

On isole aussi l'âtre du plancher, et on termine la chambre de chaleur par des bouches placées sur le devant de la cheminée (fig. 18 à 20).

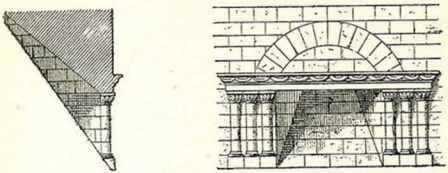


Fig. 18. — Cheminée anglaise du XVe siècle.

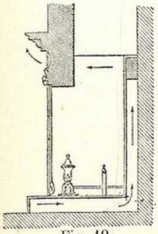


Fig. 19.
Cheminée de Savot (1621).

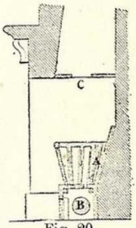


Fig. 20.
Cheminée de Winter (1658).

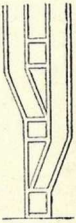


Fig. 21.
Cheminées dévoyées

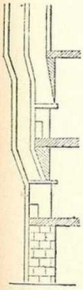


Fig. 22.
Cheminées adossées.

Vers la fin du XVIIe siècle, paraît l'habitude de dévoyer latéralement (fig. 21) les tuyaux de fumée, que jusqu'alors on avait adossés (fig. 22) les uns en avant des autres.

De cette époque aussi datent les indications des précautions à prendre à l'endroit du foyer dans la construction de la cheminée.

Enfin, au XVIIIe siècle, on commence à donner aux foyers une forme elliptique (fig. 23), dont l'avantage est d'utiliser plus complètement la radiation du calorique, et on divise la chambre de chaleur de façon que l'air froid, avant de sortir par les bouches de chaleur, circule tout autour du foyer.

On place ces bouches sur les côtés, et l'on prend

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

l'air à l'extérieur par deux ouvertures ou ventouses distinctes, l'une formant l'extrémité du conduit d'amenée d'air nécessaire à

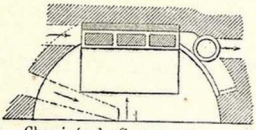


Fig. 23. — Cheminée de Gauger à forme elliptique.

la combustion, l'autre permettant la rentrée de l'air à chauffer pour le faire déboucher dans le local chauffé dont il renouvelle l'atmosphère d'une façon rationnelle (fig. 24).

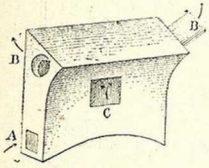


Fig. 24.
Foyer intérieur d'Hébrard (1756).

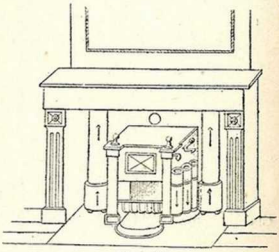
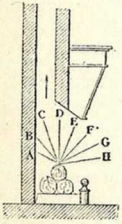


Fig. 25.
Cheminée de Desarnod (1789).



Cheminée ordinaire.

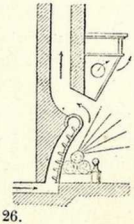


Fig. 26.
Cheminée perfectionnée,

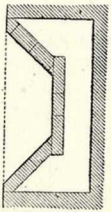


Fig. 27.
Cheminée de Rumfort (1790).

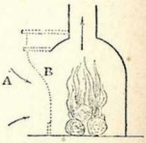


Fig. 28.
Théorie de la cheminée.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Il faut dire que de nos jours, dans les cheminées actuelles, on oublie souvent cette précaution, oubli dont les conséquences sont nuisibles comme on le verra plus loin.

Depuis 1713, on a apporté peu de perfectionnements à la cheminée précédente, sauf cependant l'inclinaison et le retrécissement du foyer, l'addition, aux parois formant la chambre de chaleur, de nervures destinées à augmenter la surface chauffante (fig. 26).

Conditions de salubrité pour le chauffage par cheminée. — Indépendamment de la question d'économie, que ne remplira jamais la cheminée, celle-ci doit, comme tous les appareils de chauffage, être salubre.

Pour cela, il est nécessaire qu'on puisse réduire au minimum l'air appelé de l'extérieur pour la combustion et le faire arriver non au-dessus, mais au-dessous du combustible. Il est bon que cet air soit au préalable réchauffé autour du foyer, puis circule dans le local à chauffer, avant d'être utilisé à la combustion.

Les ventouses doivent avoir une section suffisante pour laisser passer la quantité d'air nécessaire au remplacement de celui enlevé par le tirage de la cheminée ; les portes et les fenêtres ne doivent pas servir d'entrées pour l'air de ventilation,

La forme du foyer n'est pas indifférente ; l'appareil doit renvoyer dans le local chauffé le plus grand nombre de rayons calorifiques.

Pour avoir le plus d'économie relative, il est bon d'aménager le foyer de façon à pouvoir, par une simple modification de la grille, brûler du bois, du coke, de la houille, etc.

L'air de ventilation doit toujours arriver au bas de la chambre de chaleur, pour envelopper tout le foyer et s'élever en s'échauffant sur toutes les faces de cette chambre et particulièrement en haut du foyer, où se trouve le maximum de chaleur.

Avant de rentrer dans le tuyau de fumée proprement dit, il est nécessaire que les gaz de la combustion parcourent un chemin suffisant pour se débarrasser de toute la chaleur inutile au tirage.

Les entrées d'air et les sorties de gaz de la combustion doivent

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

être réglables au moyen de registres faciles de manœuvre et de visite.

Enfin, l'appareil doit être aménagé en vue d'un nettoyage de toutes ses parties.

Causes spéciales de fumée dans les cheminées. — Les cheminées étant placées dans les locaux chauffés, la fumée, qui a les plus grands inconvénients, peut être due aux causes suivantes :

1° *L'absence de prises d'air ou ventouses.* L'air du local qui sert à la combustion est évacué dans l'atmosphère, par le tuyau de fumée. Il est nécessaire de remplacer cet air sous peine de voir la combustion ne plus se continuer, les gaz déjà produits se refroidir et rentrer dans la pièce.

Un grand nombre de techniciens oublient les ventouses, ce qui, indépendamment de la production de fumée, est cause d'entrées d'air, aspiré par la cheminée, se faisant par les jeux et les fissures des fenêtres et des portes, et produisant des courants froids souvent cause de refroidissements, bronchites, etc., pour les personnes qui occupent le local chauffé.

On a vu comment devaient être placées ces entrées d'air. Il peut n'être pas possible de les aménager, et de réserver dans l'épaisseur des planchers les conduites d'amenée de l'air extérieur au foyer ; alors on fait ces prises sur une pièce voisine ou sur un corridor, on les place en haut et on divise l'air par des vasistas à vitres perforées et vitres pleines de façon à pouvoir en régler l'introduction.

2° *Le trop d'ouverture du foyer*, c'est pourquoi l'on a abandonné les grandes cheminées anciennes à jambages très écartés et à manteau très élevé.

3° *Les allumages simultanés de deux ou plusieurs foyers*, soit dans un même local, soit dans des locaux voisins se communiquant. Si ces foyers ont un tirage inégal et que les ventouses soient toutes de même section, il y a appel d'un foyer sur l'autre et production de fumée dans la pièce.

Ces causes sont spéciales aux cheminées à foyer découvert et

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

viennent s'ajouter à celles provenant directement du tuyau de fumée : hauteur insuffisante de celui-ci, sa sortie contre un mur

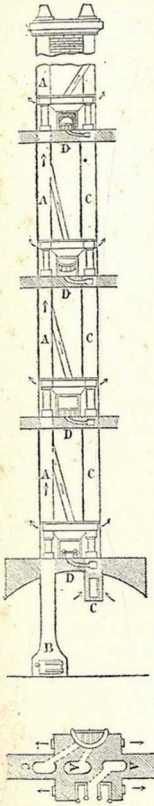


Fig. 29. — Tuyau unique de fumée pour plusieurs cheminées.

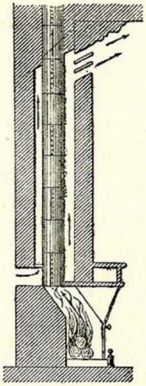


Fig. 30. — Utilisation de la chaleur des conduits de fumée.

élevé, sa section trop faible ou trop grande, l'action du vent, du soleil sur la souche, partie du tuyau de fumée dépassant le toit du bâtiment.

Il faut éviter d'avoir un tuyau de fumée commun à plusieurs cheminées (fig. 29), car ce peut être une cause de fumée.

Si plusieurs cheminées viennent dégager leurs gaz de combustion dans un tuyau unique d'évacuation, et que quelques-uns seulement des foyers soient allumés, les autres n'étant pas isolés du tuyau unique de fumée par la fermeture de trappes spéciales, l'air froid

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

aspiré par le tirage du conduit de fumée vient refroidir les gaz de la combustion des foyers allumés, et diminue suffisamment le tirage pour que ces gaz reviennent dans les locaux chauffés ; les coups de vent peuvent de plus faire rétrograder les gaz de la combustion dans les locaux non chauffés possédant un foyer, et causer ainsi des accidents graves d'empoisonnement ou d'asphyxie.

Utilisation de la chaleur des gaz de combustion dans les cheminées. — La cheminée étant bien installée, c'est-à-dire conformément à toutes les indications qui précèdent, les gaz de la combustion s'échappent encore très chauds dans l'atmosphère et il y a une perte considérable de chaleur. Une partie de celle-ci peut-être utilisée (fig. 30) en entourant le tuyau de fumée, qui alors est métallique, d'une gaîne qui monte dans la hauteur de chaque étage, communiquant à sa partie basse avec l'extérieur, et à sa partie haute avec l'intérieur.

Ce dernier orifice est alors aménagé de manière que l'air chauffé au contact du tuyau de fumée et venant servir à la ventilation de la pièce chauffée s'échappe en lamelles dirigées vers le plafond.

Ce procédé, dans les habitations à nombreux étages, est toutefois peu pratique car les doubles tuyaux sont trop encombrants, difficiles de nettoyage et de réparation.

Section des tuyaux de fumée. — La section des tuyaux de fumée doit être au moins de 80 cm.^{2} par foyer ; cette section varie pratiquement de 4 à 9 dm.^{2}.

Il faut de 5 à 6 dm.^{2} par 100 m^3 de la capacité du local.

Ces tuyaux se font en terre cuite ou en tôle ; s'ils traversent des cloisons en planches, ils ne peuvent être métalliques sans être isolés par un manchon en terre cuite. Généralement on les place dans l'épaisseur des murs de refend, rarement dans celle des murs de face ou des murs mitoyens.

On les constitue par des wagons ou par des briques cintrées de formes spéciales.

Quand les tuyaux de fumée sont simplement adossés à un mur, on les construit avec des poteries spéciales, dites boisseaux, dont la

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

section est rectangulaire ou circulaire ; le côté de la section de ces conduits varie de 0,16 à 0,30 m.

Quand les conduits sont en briques, isolés, et d'une hauteur supérieure à 4,50 m., ils ont 0,22 m. d'épaisseur sur deux de leurs parois et 0,04 m. sur les deux autres.

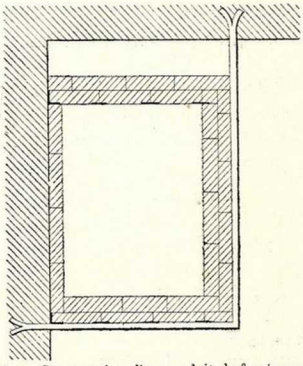


Fig. 31. — Construction d'un conduit de fumée suspendu.

Aucun conduit de fumée ne doit passer à moins de 0,16 m. d'une pièce de bois quelconque de la construction.

Entre le chambranle d'une porte et le tuyau le plus voisin il faut une distance de 0,36 m. ; entre le parement vertical du mur et le premier tuyau de fumée 1,50 m.

Il est bon de terminer le tuyau de fumée, au-dessus du toit, par une mitre réduisant la section de passage des gaz de 1/3 environ, afin d'augmenter la vitesse de ces gaz à la sortie, et de pouvoir les rejeter à une température de 140 à 150°. Ces mitres peuvent de plus avoir une forme spéciale, dans le but de parer aux inconvénients du vent, du soleil, etc.

Même dans les constructions modernes étudiées, chauffées par des cheminées, on n'utilise pas plus de 20 à 25 0/0 de la puissance calorifique du combustible brûlé.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

La cheminée à foyer découvert est donc un appareil de luxe ne pouvant produire les chaleurs qui out été indiquées comme nécessaires à obtenir dans les plus grands froids ; aussi ne se calcule-t-elle jamais comme puissance calorifique puisque la question d'économie ne peut se concilier avec son emploi.

CONSTRUCTION DES CHEMINÉES

Après avoir passé en revue toutes les précautions à prendre dans la construction des cheminées, il est nécessaire d'indiquer comment on les construit, et quels sont les appareils employés le plus ordinairement.

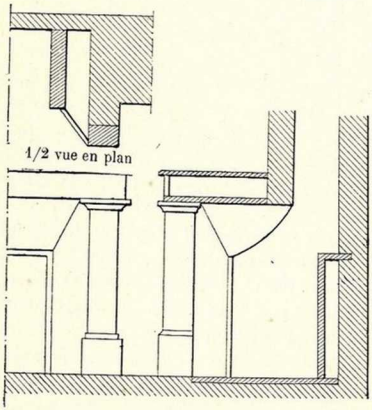


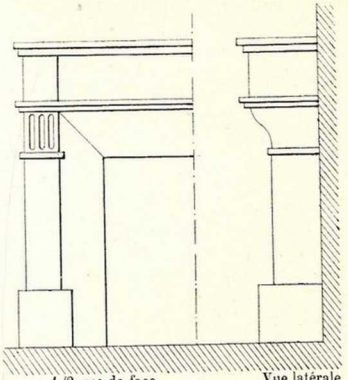
Fig. 32. — Cheminée ordinaire.

Il n'y a pas lieu de parler de la grande cheminée large et haute, que la pratique a condamnée, et que l'on ne retrouve plus que dans la campagne, dans les anciennes constructoins.

La cheminée la plus simple (fig. **32**), *celle à ne jamais employer*,

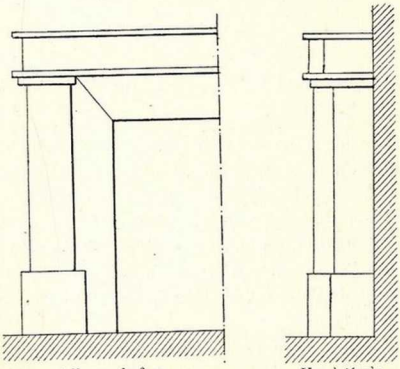
ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

à cause de son rendement déplorable (10 à 12 0/0), comporte une façade, qui peut être en marbre ou en pierre, que l'on ap-



1/2 vue de face. Vue latérale.

Fig. 33. — Cheminée ordinaire.



1/2 vue de face. Vue latérale.

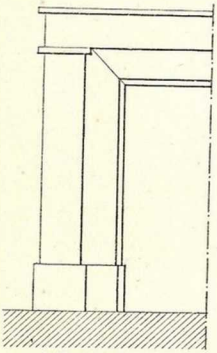
Fig. 34. — Cheminée à capucine.

pelle le chambranle, composé de deux montants sur lesquels vient

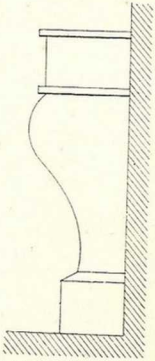
ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

reposer une traverse ; le tout est surmonté d'une tablette supérieure. Entre les montants et le mur, il reste un espace vide que l'on complète soit avec du plâtre, soit avec une plaque de marbre de 0,11 d'épaisseur.

On peut du reste orner les cheminées avec des cadres en marbre faisant saillie intérieure (fig. 33), ou à capucine (fig. 34), ou à cadre proprement dit (fig. 35).



1/2 vue de face
Fig. 35. — Cheminée à cadre.



Vue latérale d'une cheminée.
Fig. 36.

Les dimensions suivantes sont généralement adoptées : largeur 1 m. à 1,50 m. pour petits appartements ; la tablette de dessus est à une hauteur du sol variant de 0,98 à 1,30 m. ; la largeur de la tablette est comprise entre 0,27 et 0,43 m. ; la profondeur du foyer est de 0,45 à 0,80 m. La largeur de l'âtre est de 0,40 à 0,50 m. ; les côtés de l'âtre sont construits en briques réfractaires et la paroi du fond de l'âtre est fermée par une cloison en briques réfractaires de 0,11 m.

L'âtre peut être fermé en avant au moyen d'un rideau glissant dans un châssis composé de deux montants en fer laminé ou en tôle qui forment de chaque côté une coulisse verticale.

Dans ces rainures glisse le rideau, ensemble de plusieurs feuilles

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

de tôles retenues par une chaîne passant sur deux galets et munie de

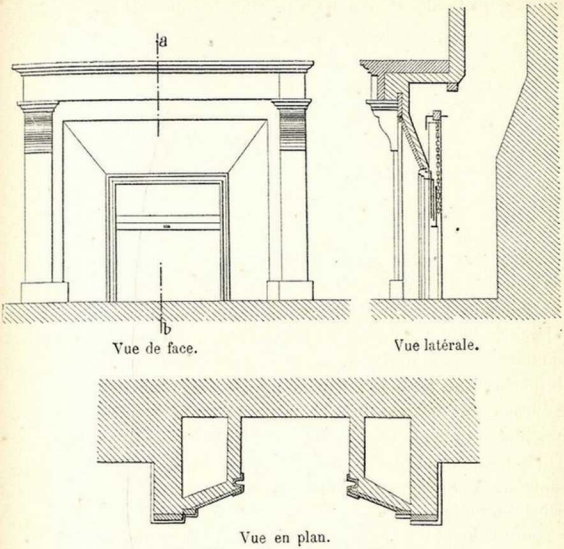


Fig. 37. — Cheminée avec rideau.

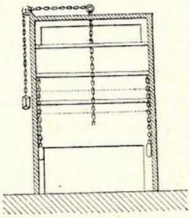


Fig. 38. — Rideau pour cheminée.

contrepoids pour équilibrer le poids du rideau (fig. 37 et 38).

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Les contre-poids peuvent glisser dans deux tubes placés dans le vide compris entre les montants du chambranle et le mur (fig. 39).

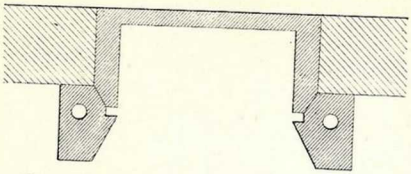


Fig. 39. — Cheminée avec tubes pour contre poids du rideau.

En avant des montants, à 0,20 m. environ en arrière du chambranle, est placé un cadre en cuivre faisant saillie de chaque côté ; ce cadre mouluré est maintenu par des crampons en fer ; il est relié latéralement aux montants du chambranle et en haut à la traverse par une maçonnerie en plâtre ou par des plaques de faïence et même de marbre, qui forment ce qu'on appelle les contre-cœurs.

La paroi en briques du fond de l'âtre est souvent remplacée par une plaque de fonte au bois de 0,015 à 0,020 m. d'épaisseur, isolée du mur par un espace qu'il est bon de ne pas garnir à la partie supérieure ; la plaque de fonte est reliée au mur, à sa partie haute, par des crampons de fer.

Entre l'âtre et la première poterie, il est nécessaire de ménager un évasement ou gousset.

Afin que la tablette de dessus ne vienne pas à chauffer, on met sur la traverse deux ou trois linteaux qui portent une tablette en plâtre coupée aux dimensions de la cheminée ; c'est sur elle que repose la tablette supérieure, généralement en marbre.

La surface supérieure de l'âtre est en carreaux de terre cuite ; on met en avant une dalle en pierre ou en marbre isolant le plancher de l'âtre. Cette dalle fait une saillie de 0,25 à 0,30 m. sur les montants du chambranle, et on l'entoure de trois planches formant raccordement avec le parquet.

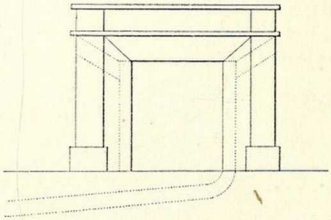
Cette dalle, improprement appelée foyer de la cheminée, est placée sur une aire formée par des plâtras réduits en poudre sur lesquels on a coulé du plâtre clair.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

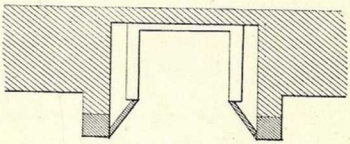
La cheminée, ainsi construite, ne chauffe absolument que par rayonnement et n'utilise que 5 0/0 de la chaleur totale produite dans l'âtre par la combustion du combustible. Elle est sans ventouses et occasionne dans le local chauffé une série de courants d'air provenant des fissures des fenêtres et des portes, généralement placées loin de la cheminée, dans les murs parallèles ou perpendiculaires à celui contre lequel celle-ci est adossée.

CHEMINÉES AVEC CIRCULATION D'AIR

On a modifié l'aménagement intérieur de l'âtre de façon à mieux utiliser la chaleur rayonnante. On l'a, pour cela, réduit comme section



Vue de face



Vue en plan

Fig. 40. — Cheminée avec circulation d'air.

à la partie supérieure et on a donné une forme concave à la plaque du fond ; puis on a ménagé un coffre en tôle, en communication avec l'air extérieur qui peut y circuler, se réchauffant au contact

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

des parois du coffre, pour s'échapper ensuite dans le local par des grilles placées latéralement (fig. 40 et 41).

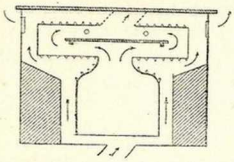


Fig. 41. — Cheminée à tambour en tôle et circulation d'air.

On a étudié un assez grand nombre de formes pour ces coffres en tôle ; ils doivent évidemment avoir une grande surface de paroi chauffée par le combustible. Peu de ces appareils sont pratiques surtout à cause des difficultés de pose ou de nettoyage. Il en est cependant deux assez employés.

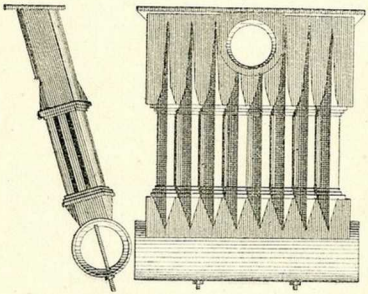


Fig. 42. — Appareil Fondet.

Appareil Fondet. — L'appareil Fondet (fig. 42) est formé de tubes en fonte à section carrée ; ils sont placés en quinconce, inclinés d'arrière en avant dans le fond de la cheminée, relient deux capacités dont celle du haut est en relation avec deux bouches placées latéralement.

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

Des tampons de nettoyage sont aménagés à la partie inférieure du coffre qui communique avec l'air extérieur.

Les gaz de la combustion circulent entre les tubes.

Ceux-ci s'encrassent très vite, leur nettoyage est difficile et la transmission au travers des parois est rapidement diminuée.

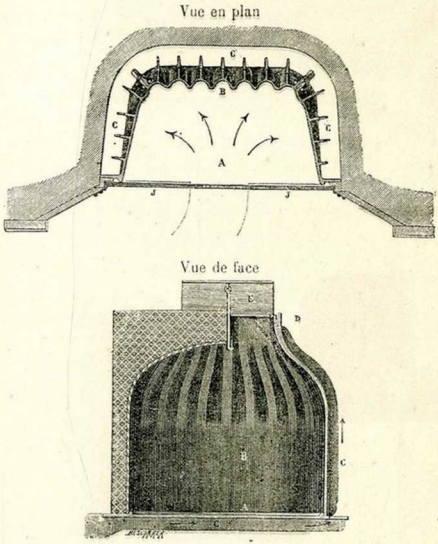


Fig. 43. — Appareil Joly.

Appareil V. Ch. Joly (fig. 43). — C'est le plus logique et le plus économique des appareils destinés à placer dans les cheminées dans le but d'utiliser le maximum de chaleur produite dans le foyer. Il permet l'emploi de tous les combustibles en y disposant soit des chenets, soit une grille.

Il se compose d'un coffre en fonte disposé de façon que l'air arrive au-dessous de la plaque inférieure, dite plaque d'âtre, laquelle

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

est surmontée d'une coquille nervée extérieurement, ondulée intérieurement et formant réflecteur ; cette coquille est disposée avec rétrécissement à la partie haute de façon à assurer un bon tirage.

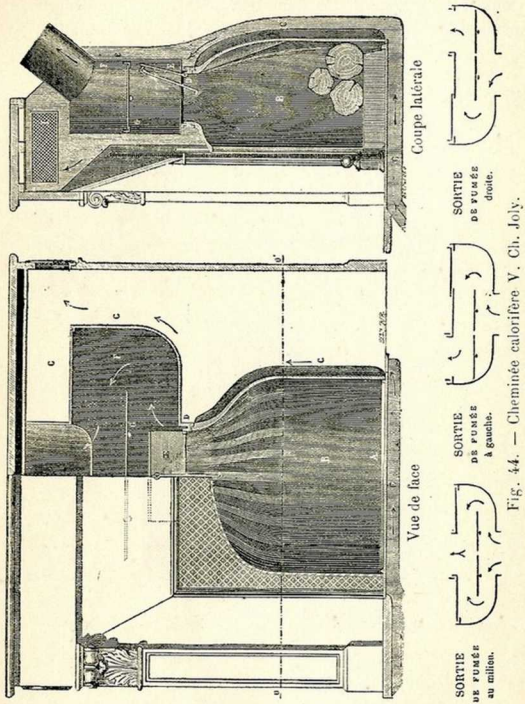


Fig. 44. — Cheminée calorifère V. Ch. Joly.

L'air froid se chauffe en s'élevant le long des nervures et se répand dans le local par des bouches placées à la partie supérieure de la cheminée, c'est-à-dire là où il est le plus chaud.

Avec cet appareil les contre-cœurs et l'âtre des cheminées sont

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

supprimés ; il n'y a aucune construction en brique à faire autour de l'appareil, et l'on obtient un renouvellement d'air considérable à une température moyenne.

Lorsque la prise d'air ne peut être faite extérieurement et venir sur la plaque d'âtre au travers du plancher, on ménage, pour la remplacer, une ouverture latérale, dans la plinthe de la cheminée. Il n'y a plus de tuyaux parcourus par les fumées ou par l'air, par suite plus de difficulté de nettoyage.

Il existe toutefois sur le côté des tampons permettant le nettoyage des nervures, lequel est d'ailleurs toujours facile.

L'appareil Joly, tout en conservant son aspect extérieur, a aussi été aménagé de façon à devenir un véritable calorifère à air chaud, et ceci sans augmenter la dépense de combustible (fig. 44).

Sur la coquille de l'appareil simple s'emboîte un cadre en fonte supportant une trappe à fermeture conique. Dans la feuillure supérieure du cadre viennent se poser des tuyaux ou des tambours en tôle dans lesquels circulent les gaz de la combustion, abandonnant une partie de leur chaleur.

Les tambours sont fermés par une buse de sortie et par deux plaques mobiles formant couvercles et permettant de diriger la fumée à volonté suivant la position des tuyaux dans les murs.

Une chicane mobile permet le nettoyage sans démonter l'appareil.

Les bouches de chaleur sont placées latéralement au-dessous de la tablette et au-dessus d'une plaque en tôle fermant par devant la chambre de chaleur dans laquelle est réservé un libre passage à l'air chauffé, au contact des tambours, avant qu'il ne pénètre dans le local.

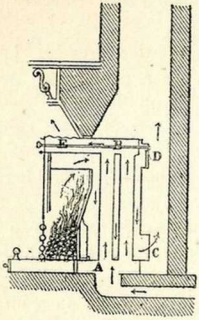
Dans les deux appareils Joly existe un rideau à l'intérieur pour faciliter l'allumage et cacher le foyer aux moments où on ne l'utilise pas.

Appareils divers pour cheminées. — Outre les dispositions Fondet et Joly, les deux plus appliquées, il existe un grand nombre d'appareils créés dans le même but (fig. 45 à 50).

Leur prix élevé, la complication qu'ils entraînent dans la cons-

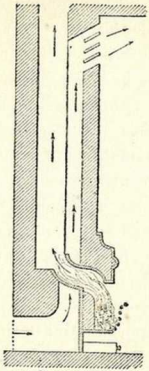
ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

truction, les difficultés de nettoyage, font qu'ils sont peu employés.

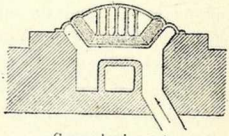


Coupe latérale

Fig. 45. — Cheminée Péclet.

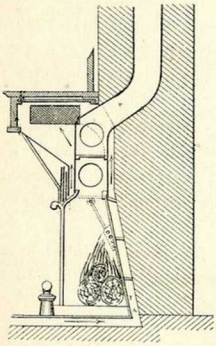


Coupe latérale

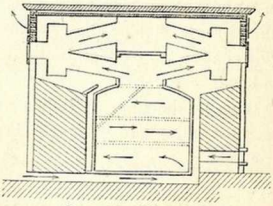


Coupe horizontale

Fig. 46. — Cheminée de Douglas Galton.



Coupe latérale



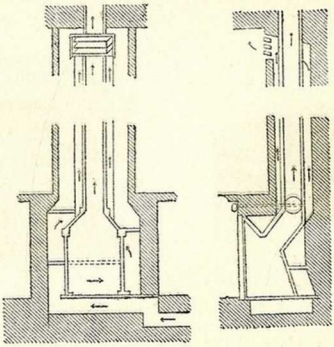
Coupe parallèle à la façade

Fig. 47. — Cheminée Bourdon.

Ce sont : les cheminées Péclet (fig. 45) dans lesquelles le ramonage

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

est presque impossible ; Descroizille qu'il faut démonter complètement pour le nettoyage ; Douglas Galton (fig. 46) et Bourdon (fig.



Coupe parallèle à la façade Coupe latérale

Figg. 48. — Cheminée du cap. Belmas.

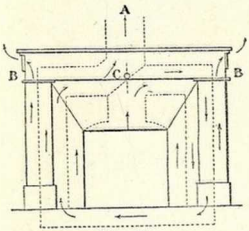


Fig. 49.
Cheminée à circulation de fumée.

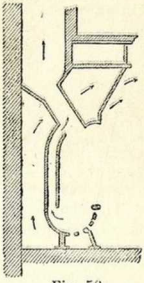


Fig. 50.
Cheminée Mousseron. (Coupe latérale).

47) se rapprochant assez de la cheminée Joly mais plus compliquées comme construction.

Foyers métalliques pour cheminées. — Dans le but d'aug-

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

menter le chauffage par les cheminées, on a étudié un grand nombre de foyers en fonte (fig. 51 à 58) s'adaptant facilement dans les cheminées existantes et dans lesquels on peut brûler de la houille et du coke.

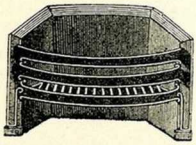


Fig. 51.
Grille simple pour cheminée à foyer ouvert

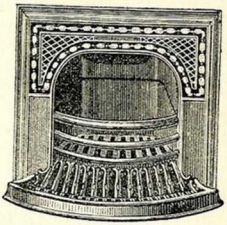


Fig. 52.
Foyer économique simple pour cheminée.

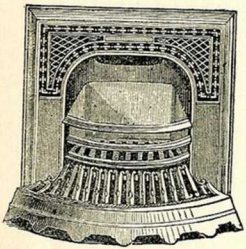


Fig. 53.
Foyer économique, avec courant d'air chaud, pour cheminée à foyer ouvert.

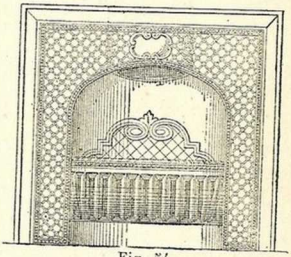


Fig. 54.
Foyer intérieur moderne.

On a muni ces appareils de souffleurs ou de grilles en fonte, en toile métallique (fig. 57), ou en fonte avec panneaux de mica laissant voir le feu, tout en empêchant l'air de se rendre dans le tuyau de fumée en passant au-dessus du combustible.

Ces souffleurs peuvent être retirés entièrement, à la main ou à l'aide de procédés mécaniques, c'est-à-dire être relevés en partie

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

ou entièrement, pour laisser passer une certaine quantité d'air au-dessus du charbon et diminuer ainsi le tirage.

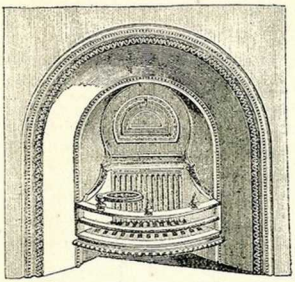


Fig. 55. — Cheminée anglaise moderne.

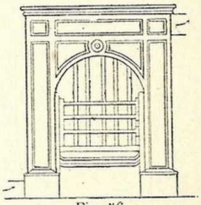


Fig. 56.
Cheminée (avec circulation d'air) pour la houille.

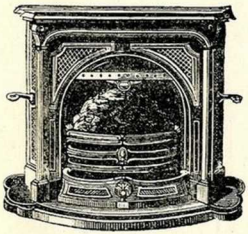


Fig. 57. — Cheminée à houille avec souffleur mécanique.

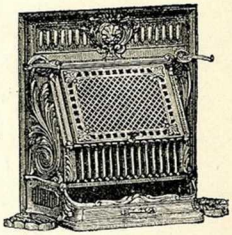


Fig. 58. — Foyer normand avec grille de devant à barreaux verticaux.

Toutes ces cheminées en fonte donnent une assez grande quantité de chaleur par rayonnement, surtout si elles avancent dans la pièce (fig. 58) (type normand). Mais si la cheminée elle-même n'est pas construite suivant les règles précédemment indiquées, ces appareils n'enlèvent aucun des inconvénients inhérents aux cheminées ordinaires de construction défectueuse.

Cheminée dite à la prussienne. — Il existe encore la chemi-

ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

née portative ou cheminée poële dite à la prussienne (fig. 59), l'un

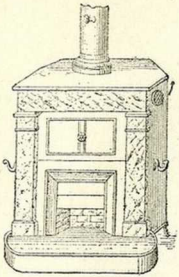


Fig. 59. — Cheminée dite à la prussienne.

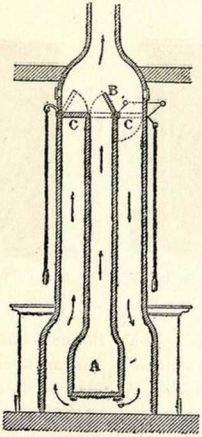


Fig. 60. — Cheminée du marquis de Montalembert.

des appareils de chauffage les plus salubres et les plus économiques ayant l'avantage du foyer ouvert avec ceux du poële.