

*MANIGUET*

*CONSTRUCTION DES USINES*

*AU POINT DE VUE DE L'HYGIÈNE*

ECOLE CENTRALE DE LILLE



D0000004567

*PARIS & LIÈGE*

*CH. BÉRANGER EDITEUR*

MANUSCRIPTS  
DEPARTMENT  
UNIVERSITY OF TORONTO



ALBERT TESMOINGT & FILS  
MANUFACTURE DE LINES & RÁPES  
ACIERS DIVERS - OUTILLAGE GÉNÉRAL  
29.31.33. RUE PASCAL - LILLE

# CONSTRUCTION DES USINES

AU POINT DE VUE DE L'HYGIÈNE





*Le livre technique offert à la Bibliothèque de  
l'Institut Industriel, en souvenir d'Albert Colmonégat  
ancien élève promotion 1898. - H*

# CONSTRUCTION DES USINES

## AU POINT DE VUE DE L'HYGIÈNE

---

CONSTRUCTION DES USINES — FORCES MOTRICES  
TRANSMISSION D'ÉNERGIE — ÉCLAIRAGE — SÉCURITÉ DU PERSONNEL DANS LES USINES  
CHAUFFAGE — VENTILATION ET HUMIDIFICATION — APPAREILS DE CHAUFFAGE  
APPAREILS DE VENTILATION ET D'HUMIDIFICATION — CANAUX DE DISTRIBUTION  
CONSTRUCTION D'USINES — APPLICATIONS — DE L'ENTRETIEN DES USINES — CITÉS ET MAISONS OUVRIÈRES  
ENLÈVEMENT DE POUSSIÈRES, VAPEURS, GAZ — ENLÈVEMENT DE POUSSIÈRES, BUÉES, VAPEURS  
APPLICATIONS — APPAREILS DE SÉCHAGE  
JURISPRUDENCE EN MATIÈRE DE SÉCURITÉ ET D'HYGIÈNE INDUSTRIELLE  
NOTES

PAR

**MANIGUET**

INGÉNIEUR - ARCHITECTE,  
Ancien élève des Écoles d'Arts et Métiers.

---

PARIS ET LIÈGE

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER, ÉDITEUR

SUCCESSEUR DE BAUDRY ET C<sup>ie</sup>

PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

1906

Tous droits réservés.

# CONSTITUTION OF THE UNITED STATES

## ARTICLE I

SECTION 1. All legislative Powers herein granted shall be vested in a Congress of the United States, which shall consist of a Senate and House of Representatives.

SECTION 2. The House of Representatives shall be composed of Members chosen every second Year by the People of the several States, and the Electors in each State shall have the Qualifications requisite for Electors of the most numerous Branch of the State Legislature.

SECTION 3. The Senate shall be composed of two Senators from each State, chosen by the Legislature thereof, for six Years; and each Senator shall have the Qualifications requisite for Senators of the most numerous Branch of the State Legislature.

III

## ARTICLE II

SECTION 1. The executive Power shall be vested in a President of the United States of America.

## ARTICLE III

SECTION 1. The judicial Power shall extend to all Cases of Law and Equity, arising under this Constitution, the Laws of the United States, and the Treaties made, or which shall be made, under the Authority of the United States; to all Cases affecting Ambassadors, other public Ministers and Consuls; to all Cases of Admiralty and Maritime Jurisdiction; to Controversies to which the United States shall be a Party; to Controversies between two or more States; between a State and Citizens of another State; between Citizens of different States; between Citizens of the same State claiming Lands under Grants of different States, and between a State, or the Citizens thereof, and foreign States, Citizens or Subjects.



A

PAULINE MANIGUET-CHEMIN

*Cet ouvrage est dédié à la fidèle compagne de ma vie,  
dont la collaboration  
m'a été précieuse entre toutes.*





## AVANT-PROPOS

---

L'ouvrage que nous présentons au public est le résumé des observations que nous avons faites au cours de nos travaux ; chef d'industrie, directeur d'établissements métallurgiques et chimiques, constructeur d'usines de toutes natures, nous avons pu apprécier, en matière industrielle, le rôle de l'hygiène bien comprise, tant au point de vue économique qu'au point de vue social.

Nous avons été frappé des résultats obtenus, on pourrait dire du jour au lendemain, par le transfert, dans des bâtiments neufs, aménagés à la moderne, d'industries exercées jusque-là dans de vieilles usines, noires, enfumées, mal odorantes. Non seulement l'ouvrier y gagnait en santé et en sécurité, mais son moral s'y modifiait ; il devenait plus attentif, plus assidu, fournissait un meilleur travail et une plus grande production.

Il nous a même été donné de constater ces différences dans une même usine où des bâtiments neufs avaient été ajoutés aux anciens : là où régnait la lumière, une température constante, la sécurité ; là était exécutée la meilleure tâche.

Dans un autre ordre d'idées, nous avons vu que les prescriptions d'une loi nouvelle, la nécessité d'une production plus intense et parfois, malheureusement, la menace d'un

conflit ouvrier, obligent à transformer, tôt ou tard, ce qui, par raison d'économie, peut, dans l'installation, avoir été défectueux ou mesquin.

C'est en relisant les notes prises, au jour le jour, sur les résultats obtenus dans différentes installations, — améliorations, transformations ou créations, — auxquelles nous avons procédé, que l'idée nous est venue de réunir, de condenser en ces quelques pages, certaines indications utiles aux industriels désireux de créer une usine, répondant à la fois aux nécessités de leur fabrication et aux obligations de l'hygiène, dans laquelle serait assuré le maximum possible de production et de sécurité.

Nous n'avons pas voulu faire œuvre d'économiste, de théoricien ou d'hygiéniste, mais écrire un livre pratique, concis, accessible à tous.

Notre but est surtout utilitaire ; nous estimerons l'avoir atteint, si nous avons pu, en mettant en lumière la répercussion de l'hygiène, de la sécurité et du bien-être général des travailleurs sur la production, intéresser les chefs d'industrie à ces questions humanitaires et leur faire comprendre que l'usine moderne, étudiée suivant les données scientifiques, est aussi l'usine économique et qu'en ces matières leur intérêt se confond non seulement avec celui de l'ouvrier, mais encore avec celui de la Société tout entière.

En terminant cet exposé, nous avons le devoir d'adresser nos remerciements aux amis qui nous ont aidé dans notre œuvre, en nous prodiguant leurs encouragements et surtout en nous apportant le concours précieux de leurs connaissances spéciales en matière de chauffage, de ventilation, de matériel électrique, de législation industrielle et de droit économique et social.

---



# CONSTRUCTION DES USINES

## AU POINT DE VUE DE L'HYGIÈNE

---

### HYGIÈNE INDUSTRIELLE

---

Le prodigieux essor pris par l'Industrie, dans la deuxième moitié du siècle dernier, en imposant la concentration des masses ouvrières dans de vastes usines et leur mise en contact avec des machines de plus en plus perfectionnées et de plus en plus complexes, a fait naître, pour les travailleurs, deux séries de dangers dont le développement a été tel qu'il a fallu, pour l'enrayer, l'intervention des pouvoirs publics. Ce sont . l'accroissement du nombre des accidents du travail et celui des maladies professionnelles et contagieuses.

Sous la pression de l'opinion publique, les législateurs de tous les pays industriels, ont dû rechercher les solutions de ces deux problèmes : sécurité du travail et hygiène industrielle.

Chaque pays a choisi les solutions qui paraissaient le mieux en harmonie avec son tempérament national et sa situation économique.

En France, l'initiative individuelle ayant précédé l'action parlementaire, lui a, en quelque sorte, tracé la voie.

Depuis longtemps déjà, des chefs d'industrie, des économistes, des hygiénistes, réunis dans des sociétés privées ou dans des congrès scientifiques, avaient cherché les moyens de diminuer les risques accidentels de l'ouvrier et de prendre des mesures prophylactiques contre les maladies professionnelles, nécrose, tuberculose, etc.

Dès 1867, Engel Dolfus avait créé à Mulhouse, à côté de la Société industrielle, une association destinée à rechercher les moyens préventifs contre les accidents.



En 1879, une Société se fondait à Rouen, avec le même but ; et enfin, à Paris, s'organisait, en 1883, l'Association des industriels de France contre les accidents du travail, qui rayonne aujourd'hui sur la France entière.

Ces Sociétés avaient créé les Inspections dans les usines et dressé des tables de statistiques<sup>1</sup>.

Elles distribuèrent des récompenses à ceux d'entre leurs sociétaires dont les ateliers présentaient les améliorations les plus utiles et réunissaient les meilleures conditions d'hygiène.

Enfin, elles organisèrent, entre constructeurs et industriels, des concours d'appareils préservatifs.

Mais l'action de ces Sociétés, ne s'étendant qu'à leurs membres, était restreinte et, sous le régime absolu de la liberté du travail, les ouvriers continuaient à vivre, pour la plupart, dans des conditions hygiéniques déplorables ; les accidents se multipliaient, les maladies contagieuses se développaient, et il arriva un jour où, devant les progrès du mal, le législateur dut intervenir.

Sous le régime de la loi de 1810, jusqu'en 1874, on s'était contenté de considérer un certain nombre d'industries comme dangereuses et insalubres, d'éloigner des autres habitations les locaux où elles étaient exercées et de les soumettre à quelques formalités préalables d'enquête et d'autorisation. Mais si dangereuses que fussent ces industries, aucun règlement intérieur n'intervenait ; l'ouvrier restait libre d'y travailler à ses risques et périls, rien ne le garantissait, ne l'avertissait même des dangers qu'il courait.

La loi du 18 mai 1874, qui crée les Inspections départementales, ne modifie guère la situation. Cette loi n'apparaît que comme une satisfaction platonique donnée aux premières revendications ouvrières ; incomplète, manquant de sanction, elle n'est qu'un essai et ne sert qu'à fournir des statistiques et à donner des bases à l'étude de ces questions d'hygiène et d'économie sociale.

Les accidents du travail sont régis par le droit commun (article 1382 du Code civil : chacun est responsable de son fait), l'ouvrier

<sup>1</sup> Ces statistiques mettaient en lumière que la moyenne des accidents industriels était environ de 47 p. 1000 ouvriers travaillants, dont 4,40 de mortels. MM. Engel Dolfus, Compère, Muller, etc. estiment que 50 p. 100 de ces accidents pourraient être évités soit en généralisant les appareils préservateurs, soit par une vigilante attention de la part de l'industriel.



blessé, incapable de travailler, restant sans ressource, doit subir les longueurs de la demande d'assistance judiciaire et les lenteurs d'une instance compliquée d'enquêtes et soumise à l'appel. En cas de mort, sa veuve et ses enfants sont victimes de la même procédure.

Dans la pratique, peu à peu, la magistrature avait réalisé de sensibles progrès, l'article 1382 était largement interprété dans le sens de la responsabilité patronale et les présidents de tribunaux accordaient souvent une indemnité préalable permettant de faire face aux premiers besoins ; mais tout cela était bienveillant et aléatoire.

Il faudra l'action combinée des syndicats ouvriers, des associations privées, de la Cour de cassation, et enfin de quelques grands industriels parlementaires, pour faire naître, en matière d'accidents, comme en matière d'hygiène, toute une législation nouvelle.

Entré dans cette voie, le Parlement votera successivement ces lois qui forment aujourd'hui un véritable code de législation ouvrière :

1° Loi du 2 novembre 1892, limitant la durée du travail pour les femmes et les enfants dans les manufactures et réorganisant l'Inspection du travail.

2° Décret du 13 mai 1893, relatif aux travaux interdits ou autorisés dans certaines conditions.

3° Décret de juin 1893, relatif au travail des femmes et filles âgées de plus de dix-huit ans.

4° Loi du 12 juin 1893, sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements industriels, complétée par le règlement d'administration publique du 10 mars 1894 et le décret du 29 novembre 1904.

5° Décret-loi du 20 novembre 1893, relatif à la déclaration des accidents du travail.

6° Loi de 1894, sur les habitations ouvrières, amendée par celle de 1896 et le décret circulaire de mars 1897.

7° Enfin, en ce qui concerne les accidents du travail, la loi du 9 avril 1898 complétée par décret du 23 mars 1902 et par la loi du 31 mars 1905.

En même temps que ces lois sont promulguées, d'autres s'élaborent :

Repos hebdomadaire, retraites ouvrières, etc.



Toute cette partie de l'économie sociale a donné naissance à une littérature particulière destinée à commenter la législation nouvelle et à préparer la législation future. Elle fait en même temps connaître aux intéressés les prescriptions indiquées et les moyens pratiques de réaliser les réformes le plus vite et le plus économiquement possible.

Notre travail est une contribution à ces études d'hygiène générale et de sécurité des travailleurs. Ce n'est ni un aide-mémoire, ni un formulaire ; le côté technique de la construction ayant été traité et en partie épuisé par de plus autorisés que nous. Étant destiné aux praticiens et surtout aux industriels, nous en avons écarté toutes les formules qui n'étaient pas indispensables à la clarté des démonstrations et avons cherché à faire un guide général en matière de construction hygiénique.

N'ayant aucune attache avec des constructeurs ou des fournisseurs, nous n'avons à prendre parti ni pour une disposition, ni pour un appareil quelconque, et indiquons seulement les avantages ou les inconvénients de ceux que nous avons installés ou que nous avons étudiés au cours de nos travaux.

Pour bien indiquer le rôle pratique de ce traité, par des descriptions et des planches, nous montrerons les résultats obtenus dans diverses installations qui nous ont été confiées ces dernières années et où nous avons essayé de réaliser, par les moyens les plus simples et les moins coûteux, cet idéal d'hygiène et de sécurité qui est non seulement exigé par la loi, mais imposé aux industriels par leur propre intérêt.

Il est aujourd'hui indiscutable que l'intérêt de l'industriel est de mettre son personnel ouvrier dans les conditions les plus favorables de sécurité et d'hygiène ; il retrouve, de plusieurs manières, la rémunération des sacrifices que dans ce but il s'est imposé. Cela permet : tantôt la facilité de l'entretien du matériel et, par suite, l'augmentation de sa durée ; tantôt l'utilisation de sous-produits jusque-là négligés ; tantôt la réalisation d'économies par la décroissance du nombre d'accidents dans les usines, soit que l'industriel, étant son propre assureur, évite les indemnités à payer

<sup>1</sup> Les textes les plus importants de ces lois sont donnés dans les notes de cet ouvrage.



ou en réduit le nombre, soit, qu'étant lié à une société d'assurance, il voit diminuer le taux des primes à payer.

Et la production, son objectif principal, ne peut perdre à l'application des mesures nouvelles :

L'ouvrier donne un effort plus utile lorsque cet effort est proportionné à ses forces, et son aptitude au travail augmente, lorsqu'il reste en bonne santé, grâce à la salubrité de l'atelier. Dans une salle bien aérée, bien éclairée, où la température est sensiblement constante, où il peut se mouvoir à l'aise, se sentant protégé par des appareils contre les dangers des machines, il peut concentrer toute son attention, toute son activité, sur son travail ; ses mouvements sont plus souples, plus rapides ; il se sert de ses outils avec une précision et une régularité intelligentes.

Ainsi ces lois qui, dès leur élaboration, paraissaient oppressives et spoliatrices à une partie des ouvriers comme aux patrons, ont, depuis leur application, été, pour les uns, une source de bien-être et, pour les autres, une source de bénéfices et de satisfactions morales.

Il faut dire que leurs dispositions les plus impératives ont été appliquées avec modération et intelligence ; l'Inspection du travail s'est montrée à la hauteur de la tâche délicate que lui a assignée la législation nouvelle, dont elle est l'organe essentiel.

Les inspecteurs ont largement mis à profit la latitude qui leur était laissée pour l'application de certaines mesures et ont pu ainsi atténuer temporairement les exigences des règlements.

Alors que, dans les constructions neuves, ils usent de leur autorité pour que l'on se conforme aux principes des lois, ce qui est toujours facile et peu onéreux ; dans les anciennes usines, ils se sont bornés à demander les améliorations indispensables et compatibles avec la situation de l'industrie, sans exiger des dépenses qui auraient pu entraîner la fermeture de l'usine ou la ruine de l'industriel.

Nous aurons, au cours de notre ouvrage, l'occasion de revenir sur ces points et de les mettre en pleine lumière sous les yeux de nos lecteurs.



## CHAPITRE PREMIER

### CONSTRUCTION DES USINES

Cet ouvrage ne contient ni détails de construction, ni cotes d'exécution, car nous croyons que le rôle du chef d'industrie n'est pas de construire, ses préoccupations sont d'autre nature ; son attention doit se porter plus spécialement sur les questions de fabrication et d'écoulement des produits ; il n'a pas le temps d'étudier utilement les détails complexes d'une installation.

Il est toujours préférable, pour lui, de s'adresser à des spécialistes qui, les uns, lui construiront ses bâtiments ; les autres, lui fourniront son matériel et son outillage. Cette façon de procéder dégage sa responsabilité et il y trouve une économie de temps et d'argent.

Aussi ne donnerons-nous que les indications qui peuvent le renseigner sur les dispositions et aménagements généraux et lui permettre de faire un choix judicieux d'appareils.

**1. De la construction des usines.** — L'hygiène industrielle constitue un ensemble de dispositions et de précautions destinées à maintenir la santé du personnel ouvrier.

L'ingénieur qui étudie l'établissement d'une usine, doit non seulement en rendre les dispositions intérieures appropriées aux travaux qui s'y exécuteront, mais encore maintenir, dans les conditions les plus propices, le milieu dans lequel évolue le personnel, pour qu'il échappe à tous accidents, à tout affaiblissement de son énergie. Il doit se préoccuper de faire restituer aux murs de l'habitation le calorique rayonné pendant la saison froide, garantir les locaux des excès de température pendant la saison chaude, assurer en tous points de l'usine une abondante lumière, naturelle ou artificielle, et enfin, aménager l'approvisionnement des eaux et l'évacuation des déjections humaines et des résidus industriels.



Le genre de construction d'une usine, son orientation et le choix des matériaux qui la composent, jouent un rôle important dans son imperméabilité aux agents atmosphériques.

L'amplitude des oscillations de la température extérieure qui modifie celles de la température intérieure, servira de base pour l'étude des appareils destinés à maintenir cette dernière à peu près constante et uniforme. On aura ainsi la mesure de l'importance des appareils de chauffe et de ceux à frigore et du régime auquel ils doivent fonctionner.

**2. Choix d'un emplacement et disposition des bâtiments.** — Le choix de l'emplacement d'une usine et la disposition des bâtiments sont subordonnés aux nécessités de l'industrie et à la surface des terrains dont on dispose.

Afin de diminuer les chances d'incendie, faciliter la surveillance et donner, en chaque point, une lumière intense et uniforme, dans la plupart des industries et surtout des industries textiles, les bâtiments sont construits en rez-de-chaussée, avec toiture légère, montée sur colonnes et comportant de larges baies vitrées, en forme de dents de scie appelées sheds. Une des caractéristiques de ce type de bâtiment est de pouvoir s'agrandir dans tous les sens, au fur et à mesure des besoins, suivant l'emplacement dont on dispose.

Les ateliers de constructions mécaniques, forges et fonderies, stations motrices, etc., sont aussi fréquemment construits en rez-de-chaussée. L'aménagement de leur outillage nécessitant, pour les desservir, des grues ou des ponts roulants, on dispose leurs bâtiments sous forme de halls accolés, surmontés de toitures à deux pentes portées sur colonnes ou sur murs latéraux.

Les bâtiments à étages, hors les cas où le manque d'espace oblige à construire en hauteur, sont plus spécialement réservés aux industries où cette disposition facilite la manutention des marchandises à traiter.

Si les bâtiments constituant l'ensemble d'une usine, ont une assez grande importance, ils sont parfois disposés autour d'une cour intérieure qui facilite la rentrée et la répartition des combustibles.



tibles, matières premières, etc., ainsi que la sortie des marchandises ouvrées.

Les clôtures de l'usine ne doivent comporter qu'une seule ou un nombre restreint d'ouvertures nécessaires au service ; elles seront disposées pour que, pendant le travail, toute communication clandestine, entre l'intérieur et l'extérieur, soit empêchée ; et, les portes et grilles une fois fermées, pour qu'on ne puisse pénétrer sans effraction.

Toute entrée ou sortie de marchandises peut ainsi être contrôlée et on peut éviter aussi, en cas de manifestation ou de trouble, le contact direct des ouvriers avec les perturbateurs ; les bris de vitrages, de machines, etc.

**3. Orientation des bâtiments.** — Dans les bâtiments avec toitures en sheds, l'orientation doit être franchement de l'Est à l'Ouest, pour que les vitrages soient tournés au Nord. On obtient ainsi une lumière diffuse, à peu près régulière, dans toutes les parties des locaux et on évite les excès de température, par insolation directe pendant l'été.

Dans les bâtiments à étages, il est bon de rechercher l'orientation Nord-Sud, afin que les faces latérales, généralement munies des ouvertures d'aération et d'éclairage, soient disposées à l'Est-Ouest.

**4. Murs.** — Pour la construction des murs d'usines, dans nos régions du Centre et du Sud-Est, la brique est peu employée ; en dehors de quelques cas spéciaux, elle est surtout réservée aux travaux de fumisterie. On donne la préférence, suivant les facilités d'approvisionnements, à la pierre et aux bétons de mâchefer ou de gravier damés par couches successives entre des plateaux latéraux de bois. Le béton de mâchefer doit être exempt de parties terreuses et de débris combustibles.

L'épaisseur des murs extérieurs est généralement de 0,50 m. En élévation, s'ils sont d'une certaine hauteur, on les relie par des chaînages en fer.

Les murs en béton de mâchefer doivent toujours reposer sur des fondations en maçonnerie, faisant saillie au-dessus du sol de 0,30 m.



à 0,50 m., afin d'éviter qu'à sa base, le béton, fort perméable, ne soit détérioré par l'absorption de l'humidité provenant du sol ou du rejaillissement des eaux de pluie.

Les murs creux sont excellents au point de vue de l'isolement, ils diminuent la transmission de la chaleur. Un mur formé de deux épaisseurs de 0,25 m. séparées par un vide de 0,40 m., ne laisse pas passer plus de chaleur, dans l'unité de temps, qu'un mur d'un mètre d'épaisseur. Leur emploi est cependant limité, car ils présentent certaines difficultés d'exécution et sont coûteux ; de plus, bien qu'on ait soin de relier leurs deux parements par des boutisses, ils n'offrent pas toujours une stabilité suffisante ; les charges qu'ils doivent supporter devenant de plus en plus grandes, en raison de l'augmentation que l'on donne aujourd'hui à la portée des charpentes.

Les murs de distribution intérieure qui n'ont à supporter que leur propre poids, sont formés de cloisons en briques pleines ou creuses, dalles de ciment ou de mâchefer, planches, etc.

**5. Enduits.** — Ils se font en chaux, en plâtre ou en ciment.

L'emploi d'enduits intérieurs et extérieurs dans les bâtiments est indispensable ; non seulement, ils rendent la construction plus agréable à l'œil, mais surtout ils concourent à la conservation et à l'imperméabilité des murs.

Un enduit en plâtre de 0,01 m. d'épaisseur réduit de 60 p. 100 environ la pénétration par l'air, des murs en maçonnerie. Cette différence est encore plus sensible pour les murs en béton de mâchefer.

Les enduits devront être blancs, à cause du rayonnement qui diminue la déperdition de la chaleur en hiver et réduit sa pénétration en été.

**6. Dallages et planchers.** — Les dallages pour bâtiments en rez-de-chaussée sont des revêtements du sol, ordinairement exécutés en béton disposé par couches horizontales de 0,10 m. à 0,11 m. d'épaisseur, recouverts d'une chappe en ciment.

Le sol sur lequel repose le béton doit être préparé avec soin, arrosé et damé, afin d'éviter, à l'usage, les tassements et les cassures.



Pour les magasins, bureaux et certains ateliers, on remplace la chappe en ciment par un parquet en bois dur de choix inférieur.

Dans les tanneries, teintures, apprêts, fabriques de produits chimiques, on substitue parfois à ce dallage des carreaux pressés ou vitrifiés ou une couche de bitume, disposés en pente, pour l'écoulement des eaux vers les canaux d'évacuation.

Il est prudent que les planchers des bâtiments à étages soient à l'épreuve de l'incendie; ils devront être composés de sommiers et solives en fer à I, avec un garnissage en hourdis de béton de mâchefer, employé de préférence à cause de sa légèreté. Ce hourdis débordera légèrement les fers et sera recouvert d'une chappe en ciment ou d'un parquet.

Les fers devront être calculés pour résister aux surcharges permanentes et accidentelles auxquelles ces planchers peuvent être soumis : elles comprennent le poids statique des marchandises et de l'outillage, augmenté des efforts dynamiques des machines en mouvement.

La surcharge des planchers industriels, sauf le cas de magasinage de matières pulvérulentes, entassées en vrac, dépasse rarement 5 à 600 kilogrammes par mètre carré de surface.

7. Planchers en béton armé (fig. 1). — Pour des raisons économiques, les planchers en fer et hourdis sont parfois remplacés

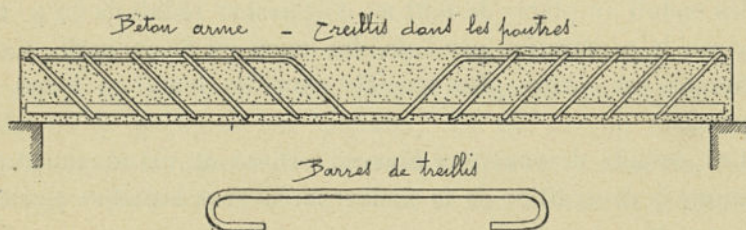


Fig. 1.

par du béton armé, construction dans laquelle est introduite, avant la constitution de l'agglomérant, une armature en fer ou en acier qui a pour but de résister aux efforts d'extension causés par la charge.

L'association du fer et du béton paraît constituer un ensemble dans lequel ils se complètent l'un l'autre, pour former une plateforme armée de nervures, de composition hétérogène, dont les



parties tendues, qui sont en métal, et les parties comprimées, en béton, sont rendues solidaires par des liens transversaux, comme les éléments d'une poutre métallique.

Les conditions de résistance de l'agglomérant ont été assez mal définies jusqu'à ce jour ; elles paraissent surtout dépendre des soins apportés à sa fabrication et résulter de la qualité des mortiers, de la nature du sable, des circonstances qui président à la prise et surtout de l'habileté des ouvriers.

L'expérience qui seule a guidé les constructeurs dans la détermination des dimensions de la plate-forme et des nervures, a montré que, pour s'assurer un coefficient de sécurité, il fallait multiplier ces dernières et exagérer les épaisseurs. De ce fait, on manque souvent les deux objectifs qu'on voulait réaliser : l'économie et la légèreté.

Nous donnons dans les notes, n° 262, les résultats de divers essais que nous avons exécutés, soit sur des bétons de mâchefer et chaux hydraulique agglomérés à du métal déployé, soit sur des bétons de ciment armé par du treillis en fer. Nous y ajoutons les conditions de résistance que nous avons imposées pour la réception de divers ouvrages.

**8. Charpentes.** — Depuis l'extension de la fabrication des fers et aciers profilés, on a fréquemment remplacé, dans les bâtiments en hall et à étages, les charpentes en bois par des charpentes en fer.

Dans les usines couvertes par des sheds, on emploie de préférence les charpentes mixtes, fers et bois (fig. 2).

Ces dernières présentent ceci de particulier que les fermes sont supprimées ; l'ossature de la toiture ne comporte plus que des cadres en fer à vitrages A, qui sont assemblés aux têtes de chevrons-planches B. L'ensemble est contreventé par les sablières de vitrages qui reposent sur les pignons des murs.

Cette ossature s'appuie sur un quadrillage de poutres métalliques C, très robustes, en fers composés ou en caissons, pouvant résister aussi bien à la charge verticale et aux vibrations des transmissions, qu'aux poussées obliques des deux pentes de la toiture. Ces poutres reposent sur des colonnes et les murs latéraux.

Ces charpentes mixtes sont plus simples et plus légères que les



anciennes charpentes, toutes en bois, avec fermes ; elles ont cet avantage que les plafonds sont entièrement lisses et ne présentent plus les saillies qui arrêtaient la circulation de l'air et emmagasinaient les poussières.

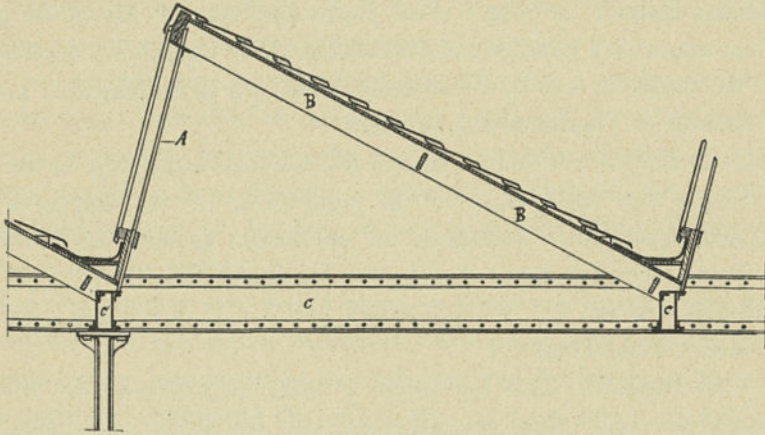


Fig. 2.

La hauteur sous entrails varie avec le genre d'industrie ; à moins qu'elle ne soit justifiée par les exigences de la fabrication, cette hauteur atteint rarement 4 mètres ; au-dessus, elle devient désavantageuse, tant au point de vue de l'éclairage que du chauffage dont il faut augmenter l'intensité.

La portée des sheds varie de 4 à 5 mètres ; ce sont les meilleures proportions pour un bon éclairage.

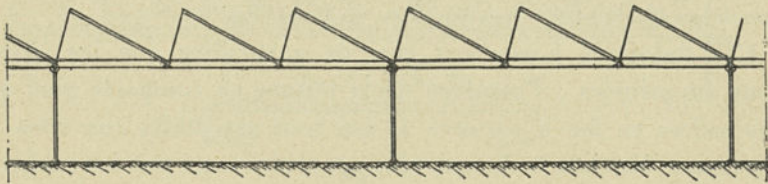


Fig. 3.

Dans le sens longitudinal, on espace les colonnes de 8 à 10 mètres ; dans le sens transversal, ces colonnes supportent deux et même quelquefois trois travées de sheds (fig. 3). Suivant les cas, chacune des colonnes supporte 60 à 120 mètres carrés de surface de toiture.



9. **Vitrages.** — L'éclairage maximum s'obtient avec des toitures en sheds dont les vitrages ont une hauteur de 1,50 à 2 mètres et font face au Nord ; l'angle avec la verticale variant de 10 à 25°.

On utilise, pour ces vitrages, des verres martelés de 5 à 6 milli-

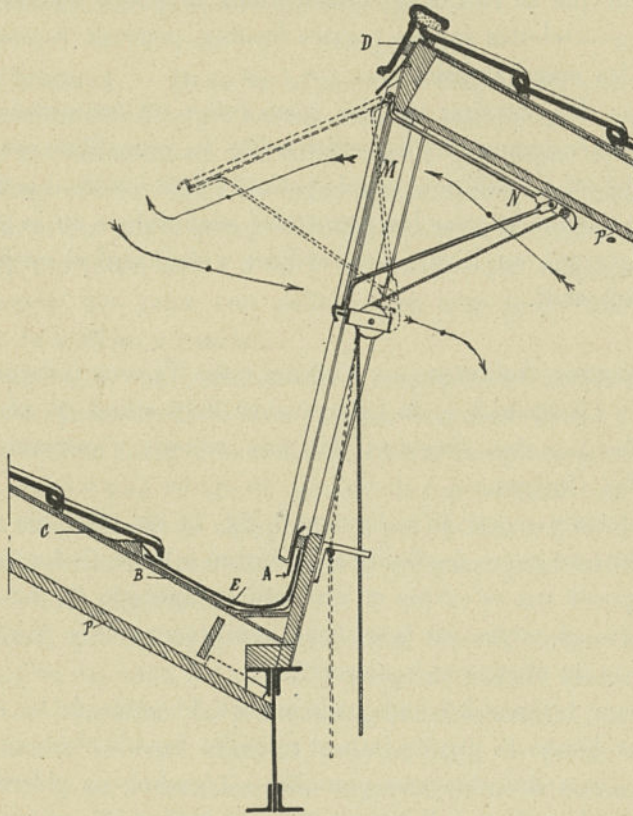


Fig. 4.

mètres d'épaisseur, en feuilles d'une seule pièce, posées à double bain de mastic, sur des barrettes en fer à T espacées de 0,80 m. à 1 mètre.

*Vitrages doubles.* — Depuis quelques années, on fait emploi de doubles vitrages montés sur châssis jumeaux ou sur le même châssis. On évite à la fois, par cette disposition, les pertes de chaleur qui se produisent au travers des vitrages simples et le courant d'air froid descendant qui s'établit, entre les vitres et le sol,



lorsque la différence des températures intérieures et extérieures est un peu importante.

Ces doubles vitrages empêchent aussi, dans les salles où sont traitées des marchandises délicates, une modification du degré hygrométrique de l'air et la condensation de buées qui, se déposant en gouttelettes sur les parties froides, peuvent retomber et avarier les marchandises.

Au bas des vitrages simples, pour éviter cet inconvénient, on dispose généralement des bavettes A (fig. 4), recueillant ces buées et les rejetant à l'extérieur par de petits orifices ; mais il peut arriver qu'incidemment, par les poussières accumulées ou la production de glaçons en hiver, ces orifices s'obstruent et empêchent tout écoulement.

**10. Toitures isolantes.** — Comme nous l'avons indiqué dans l'article « Charpentes », la toiture avec disposition en sheds est constituée par des chevrons-planches venant s'assembler aux cadres des vitrages.

Cette toiture reçoit un voligeage B (fig. 4), en planches minces sur lequel sont fixées des feuilles de carton bitumé C. La tuile est ensuite posée sur ce carton et une faitière spéciale D, maintenue par des vis en cuivre sur la sablière, vient recouvrir le joint, entre l'extrémité du vitrage et la couverture.

Le carton bitumé descend jusqu'au bas de pente de la toiture, passe par-dessus la champ-latte et retombe dans le chéneau E.

Le dessous des chevrons-planches est enduit au plâtre, à la manière ordinaire, sur lattes ou sur un garnissage en panneaux de liège aggloméré P, cloués sur la face inférieure des chevrons.

Cette disposition de toiture présente divers avantages :

Il n'y a plus aucune saillie sur les plafonds, comme dans les anciennes charpentes avec fermes.

La transmission de la chaleur au travers de la toiture est considérablement diminuée, non seulement par l'emploi des panneaux P, en liège, mais encore, par le matelas d'air qui se trouve entre le plafond et le voligeage.

En cas d'incendie, les briques en déchets de liège, étant mauvaises conductrices de la chaleur et à peu près incombustibles, pré-



serveraient la toiture qui est la seule partie vulnérable des bâtiments.

Enfin, s'il y avait bris accidentel d'une tuile, le carton bitumé formant deuxième couverture, l'eau descendrait directement dans le chéneau et toute gouttière serait évitée.

**11. Chéneaux.** — Dans les bâtiments à étages, les chéneaux et les descentes d'eau ne présentent rien de particulier.

Dans les bâtiments en hall et en sheds, la surface de déversement, dans chacun des chéneaux, est souvent considérable ; leur longueur atteignant et quelquefois dépassant 50 mètres. La pente ne pouvant être inférieure à 2 ou 3 millimètres par mètre, afin que l'écoulement des eaux soit suffisant, on leur donne une largeur variant de 0,80 m. à 1 mètre.

Ces chéneaux, construits en tôle d'acier plombé de 1,5 à 2 millimètres d'épaisseur, rivés et soudés par longueurs de 2 à 3 mètres, ont une section transversale E (fig. 4), qui comporte deux parties droites réunies par un arc de cercle ; ils reposent sur une fonçure en bois assemblée à la charpente. A ces épaisseurs, la résistance de la tôle permet de marcher dans le chéneau, pour faire les nettoyages ou les réparations.

Le fond, au bas de pente, est muni d'un déversoir facilitant l'évacuation des eaux s'il y avait engorgement de la descente.

Pour les longueurs de toitures dépassant 50 mètres, on dispose les chéneaux en deux sections, avec un haut de pente commun placé vers la partie médiane. En ce point, on ne fait pas de joint de dilatation ; les effets de celle-ci se reportent aux extrémités extérieures du chéneau.

Les descentes sont en zinc de 0,33 m. à 0,40 m. de développement, avec dauphins en fonte pour l'écoulement sur le sol ou dans les égouts.

Pour éviter, dans les ateliers, des déversements d'eau toujours à redouter en cas d'obstruction, ces descentes, à moins d'impossibilité, doivent toujours être disposées à l'extérieur des bâtiments.

**12. Colonnes.** — Les colonnes creuses en fonte reposent, par l'intermédiaire de rondelles de plomb, sur des socles en pierre



ture solidement fondés. Leurs chapiteaux sont disposés pour recevoir les assemblages des poutres de la charpente.

Nous avons créé, il y a quelques années, une disposition de colonnes à nervures (fig. 5 et 6) qui, non seulement augmentent la résistance au flambement, mais servent de point d'appui aux

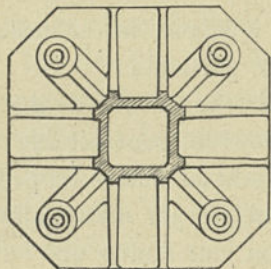


Fig. 5.

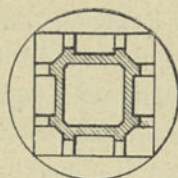


Fig. 6.

cloisons, sans l'intermédiaire de membrures, et facilitent leur pose dans différentes directions.

**13. Distribution d'eau.** — Il importe que de l'eau saine et fraîche soit abondamment distribuée dans les usines ; elle doit être demandée de préférence à une source extérieure.

Dans les cas fréquents où l'on ne dispose pas d'eau de source, il faudra forer un ou plusieurs puits, en des points aussi éloignés que possible des centres de contamination ; fosses d'aisances, écuries, puits perdus.

Si l'eau n'a pas, à son arrivée, une pression suffisante, elle doit être refoulée à la partie la plus élevée de l'usine, dans un réservoir placé à l'abri de la gelée et des poussières ; elle est ensuite distribuée, aux divers services, par des canalisations habituellement en plomb.

On devra veiller à ce que le réservoir soit accessible dans toutes ses parties, pour vider et nettoyer l'intérieur, entretenir et repeindre l'extérieur.

Les prises d'eau potable devront, autant que possible, être faites sur les colonnes montantes, pour que cette eau soit plus fraîche et ne soit pas souillée par les poussières qui tombent dans le réservoir.



Les lavabos comportent généralement un robinet d'eau par trente à cinquante ouvriers. Ils sont installés près des portes des principaux services, à l'entrée des vestiaires.

Il est toujours prudent de brancher sur les canalisations principales d'eau, en des points facilement abordables, des bouches d'incendie auxquelles, en cas de sinistre, on peut raccorder des tuyaux munis de lances à jets.

**14. Eaux usées.** — Elles doivent être évacuées, dans des canaux inférieurs, par des conduites pourvues de siphons. Ces canaux se déversent dans un égout principal qui reçoit aussi, par les descentes, les eaux des toitures. La pente à donner à cet égout est déterminée par l'inclinaison des terrains ; elle ne doit pas être inférieure à 5 ou 6 millimètres par mètre, car il doit servir non seulement à rejeter au dehors les eaux usées, mais encore à faire écouler les eaux de surface et de toitures dont la quantité, dans les forts orages, peut atteindre 50 centilitres par mètre carré et par minute.

Ce canal, en poterie ou en grès, est ordinairement de forme cylindrique, avec chappe en béton. Pour son nettoyage, il est muni de tabourets ou regards de visite placés en face des descentes et à tous les changements de direction.

Lorsque la pente du terrain ne permet que difficilement l'évacuation des eaux usées à l'extérieur des usines, si le sous-sol est suffisamment perméable, on peut, moyennant une autorisation administrative, les déverser dans des puits perdus.

Ces puits devront être creusés aussi loin que possible des caves et fondations des bâtiments ; ils seront complètement fermés et munis d'un tampon de regard supérieur pour le nettoyage ; afin d'éviter un colmatage rapide, on devra leur donner une grande surface d'action.

**15. Cabinets d'aisances.** — On installe habituellement un cabinet par vingt-cinq ouvriers ou ouvrières.

Si l'on dispose, en assez grande quantité, d'eau provenant soit d'une source, soit de la condensation d'un moteur à vapeur et que l'évacuation des matières n'offre ni danger, ni inconvénient, le tout à l'égout est la meilleure des solutions.



Si la quantité d'eau disponible pour les water-closets n'est pas assez considérable, l'entraînement des matières doit être opéré par une chasse d'eau intermittente balayant chaque cuvette ou le canal collecteur. Pour être suffisante, cette chasse nécessite, pour chaque selle, de 10 à 12 litres d'eau qui proviennent soit d'un petit réservoir supérieur placé dans chacun des cabinets, soit d'un réservoir plus important en communication avec l'une des extrémités du canal recevant les matières des divers sièges.

L'ouverture des soupapes, pour chaque chasse, est opérée tantôt par le mouvement des portes, ce qui nécessite une combinaison mécanique assez délicate, tantôt par un levier que manœuvre chaque personne qui sort.

Quand on veut éviter la pollution des cours d'eau avoisinants, et que l'évacuation des matières à l'extérieur de l'usine est inter-

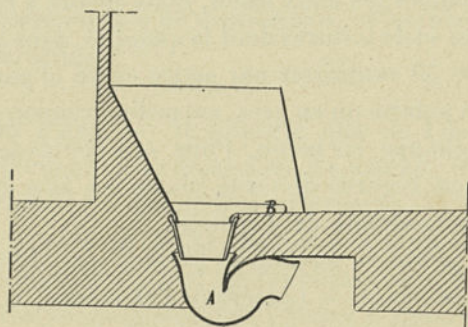


Fig. 7.

dite, on établit, au-dessous des cabinets, des fosses voûtées, absolument étanches, construites en maçonnerie et enduites au ciment.

Le radier de ces fosses doit avoir une pente générale vers un puisard qui est surmonté d'un tampon amovible de vidange de la fosse.

Pour l'entraînement des matières, on ne peut songer à l'emploi de chasses d'eau qui, pour un personnel un peu nombreux, imposeraient des fosses d'un volume considérable. Il faut se contenter de lavages extérieurs, plutôt modérés, si l'on ne veut vidanger ces fosses à intervalles trop rapprochés.

*Sièges à la turque.* — La disposition généralement adoptée



pour les sièges de cabinets à fosse fixe, est le siège à la turque dont la lunette est prolongée par une inflexion siphonide A (fig. 7), formant joint hydraulique avant le débouché dans la fosse.

Bien que les sièges soient souvent souillés par la négligence du personnel et leurs siphons obstrués par des détritits ou des déchets de fabrication qu'il cherche à faire disparaître, on arrive cependant à maintenir les cabinets propres et à peu près inodores moyennant les quelques précautions suivantes :

Le sol B des cabinets doit être imperméable et fait d'une coquille en grès ou d'un dallage enduit au ciment, avec saillie pour reposer les pieds. Toutes les pentes convergent vers la lunette et sont raccordées aux angles des murs et des parties saillantes, par de fortes moraines.

Ces dispositions doivent être complétées par un appareil hydraulique, en forme de pomme d'arrosoir placé à la partie supérieure, au-dessus du siège, et recevant l'eau sous pression de la conduite générale ; il est ouvert deux fois par jour, pendant l'heure des repas et à la sortie des ouvriers.

Enfin, les voûtes des fosses doivent être traversées par des tuyaux d'évent débouchant assez haut pour former aspiration.

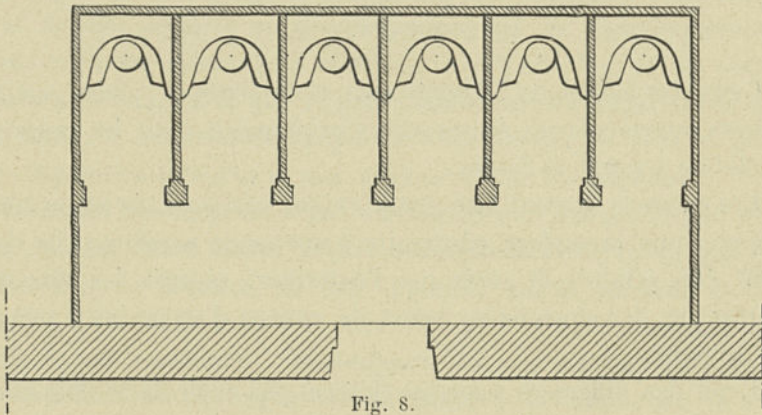


Fig. 8.

Si la ventilation des ateliers est produite par pulsion d'air, comme l'usage s'en répand de plus en plus, les émanations des fosses, ainsi que celles qui pourraient s'échapper des cabinets, sont rejetées à l'extérieur et ne peuvent faire retour dans les ateliers, quand les portes s'ouvrent ; ces ateliers étant pour ainsi dire sous pression.



En résumé, quels que soient les systèmes employés dans les cabinets d'aisances, toute communication entre les fosses fixes et le cabinet ne devra s'effectuer qu'au travers d'une fermeture hydraulique. La chute directe des matières dans les fosses doit être absolument condamnée.

**16. Disposition des cabinets.** — Les cabinets d'aisances des bâtiments en rez-de-chaussée sont habituellement disposés par rangées (fig. 8), ou par groupe (fig. 9), dans de petits édifices adossés aux bâtiments principaux, de préférence sur les façades Nord et Nord-Est. Ils ne doivent pas communiquer directement avec les salles de travail, mais en être isolés par un couloir éclairé et ventilé sur lequel ils s'ouvrent.

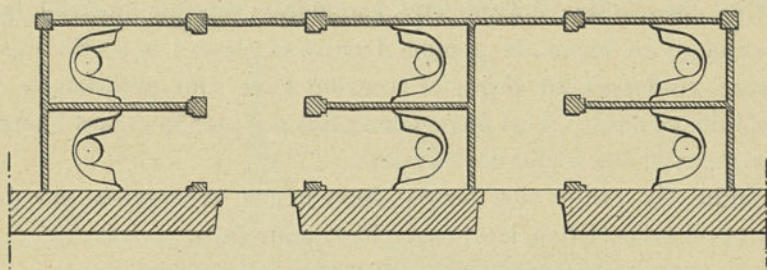


Fig. 9.

Ceux des bâtiments à étages sont ordinairement placés sur les paliers intermédiaires des escaliers principaux, dont les murs de fondation servent de fosses.

Les cabinets doivent être aussi exigus que possible et ne comprendre que la surface nécessaire à une seule personne; ils doivent être éclairés et aérés par l'extérieur, séparés les uns des autres par des cloisons en béton de ciment d'au moins 2 mètres de hauteur.

Ceux des différents sexes ne doivent pas avoir de couloir commun; ils sont séparés par des murs pleins.

Il est préférable, au lieu d'enduire les parois des cabinets à la chaux ou au plâtre, de les badigeonner de 5 à 6 couches de goudron qui rendent les murs imputrescibles et sur la surface desquels il est impossible de rien tracer. La disposition la plus hygiénique, mais aussi la plus coûteuse, est le revêtement en carreaux de faïence.



## CHAPITRE II

### FORCES MOTRICES

L'outillage des établissements industriels un peu importants était actionné, jusqu'en ces dernières années, soit par des moteurs à vapeur, soit par des moteurs hydrauliques, soit par l'accouplement des deux systèmes se complétant l'un l'autre.

Depuis quelque temps, l'emploi des courants électriques a permis le transport de l'énergie à grandes distances, sans pertes trop considérables, et de nombreuses usines sont actionnées aujourd'hui par des moteurs électriques.

Ce dernier mode de distribution d'énergie présente certains avantages qui en ont fait rapidement généraliser l'emploi : modicité de prix, facilité de mise en marche, simplicité de fonctionnement. Nous estimons même qu'à mesure que se multiplieront les distributions de courant et que se perfectionneront les appareils de distribution, le matériel électrique se substituera, de plus en plus, aux machines à vapeur et aux intermédiaires mécaniques.

L'emploi des moteurs à gaz d'éclairage et à gaz pauvre ne s'est pas étendu. Étant donné le prix ordinairement élevé du gaz qui l'alimente, le premier de ces appareils paraît convenir seulement à la petite industrie et aux ateliers à marche intermittente. Malgré son rendement économique, les applications du second se sont localisées presque exclusivement à la commande de stations électriques, ainsi qu'à quelques industries dont il forme l'un des sous-produits. On lui reproche d'être d'un fonctionnement délicat, les engorgements par les cendres et les goudrons y sont fréquents; de plus, son manque d'élasticité le fait écarter des usines où le travail mécanique à développer est variable.

Nous allons rapidement passer en revue les conditions écono-



miques d'établissement des différentes sources d'énergie qui paraissent pour longtemps encore devoir se partager les préférences de l'Industrie : les moteurs à vapeur et leurs chaudières, les moteurs hydrauliques. Nous compléterons cet exposé par la description des appareils de transmission d'énergie mécaniques ou électriques.

#### § 1. — MACHINES A VAPEUR

17. — De tous les moteurs, le plus répandu est encore celui dans lequel on utilise la force expansive de la vapeur d'eau. Il présente, sur les autres moteurs et surtout sur ceux actionnés par les forces naturelles, les avantages de la facilité de ses applications, de la sûreté de sa marche, par tous les temps, et enfin de sa grande élasticité.

Dans les régions industrielles du Centre et du Sud-Est, on donne la préférence aux machines horizontales, à allure modérée, dont la vitesse ne dépasse pas, pour les forces moyennes, 100 tours par minute.

Ces machines sont généralement à un seul cylindre, à grande détente, avec distribution de vapeur par tiroirs plans ou par organes multiples. Un régulateur à force centrifuge agit, pour faire varier les admissions de vapeur, soit sur la distribution par tiroirs, par l'intermédiaire d'une coulisse ; soit, sur la distribution à organes multiples, à déclivité, dérivée des types Corliss.

Les cylindres de ces machines, pour que leurs parois soient maintenues à une température constante, doivent être entourés d'une enveloppe concentrique mise en communication avec les tubulures d'admission de la vapeur.

Ces machines sont à peu près exclusivement à condensation par mélanges, que l'on ait à proximité une quantité d'eau froide suffisante, ou que l'on ait recours à un réfrigérant de l'eau de condensation.

La distribution de la vapeur est réglée par des organes particuliers et comprend les phases suivantes :

*L'admission* dont la durée est modifiée par le régulateur, suivant l'importance du travail à développer, *la détente de la vapeur* qui se produit aussitôt la fermeture de l'orifice d'admission ; enfin,



*l'échappement* qui commence dès que le cylindre est mis en communication avec l'atmosphère ou avec le condenseur.

Les courbes de pression dans le cylindre peuvent être relevées au moyen d'indicateurs et les diagrammes tracés donnent la figuration du cycle produit par la vapeur ; ils permettent de se rendre un compte à peu près exact des phases de la distribution, de plus, le calcul de leur surface donne la mesure du travail accompli dans le cylindre : c'est le travail indiqué.

Le rendement de la machine est le rapport entre le travail indiqué et le travail effectif qui est mesuré au frein sur l'arbre de la machine ou par une transformation électrique.

Ce rendement, dans les machines bien construites, oscille autour de 0,85.

En mettant successivement en marche chacun des services d'une usine, le relevé des diagrammes consécutifs de la machine permet de se rendre compte du travail absorbé par chaque partie de cette usine et par les transmissions.

**18. Machines compound.** — On emploie parfois des machines à double et même à triple expansion.

La machine à double expansion, appelée aussi « compound », comporte deux cylindres conjugués pouvant être accolés ou bien montés sur des bâtis séparés.

L'un d'eux, à haute pression, le plus petit en diamètre, reçoit la vapeur directement de la chaudière ; elle commence à s'y détendre. Le second cylindre, dit à basse pression, d'un plus grand diamètre, reçoit la vapeur d'échappement détendue du petit cylindre, après son passage dans un réservoir intermédiaire.

La distribution de la vapeur dans le petit cylindre est faite par tiroirs ou par déclit ; elle est modifiable par le régulateur. Celle, au grand cylindre, est ordinairement variable à la main.

**19. Moteurs à grande vitesse.** — Les moteurs verticaux, types pilons, dont les vitesses atteignent quelquefois 3 et 400 tours, sont le plus souvent avec dispositions « compound ».

Leur régulateur, à force centrifuge, est placé dans le volant ; il agit directement sur l'excentrique de distribution en modifiant sa course et son calage.



**20. Condensation.** — Quand on veut une marche économique, quelle que soit la machine employée, on doit la faire fonctionner à condensation. Cette règle ne souffre d'exception que pour certaines industries : blanchisseries, teintures, distilleries, où la vapeur d'échappement est employée au chauffage d'appareils.

Il faut disposer, pour la condensation, de 25 litres d'eau par kilogramme de vapeur dépensée, ou environ 250 litres par cheval-heure, quantité nécessaire pour abaisser la température de cette vapeur, à moins de 40°. Cette eau est aspirée directement par le condenseur, lorsque la hauteur d'aspiration ne dépasse pas 6 à 7 mètres ; au-dessus, on fait usage de pompes de puits.

*Réfrigérant.* — Si la quantité d'eau disponible est inférieure à celle qui vient d'être indiquée, on installera un réfrigérant des eaux de condensation. Le volume d'eau à fournir pourra s'abaisser jusqu'à 12-15 litres par cheval-heure, suffisants pour l'alimentation des générateurs et les pertes par l'évaporation.

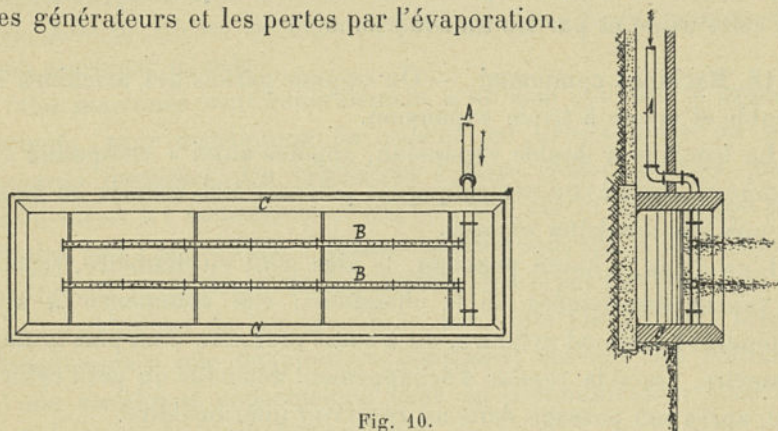


Fig. 10.

Ces réfrigérants peuvent présenter diverses dispositions qui sont basées sur ces deux principes : divisibilité de l'eau et contacts multiples avec l'air, dans les réfrigérants à fascines ou à jets pulvérisés ; classement de l'eau évacuée, par densité et par température, dans des réservoirs cloisonnés.

Les réfrigérants à jets pulvérisés (fig. 10) nécessitent l'élévation de l'eau à une certaine hauteur ; mais, étant plus efficaces et moins encombrants que ceux à fascines et à réservoir, leurs applications se développent de plus en plus.



Dans cette disposition, l'eau arrive du condenseur par le tuyau A, et jaillit d'une quantité de petits ajutages placés sur les tuyaux B, B; cette eau retombe en pluie, dans un réservoir C, après s'être refroidie au contact de l'air; elle est de nouveau aspirée au condenseur, pour recommencer le même cycle.

Les pertes d'eau sont compensées comme il a été indiqué plus haut.

Dans tous les systèmes de réfrigérants, surtout quand une partie des eaux doit servir à l'alimentation des chaudières, il est nécessaire de disposer, en un point du parcours de l'évacuation du condenseur, des filtres ou des appareils de décantation destinés à enlever les huiles et les graisses dont elles sont souillées.

**21. Graissage.** — Depuis que l'on alimente les machines avec de la vapeur à haute pression, — 8 à 9 kilogrammes par centimètre carré et même au delà — la question du graissage des cylindres et des organes placés dans la vapeur est devenue très importante.

Pour éviter les corrosions des parties frottantes, on n'emploie, pour ce graissage, que des graisses et huiles minérales non saponifiables.

L'introduction de ces substances dans la vapeur se fait soit par des graisseurs spéciaux, dans lesquels l'huile, qui se débite goutte à goutte, est remplacée par de la vapeur condensée, soit par des graisseurs à piston qui en refoulent de petites quantités entre les surfaces frottantes.

Pour clarifier les huiles qui ont servi au graissage des cylindres à vapeur, il est économique d'installer un filtre dans les salles de machines. On trouve l'emploi de ces résidus épurés pour la lubrification des outils et des transmissions.

**22. Choix d'un moteur.** — Le choix du type de machine le plus avantageux comme moteur industriel, est assez difficile à préciser; chacun d'eux ayant les qualités et les défauts inhérents à son système et devant être étudié pour chaque application particulière.

Les machines dans lesquelles une distribution à déclat actionne des organes distincts, indépendants de l'avance angulaire de la



machine : soupapes, tiroirs d'admission et d'échappement, sont les plus économiques. Ce genre de distribution assure, instantanément, l'ouverture complète des passages de la vapeur ; il donne, sans compression exagérée, une grande latitude à son admission ; enfin les organes d'obturation, soumis à la pression de cette vapeur, sont légers, de faibles surfaces et peuvent être partiellement équilibrés.

Dans les petites et moyennes forces, ne dépassant pas de 40 à 50 chevaux, on peut employer les machines pourvues de distribution par tiroirs, qui sont simples et robustes. Leurs organes de distribution n'ont pas, à ces puissances, des dimensions incompatibles avec une marche à pression élevée et un bon graissage.

Les machines à expansion sont à recommander pour toutes les applications où l'on recherche la régularité de la marche, en même temps qu'une certaine économie. Leurs dispositions, avec réservoirs intermédiaires, permettent l'attaque de l'arbre du volant par deux manivelles à 90°, ce qui rend le couple de rotation bien supérieur à celui des machines à un seul cylindre ; leur rendement est un peu inférieur à celui des machines à déclié.

Enfin, l'emploi des machines à grande vitesse n'est à conseiller que comme machines auxiliaires actionnant des dynamos, ventilateurs ou pompes alimentaires. Elles ne fonctionnent, le plus souvent, que de façon intermittente.

**23. Entretien des machines à vapeur.** — Dans les installations de forces inférieures à 40-50 chevaux, un seul ouvrier peut suffire à l'alimentation du générateur et à la surveillance de la machine à vapeur, quand ces appareils sont placés dans la même salle ou disposés dans des locaux contigus. Au delà de cette force, il est préférable d'avoir un ouvrier préposé à la machine à vapeur.

Avant la mise en route, qui devra s'effectuer au dépiqueur ou au vireur, cet ouvrier veillera à ce que toutes les pièces de sa machine soient en état : les coussinets, les garnitures et les joints serrés à point, les graisseurs garnis d'huile et ouverts pour la débiter en quantité suffisante. Au moment de la mise en route, il devra donner, au préalable, un avertissement spécial, coup de sifflet, de sirène, etc. ; de même, au moment de l'arrêt.



La marche de la machine devra être silencieuse; tout jeu entre les pièces en mouvement donne lieu à des chocs, toute vibration est nuisible à la machine et en détermine l'usure et la destruction. Un moteur entretenu et réglé doit durer indéfiniment.

Pendant la marche, le mécanicien vérifiera fréquemment la température des tourillons, s'assurera de la quantité d'huile distribuée par les graisseurs et du serrage des coussinets. Si ceux-ci ont des tendances à s'échauffer, il devra les desserrer de suite, — la dilatation des pièces ne faisant qu'augmenter l'échauffement, — puis les arroser avec des mélanges d'huile et d'eau, d'eau et de plombagine, etc.

Il vérifiera la marche du condenseur dont la température ne doit pas s'élever à plus de  $40^{\circ}$  et le vide descendre au-dessous de 60 centimètres de mercure, aux altitudes moyennes.

Il veillera aussi à ce que la plus grande propreté règne dans la salle de la machine et sur la machine elle-même; l'habitude de la propreté rend attentif et soigneux. Si toutes les pièces d'une machine sont brillantes, on aperçoit immédiatement ce qui se produit d'anormal.

En un mot, le mécanicien devra savoir tenir sa machine en constant état de marche, soit par les soins apportés pendant le fonctionnement, soit par les réparations faites pendant les arrêts.

**24. Coups d'eau.** — Afin d'éviter les coups d'eau pouvant résulter de la condensation de la vapeur dans les conduites ou dans les cylindres des machines, il est important d'envelopper ces divers organes par des substances isolantes d'une faible épaisseur. Pour l'évacuation des eaux condensées, il faut disposer aux extrémités des cylindres et au point bas des conduites, des robinets de purge ou des purgeurs automatiques.

Dans les cylindres des machines à condensation, surtout quand les condenseurs sont alimentés par de l'eau en charge, elle peut s'introduire dans ces cylindres, avant la mise en route, et provoquer des ruptures. Pour éviter ce danger, on doit toujours fermer l'arrivée de l'eau de condensation au moment de l'arrêt de la machine et ne l'ouvrir qu'après, ou tout au moins au moment exact de la mise en route.



**25. Rendement des machines à vapeur.** — Dans une machine à vapeur, l'utilisation de l'énergie produite, est faible; le rendement varie, suivant son degré de perfection, de 8 à 12 p. 100.

Une machine de moyenne force, 50 à 100 chevaux, avec enveloppe de vapeur, une introduction pouvant varier de 8 à 15 p. 100 de la course du piston, le vide au condenseur supérieur à 65 centimètres de mercure, peut dépenser environ 9,500 kg. de vapeur par cheval effectif-heure et 8 kilogrammes par cheval indiqué.

Cette quantité augmente à mesure que l'on s'éloigne, dans un sens ou dans l'autre, des fractions d'introduction données plus haut. Elle varie aussi suivant l'importance de la machine.

## § 2. — GÉNÉRATEURS A VAPEUR

**26. Combustibles.** — Le combustible le plus généralement employé pour l'alimentation des chaudières industrielles, est la houille.

Ou utilise aussi quelquefois, par mesure d'économie, dans des foyers spéciaux, les sous-produits de quelques industries : poussières de coke et d'anthracite, tannées et sciures de bois.

La puissance calorifique de la houille varie, par kilog, de	7 500 à 8 000	calories.
Les poussières de coke et d'anthracite . . . . .	2 500 à 4 500	—
Les sciures de bois et tannées . . . . .	2 000 à 2 100	—

Pour le chauffage des chaudières à la houille, on doit donner la préférence aux houilles maigres, à longue flamme, et à celles demi-grasses qui ne collent pas aux grilles. Lorsqu'on dispose d'un bon tirage, on peut brûler les menus sortants.

On a presque toujours avantage, quand les frais de transport du combustible sont un peu élevés, à brûler des houilles de qualité supérieure.

Les appareils de chauffage dans lesquels on brûle le combustible, se composent de trois parties distinctes :

Le foyer dans lequel s'accomplit la combustion.

La cheminée qui détermine l'afflux de l'air au travers du combustible et rejette à l'extérieur, les gaz produits de la combustion.

Le récepteur qui reçoit la chaleur et la transmet à l'eau à vaporiser.



**27. Foyers.** — Les foyers ont des formes appropriées aux combustibles qu'ils ont à brûler.

Pour la combustion de la houille, le foyer se compose d'un cendrier inférieur avec ouvertures pour le passage de l'air, d'une grille horizontale ou légèrement inclinée et d'un autel, placé à l'arrière de la grille, pour faciliter le mélange des gaz de la combustion.

Le foyer est enveloppé soit de maçonneries de briques, soit de métal; dans ce dernier cas, lorsque les parois sont en contact, sur l'autre face, avec le liquide à vaporiser, la combustion est souvent incomplète par suite du refroidissement rapide des flammes.

Afin que l'air afflue librement et également à travers la masse du combustible, l'épaisseur des barreaux de la grille ne doit pas dépasser 10 à 12 millimètres.

On charge ordinairement 60 à 70 kilogrammes de houille, par mètre carré de surface de grille, correspondant à une épaisseur de combustible de 0,10 m. à 0,15 m. Des charges faibles et répétées sont favorables à l'économie de la marche.

La combustion varie de 0,800 kg. à 1,200 kg. de houille par heure et décimètre carré de grille.

Toutes les fois que cela est possible, on doit disposer le bas du cendrier en cuvette pour recevoir une petite quantité d'eau qui éteint les escarbilles et supprime leur rayonnement sur les parties inférieures des barreaux; cette eau forme un miroir qui permet la surveillance du dessous de la grille.

La quantité d'air utilisée à la combustion est assez variable et dépend de l'intensité du tirage. Elle est d'environ 18 mètres cubes par kilogramme de houille.

Les fumées, composées des résidus de la combustion et des gaz brûlés, s'évacuent par l'intermédiaire de galeries appelées carneaux, qui enveloppent la plus grande partie du récepteur et se prolongent jusqu'à la cheminée.

**28. Cheminées.** — De la hauteur et de la section d'une cheminée dépendent le tirage et la quantité de combustible que peut brûler le foyer.

Pour déterminer cette hauteur, il faut tenir compte de l'altitude



des parties avoisinantes ; constructions, collines, etc., qui peuvent, en dominant l'orifice de sortie, rendre les vents plongeants et altérer le tirage.

Dans les cheminées d'usine, elle est ordinairement comprise entre 20 et 30 mètres. Pour une pareille hauteur de cheminée et une combustion moyenne de 1 kilogramme de houille par décimètre carré de grille, sa section à la sortie doit être, au minimum, le  $\frac{1}{3}^e$  de la surface de la grille.

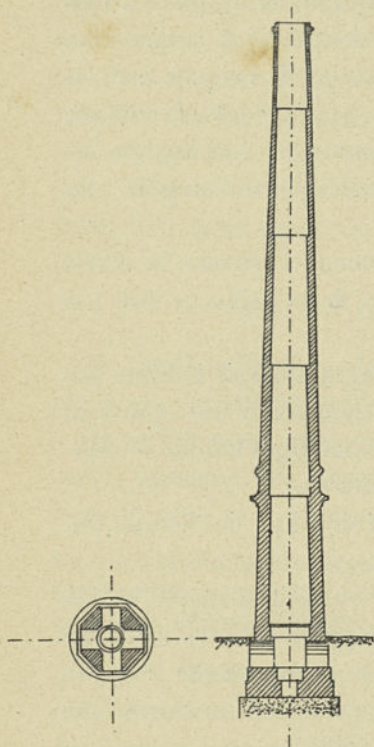


Fig. 11.

**29. Construction des cheminées.** — Les cheminées (fig. 11) se construisent le plus souvent en briques. Leur partie supérieure est recouverte d'un couronnement en fonte qui en charge les assises et évite les infiltrations d'eau dans les joints des briques ; elle est ordinairement surmontée d'un paratonnerre.

On a presque renoncé à la cheminée carrée qui offre plus de prise au vent que la cheminée ronde et dont la section est moins favorable à l'écoulement des gaz.

Dans les installations temporaires, on emploie des cheminées en tôle formées de viroles cylindriques ; elles sont posées sur un soubassement en briques et surmontées d'un chapeau conique pour les garantir des intempéries.

**30. Carneaux.** — La section des carneaux doit être au moins égale à la section de sortie de la cheminée ; étant donné que la température et le volume des gaz vont décroissant depuis le foyer, il est prudent d'augmenter cette section et de la porter à  $\frac{1}{4}$  de la surface de grille. Il est d'ailleurs préférable de ne pas avoir une vitesse exagérée des gaz chauds dans les carneaux, la durée de contact avec les parois du générateur en étant diminuée ; cet



inconvenient n'a pas une grande importance quand les chaudières sont munies de faisceaux tubulaires, mais pourrait en avoir, si les parcours des gaz sont peu étendus.

Au sortir des carneaux de chaque chaudière, on dispose un registre qui, modifiant la section de passage, augmente ou diminue la quantité d'air arrivant sur la grille.

Les galeries de fumée qui partent d'un générateur ou d'une batterie de chaudières, pour aller rejoindre la cheminée, doivent

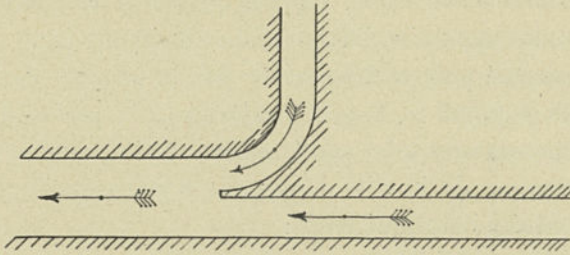


Fig. 12.

avoir une section plus grande que celle des carneaux qui y aboutissent, afin de laisser la place aux cendres qui s'y déposent. Il est bon de donner à ces galeries une légère pente ascendante du côté de la cheminée.

Lorsque plusieurs carneaux d'une batterie de chaudières se réunissent dans une même galerie aboutissant à une cheminée commune, on doit accompagner chacun des carneaux, sur une certaine longueur, à sa rentrée dans la galerie, afin d'éviter que les divers tirages se gênent mutuellement (fig. 12).

**31. Surface de chauffe.** — La partie du générateur qui reçoit et transmet la température, est la surface de chauffe.

Au-dessus du foyer, cette surface se trouve en contact avec les gaz les plus chauds ; la température de ces gaz va décroissant jusqu'à la cheminée. Pour que le combustible soit bien utilisé, il faut qu'il y ait, entre cette surface de chauffe et la surface de grille, un rapport sensiblement constant. Ce rapport est de  $1/35$  à  $1/45$ .

Il n'y a pas avantage à ce que la température des gaz, à leur entrée à la cheminée, soit inférieure à  $200^{\circ}$ .



**32. Production de vapeur.** — La quantité de vapeur que peut produire une chaudière est assez variable, elle dépend de la qualité du combustible, du tirage, etc. On peut cependant compter, pour des générateurs chauffés à la houille et établis dans les proportions indiquées ci-dessus, sur une production moyenne de 12 à 15 kilogrammes de vapeur, par mètre carré de surface de chauffe et par heure.

La quantité de combustible que nécessite la vaporisation d'un poids déterminé d'eau varie, selon la qualité de ce combustible, la disposition des appareils, l'habileté du chauffeur, etc.

Cette quantité peut se déterminer par la formule de Regnault :  $C = 606,05 + 0,305 \times T = 657$  calories (à la pression de 6 kilogrammes) nécessaires à la vaporisation de 1 kilogramme de vapeur.

1 kilogramme de houille dégageant 8 000 calories environ, il devrait produire théoriquement :

$$8\,000 : 657 = 12 \text{ kilogrammes de vapeur, à cette pression.}$$

Dans la pratique, diverses causes abaissent sensiblement ce chiffre : les rayonnements extérieurs, la chaleur emportée par les gaz entraînés dans la cheminée, etc. Cette puissance de vaporisation dépasse rarement 9 kilogrammes ; elle est généralement comprise entre 6 et 8 kilogrammes. Les rendements supérieurs sont presque toujours fournis par un entraînement, avec la vapeur, d'une certaine quantité d'eau qu'il est difficile d'évaluer exactement.

Les données précédentes suffisent pour déterminer les surfaces de chauffe et de grille des générateurs dont on connaît la puissance de production.

### § 3. — DESCRIPTION DES CHAUDIÈRES

**33. Chaudières à bouilleurs.** — Elles sont composées d'un corps cylindrique horizontal surmontant un ou deux bouilleurs inférieurs qui lui sont réunis par des tubulures rivées.

L'ensemble est placé dans un fourneau en maçonnerie de briques, la tête des bouilleurs directement au-dessus du foyer.

Les gaz circulent autour de la partie arrière des bouilleurs, reviennent à l'avant du corps principal par un carneau latéral, puis font retour à la cheminée par un autre carneau symétrique.



**34. Chaudières à foyers intérieurs.** — Dans ces chaudières, le corps principal est de grand diamètre pour recevoir un ou deux tubes renfermant les foyers.

Les gaz suivent d'abord ces tubes jusqu'à leurs extrémités, font ensuite retour à l'avant par deux carneaux latéraux, puis se rendent à la cheminée par une galerie unique placée sous la chaudière.

Il est avantageux de donner aux foyers un grand diamètre qui ne doit pas être inférieur à 0,60 m.

Afin de diminuer la section de passage des gaz chauds dans la partie arrière des foyers, on place parfois, dans chacun d'eux, un bouilleur relié au corps principal. Nous ne conseillons pas cette disposition, il s'y produit des engorgements de suie entre le dessous du bouilleur et le foyer.

M. Galoway a apporté à cette chaudière une importante modification en réunissant, à l'arrière de l'autel, les deux tubes du foyer en une chambre à combustion unique qu'il fait traverser par de nombreuses tubulures tronconiques disposées en quinconces. La section de passage des gaz chauds est ainsi réduite et le brassage énergétique.

**35. Chaudières semi-tubulaires (fig. 13).** — Elles sont compo-

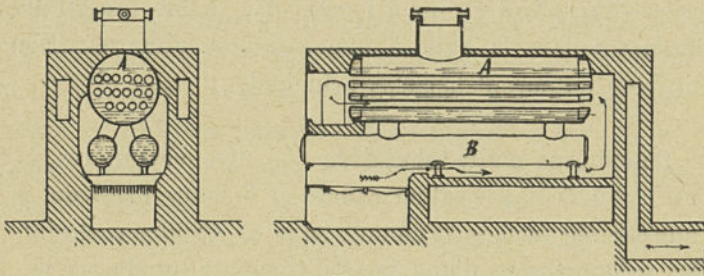


Fig. 13.

sées d'un corps cylindrique horizontal A, avec faisceau tubulaire intérieur, surmontant deux bouilleurs parallèles B.

Ces bouilleurs sont placés au-dessus du foyer et les gaz de la combustion, après avoir circulé autour d'eux, reviennent à l'avant du corps principal par deux carneaux latéraux; ils font ensuite retour à la cheminée par le faisceau tubulaire, dont la plus grande



partie est composée de tubes amovibles, type Berendorf, le reste étant formé de tubes-tirants qui maintiennent rigides les parois planes des fonds du corps principal.

**36. Chaudières à faisceaux tubulaires amovibles (fig. 14).** — Il est difficile d'enlever les incrustations que déposent, à l'intérieur

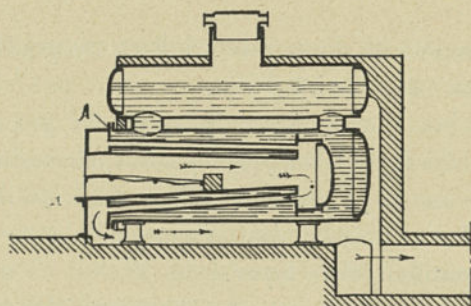


Fig. 14.

des chaudières, les eaux d'alimentation calcaires. Pour faciliter leur nettoyage interne, on a rendu amovibles, dans certaines chaudières, le foyer et le faisceau tubulaire, au moyen d'un joint A, fixé par des boulons et placé à l'avant. On peut ainsi aborder toutes les parties intérieures pour opérer ce nettoyage.

Dans ces chaudières, les produits de la combustion vont du foyer à l'arrière-foyer, font retour à l'avant par le faisceau tubulaire et se réunissent dans la boîte à fumée de tête, pour retourner à la cheminée en entourant le corps principal.

**37. Chaudières multi-tubulaires.** — Ces chaudières, à faible volume d'eau, à vaporisation rapide et à haute pression, présentent une grande surface de chauffe sous un volume restreint.

Elles se composent d'une série d'éléments tubulaires, de faible diamètre, formant des faisceaux inclinés qui sont assemblés sur des collecteurs. Ces derniers reçoivent, d'un côté, l'eau d'alimentation et évacuent, de l'autre, dans un réservoir supérieur, la vapeur produite.

Ces faisceaux de tubes sont entourés d'une maçonnerie de briques et placés au-dessus d'un foyer.

Les gaz, guidés par des chicanes, circulent autour des tubes



pleins d'eau, puis se rendent à la cheminée par des galeries généralement situées à l'arrière des chaudières.

*Nota.* — Pour assurer la sécurité de leur fonctionnement, les chaudières doivent être munies d'une série d'appareils réglementés par la loi du 1<sup>er</sup> mai 1880, que nous donnons dans les notes, n° 264, annexées à cet ouvrage.

#### § 4. — APPAREILS ÉCONOMIQUES ACCESSOIRES

38. — L'utilisation des chaudières à vapeur, même les plus perfectionnées, est assez imparfaite ; sur 100 calories dégagées par la combustion, 40 sont perdues par le rayonnement et l'échappement des gaz chauds à la cheminée, 60 environ sont absorbées par la production de la vapeur. Une minime partie seulement de ces 60 calories est transformée, dans la machine à vapeur, en travail mécanique utilisable ; de sorte qu'on ne peut compter, — ainsi que nous l'avons dit au n° 25, — que sur un rendement définitif de 8 à 12 pour 100 calories produites par le combustible brûlé.

Aussi, la principale préoccupation de ceux qui ont étudié les moteurs thermiques, a-t-elle été de produire le cheval-vapeur dans les meilleures conditions, en diminuant les dépenses de combustibles.

De son côté, l'industriel qui, aux époques prospères, n'apporte qu'une attention relative à quelques tonnes de charbon dépensées en plus ou en moins et recherche plutôt une production intensive ; aux périodes difficiles, apprécie, entre toutes les économies, celles du combustible dont il peut mesurer l'importance par un contrôle rapide et facile.

Les perfectionnements successifs apportés aux machines à vapeur ont déjà donné de sensibles résultats ; mais il reste encore beaucoup à faire, soit par la diminution des pertes dues aux entraînements d'eau et aux condensations de la vapeur contre les parois des conduites et des cylindres, soit par l'utilisation partielle de la chaleur s'échappant par la cheminée.

Dans ce but, divers appareils sont parfois appliqués aux chaudières : les surchauffeurs vaporisant les eaux entraînées par la vapeur, les économiseurs utilisant une partie des chaleurs perdues



pour le chauffage de l'eau d'alimentation, et enfin, les dispositions de tirage induit substituant au tirage naturel de la cheminée, un entraînement mécanique des gaz de la combustion.

**39. Surchauffeurs de vapeur.** — La vapeur qui parvient dans le cylindre d'une machine à vapeur n'est pas sèche, soit qu'au départ de la chaudière elle tienne en suspension une certaine quantité d'eau entraînée, soit qu'une partie de cette vapeur se condense contre les parois des conduites d'amenée ou dans le cylindre de la machine.

Cette eau entraînée et ces condensations étant évacuées à l'extérieur par les purgeurs ou les orifices d'échappement, donnent lieu à des pertes importantes : Hirn<sup>4</sup>, dans ses travaux, a démontré qu'on pouvait, en grande partie, diminuer ces pertes par un surchauffage de la vapeur, en l'isolant du liquide générateur, sur son parcours de la chaudière au cylindre.

Cette disposition élève la température d'application de la vapeur et augmente le rendement limite de la machine ; le maximum d'économie se produit lorsque, à la fin de la détente dans le cylindre, la vapeur se trouve sèche, à l'état saturé ou même légèrement surchauffée.

Pour atteindre ce résultat, le surchauffeur peut être disposé comme annexe de la chaudière et comporter un faisceau tubulaire plongé dans les gaz de combustion. Il reçoit, à l'une de ses extrémités, la vapeur produite par le générateur et l'évacue, après sa surchauffe, à la conduite de distribution au moteur.

Dans d'autres dispositions, le faisceau tubulaire du surchauffeur est installé isolément, sur un foyer indépendant. La surface de ce faisceau tubulaire doit être telle, qu'à proprement parler, elle ne serve pas à surchauffer, mais seulement à sécher la vapeur en vaporisant les eaux entraînées.

La température de la vapeur traitée, à la sortie du surchauffeur, ne doit pas dépasser 200 à 250° ; au-dessus de cette température, on aurait, en pratique, l'inconvénient de la fournir trop sèche, trop chaude, pouvant décomposer les lubrifiants et déterminer des grippements dans les pièces qui se meuvent dans la vapeur.

L'économie de combustible réalisée par l'emploi du surchauffage

<sup>4</sup> *Théorie Mécanique de la Chaleur.*



dépend de la marche du générateur donnant de la vapeur plus ou moins humide ; elle varie de 5 à 15 p. 100.

Le surchauffage est surtout intéressant pour la vapeur qui alimente les machines à expansion.

40. **Économiseur.** — Dans les chaudières dont la surface de chauffe est faible pour le volume de vapeur qu'elles ont à fournir, et dont il faut forcer l'allure des foyers afin d'en augmenter la production, les gaz arrivent parfois à la cheminée à 250 et même 300° ; température sensiblement plus élevée que celle que nous avons indiquée dans le n° 31.

Par l'intermédiaire d'appareils appelés « *économiseurs* », une partie de la chaleur de ces gaz peut être récupérée pour chauffer l'eau d'alimentation et compenser ainsi l'augmentation de consommation des foyers, dont les conditions de marche sont mauvaises.

Ces appareils se composent de faisceaux de tubes de petit diamètre, inclinés ou verticaux, chauffés par les chaleurs perdues, recevant l'eau d'alimentation d'un collecteur placé à l'extrémité inférieure et l'évacuant dans un réservoir supérieur d'eau chaude, d'où elle est distribuée aux générateurs.

Certains de ces appareils, les économiseurs « Green », ont leurs tubes pourvus de râcloirs extérieurs animés d'un mouvement de va-et-vient, afin de maintenir propres leurs parois.

Les faisceaux tubulaires sont généralement assez importants : on compte de 40 à 50 décimètres de surface de tubes par mètre carré de surface de chauffe des générateurs.

Lorsque les gaz arrivent à l'économiseur à 300° et plus, la température de l'eau, à la sortie de cet appareil, atteint facilement de 120 à 140° ; le rendement des générateurs est augmenté de 15 à 18 p. 100. L'augmentation de rendement n'est plus que de 8 à 12 p. 100, quand les gaz sont à 250°.

Au-dessous de 200°, il n'y a pas intérêt à faire usage d'un économiseur<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> D'après une étude toute récente parue dans le *Bulletin technologique des anciens élèves des Écoles d'Arts et Métiers*, janvier 1905, donnant la courbe de la marche de tirage d'une cheminée dans laquelle les gaz sont évacués à diverses températures, il résulte que le tirage est déjà fort actif lorsque les produits de la combustion s'évacuent à 100°.

En tout cas, il est inutile de leur laisser plus de 200° au sortir des fourneaux. C'est



**41. Tirage induit.** — Dans une installation de chaudières, marchant au tirage naturel, les cheminées doivent remplir deux fonctions : mettre en mouvement une quantité d'air suffisante pour assurer la combustion et rejeter les produits de cette combustion à une grande hauteur dans l'atmosphère.

La puissance développée pour la production du tirage, en employant la cheminée, est très peu économique. Si l'on admet que les gaz sont évacués à 250°, par exemple, le tirage de la cheminée absorbe, à lui seul, près de 1/7 du charbon brûlé ; tandis que la force nécessaire pour produire le même mouvement d'air, au moyen d'appareils mécaniques, ne dépasse pas 1 à 2 p. 100 du travail développé par la chaudière.

Le tirage, par moyens mécaniques, peut se faire soit par pression, en vase clos, c'est le tirage forcé ; soit par aspiration, c'est le tirage induit. Cette dernière disposition est la plus fréquemment employée dans l'industrie ; elle permet d'activer la combustion, d'augmenter la puissance évaporatoire des générateurs, — tout en envoyant à la cheminée des gaz d'une température aussi basse que possible, — et de faciliter l'utilisation, sur une grille ordinaire, de combustibles inférieurs, tels que menus sortants, poussières d'anthracite ou de coke.

Le tirage induit peut fonctionner concurremment avec les surchauffeurs et économiseurs précédemment décrits ; son intervention a l'avantage de vaincre les résistances de tirage provoquées par les dispositions de tuyaux à ailettes ou les chicanes que l'on emploie dans ces derniers appareils. Son installation est assez simple (fig. 15), il suffit d'intercaler, au travers de la galerie de parcours des gaz des chaudières M, un ventilateur A, qui aspire les produits de la combustion provenant des foyers et les refoule dans un conduit d'évacuation qui débouche dans l'atmosphère. On utilise fréquemment, pour ce conduit d'évacuation, l'ancienne cheminée des chaudières B.

Des registres C, C-D, D, sont installés pour changer la disposi-

un sacrifice en pure perte puisqu'il ne profite même pas à l'activité de la combustion.

Toutes les fois que la température est supérieure à 200° on doit, sans crainte de nuire au tirage, utiliser cette chaleur pour des opérations accessoires, si l'on ne peut, dans le fourneau même, augmenter l'étendue de la surface de cession de la chaleur.



tion des courants et marcher à tirage naturel, en cas d'arrêt du ventilateur.

Le surchauffeur, l'économiseur et le tirage induit ne sont ordinairement annexés qu'à des batteries de chaudières d'assez grande puissance et leur donnent une certaine élasticité dans la production. Pour des chaudières isolées, le faible résultat économique

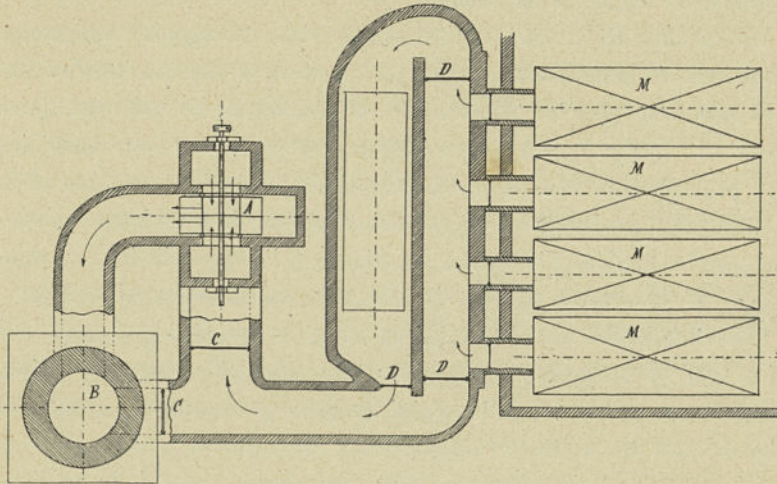


Fig. 15.

qui serait obtenu ne compenserait pas la complication des organes de chauffe et l'augmentation des frais d'entretien.

Même pour des batteries importantes, ces appareils ne doivent être installés qu'avec circonspection et après une étude des conditions de marche du groupe moteur ; les résultats peuvent être très variables, suivant que ces appareils sont appliqués à des chaudières bien conditionnées ou à des générateurs mal conçus, de proportions trop faibles et surmenés.

### § 5. — CHOIX D'UNE CHAUDIÈRE A VAPEUR

42. — Dans le choix d'une chaudière, il faudra tenir compte de la nature de l'industrie où elle est appliquée, de l'utilisation économique de la vapeur et de la qualité des eaux d'alimentation.

Les établissements industriels où il est important de distribuer rapidement un volume de vapeur considérable, presque toujours



sous forme d'apport de température, comme les teintureries, apprêts, distilleries, etc. donneront la préférence aux générateurs à grand volume d'eau, chaudières à bouilleurs et chaudières à foyer intérieur, timbrés à des pressions de 5 à 6 kilogrammes. Ces générateurs possèdent, grâce à leur réserve d'eau, un volant calorifique considérable et peuvent fournir, suivant les besoins, une importante quantité de vapeur.

Si les chaudières doivent alimenter des moteurs à vapeur dont les écarts de puissance ne sont pas très étendus, l'industriel portera son choix sur les types à foyers amovibles et semi-tubulaires qui, tout en ayant une assez importante réserve d'eau, possèdent une plus grande rapidité de production que les précédentes. Elles peuvent être timbrées à des pressions élevées, de 8 à 9 kilogrammes, qui sont favorables à la bonne marche et à l'économie des machines à grande détente et surtout à celles des machines à expansion.

Les chaudières multi-tubulaires ne sont utilisées que dans certains cas et certaines industries ; par exemple, quand le défaut d'espace ne permet pas l'emploi de gros générateurs, quand les dispositions des ateliers imposent des chaudières de deuxième ou troisième catégorie (note n° 264), ou enfin, quand la mise en pression doit être rapide.

Ces dernières chaudières présentent, pour un usage industriel, divers inconvénients ; si leur faible capacité est avantageuse au point de vue de la sécurité, leur volant calorifique est souvent trop faible quand la dépense de vapeur est irrégulière. La conduite des feux demande une surveillance de tous les instants, afin de n'avoir pas de variation de pression rapide.

**43. Altérations des chaudières.** — Les accidents qui peuvent se produire aux chaudières sont de plusieurs sortes, les uns proviennent de leur nature : mauvaise qualité des matières ou vices de construction ; les autres dépendent de leur fonctionnement : surchauffe des tôles, avec coups de feu et corrosions.

Les vices de construction ou de qualité du métal : mauvaises rivures, fentes ou pailles dans les tôles, ne peuvent être constatés qu'en cours de fabrication.

Le surchauffage de certaines parties métalliques des chaudières



produit souvent des accidents graves ou tout au moins difficiles à réparer. Il est causé par :

1° L'abaissement du niveau de l'eau résultant presque toujours du régime de l'alimentation.

2° Une vaporisation trop violente : quand les dégagements deviennent insuffisants, des bulles de vapeur restent attachées aux parois qui, n'étant pas refroidies, subissent une température assez élevée pour que leur résistance soit affaiblie. La plupart des altérations constatées aux tôles de foyer résultent de ce fait.

3° Les incrustations : quand des dépôts tartreux, un peu épais, se forment sur les tôles de coups de feu, ils diminuent considérablement la transmission de la chaleur en ces points et amènent des boursoufflures aux tôles surchauffées, dont la résistance est amoindrie.

Les corrosions intérieures sont produites par la mauvaise qualité des eaux d'alimentation qui ont en dissolution des substances minérales naturelles, ou sont polluées par des résidus industriels. Parfois, les parois des générateurs sont attaquées par les eaux qu'elles contiennent; ces eaux ayant été altérées par un séjour prolongé, lorsque ces générateurs n'ont pas fonctionné depuis longtemps et que l'on a oublié de les vider.

Les corrosions extérieures sont dues, le plus souvent, à des fuites d'eau ou de vapeur s'échappant au travers des joints des tôles, à l'endroit où celles-ci sont directement en contact avec la maçonnerie et où l'action de la chaleur ne s'exerçant pas, l'humidité est constante.

Elles proviennent quelquefois aussi de la combustion de charbons pyriteux, dont les gaz contiennent quelques traces d'acide sulfurique.

**44. Alimentation.** — Dans les chaudières, à mesure que l'eau se transforme en vapeur et que cette vapeur est utilisée, elle doit être remplacée par une même quantité d'eau, afin que son niveau reste constant.

On doit alimenter avec de l'eau la plus pure et la plus chaude possible. Cette alimentation s'opère au moyen de divers appareils dont les plus employés sont la pompe alimentaire et l'injecteur,



installés le plus souvent simultanément, afin qu'en cas d'avarie à l'un d'eux, le service de la chaudière soit toujours assuré.

Pour l'alimentation à l'eau chaude provenant de chauffages ou d'appareils de condensation, la pompe alimentaire est exclusivement employée ; l'injecteur ne pouvant fonctionner avec de l'eau à une certaine température. Cette pompe doit être disposée de façon à recevoir l'eau chaude, en charge, sur ses clapets d'aspiration.

Les pompes alimentaires peuvent être actionnées par les transmissions de l'usine ou bien comporter leur moteur particulier ; dans ce dernier cas, elles sont indépendantes de la marche des ateliers, mais la dépense de vapeur qui leur est nécessaire est considérable.

Il faut éviter d'alimenter avec des eaux contenant des corps gras en suspension ; tous les dépôts gras à l'intérieur des chaudières, particulièrement ceux susceptibles de se décomposer à la chaleur, sont dangereux. Quand on alimente les chaudières avec des eaux ayant servi à la condensation des machines motrices, il faut les débarrasser, par filtrage ou décantation, des parties graisseuses entraînées.

**45. Dépôts tartreux.** — Toutes les eaux ayant des matières en dissolution provoquent, dans l'intérieur des chaudières, des dépôts tartreux qui affectent tantôt la forme de boues, tantôt celle de croûtes dures et adhérentes.

Ces derniers dépôts qui, ainsi que nous l'avons vu, sont la cause la plus fréquente des coups de feu, ont aussi une influence sur le rendement des chaudières, en ce qu'ils diminuent considérablement la transmission de la chaleur à l'eau.

Divers procédés sont employés pour précipiter les sels en dissolution dans les eaux d'alimentation des générateurs :

1° Avant l'introduction de l'eau dans les chaudières, en se servant d'épurateurs ; les agents employés sont : la chaleur ou divers produits chimiques.

2° Par l'introduction de substances diverses avec l'eau d'alimentation : talc, glycérine, amidon, dextrine ou dissolution de bois de teinture ; certains produits chimiques. Les premiers entraînent,



dans les parties basses des chaudières, les matières solubles dégagées par la vaporisation, en s'interposant pour empêcher l'adhérence des dépôts ; les seconds : chaux, baryte, carbonate de soude, précipitent les sels et empêchent leur cristallisation.

Quand ces précipités deviennent gênants il suffit, pour les évacuer, de vider la chaudière sous légère pression, sans que le fourneau soit refroidi. On complète ce nettoyage par un lavage supplémentaire à grandes eaux, exécuté le plus rapidement possible, avant que les dépôts, qui ne sont encore que des boues, deviennent consistants et difficiles à enlever.

3° Par l'alimentation dans la vapeur, on fait précipiter ces matières à l'arrivée de l'eau à la chaudière.

L'eau tombe dans des récipients plongés dans la vapeur où, avant de se déverser dans la masse et sous l'influence de la température, elle abandonne certains dépôts qui, pendant la marche des générateurs, sont extraits sous forme de boues, par des robinets de vidange.

**46. Entretien des chaudières.** — Le rendement et la durée des chaudières dépendent de certaines dispositions pratiques d'installation :

L'épaisseur des maçonneries doit être suffisante pour atténuer le plus possible les effets du rayonnement extérieur.

La dilatation des matériaux constitutifs d'un générateur, fers, fontes, briques, etc., sous l'action des variations de température, doit se faire librement, sans compromettre la solidité de l'ensemble.

C'est aussi une des conditions de bonne marche de ces appareils que de pouvoir fréquemment procéder à l'enlèvement, à l'extérieur, des dépôts de suies et de cendres dans les faisceaux tubulaires et les carneaux ; à l'intérieur, des boues et des incrustations sur les parois. Toute négligence dans ces dernières précautions peut amener une décroissance rapide dans le rendement des générateurs et même leur mise hors de service.

Ces nettoyages seront l'occasion de faire vérifier et mater les pinces et rivets où se seraient produites des fuites, pendant le fonctionnement.



Enfin, ce qui assurera l'exécution de ces dispositions et donnera aux générateurs leur maximum de durée, de rendement et de sécurité, sera le choix d'un chauffeur habile, soigneux et attentif.

**47. Foyers à combustibles pauvres.** — Dans certaines industries, il y a intérêt à utiliser des résidus de fabrication qui ont un pouvoir calorifique appréciable, mais qu'on ne peut brûler sur des grilles de foyers ordinaires.

Dans les scieries, on a comme sous-produits les sciures et les copeaux ; dans les sucreries, la bagasse ; dans les tanneries la tannée, etc., qui ne peuvent brûler que dans des foyers qui les réchauffent et les sèchent avant leur combustion.

Pour montrer l'importance que peuvent avoir les sous-produits dans certaines usines, nous allons prendre, dans l'une des installations qui nous ont été confiées, un exemple de leur utilisation :

Dans les usines des Tanneries lyonnaises, on a disposé pour la combustion des tannées, une batterie de chaudières munies de fours spéciaux.

La quantité de vapeur nécessaire pour alimenter les divers services de ces usines varie, dans de grandes proportions, suivant la saison. En été, la tannée suffit largement à alimenter les générateurs, elle laisse même des réserves ; mais, en hiver, il faut l'enrichir par l'adjonction de combustibles minéraux.

Pour déterminer les proportions du mélange, nous avons procédé à divers essais :

La tannée sortant des fours, simplement égouttée, est inutilisable dans cet état, elle pèse 600 kilogrammes le mètre cube et renferme 65 p. 100 d'eau. Pour pouvoir la brûler, même dans des fours spéciaux, il faut auparavant lui faire traverser des presses à cylindres cannelés qui l'essorent en partie. Après ce traitement, son poids n'est plus que de 435 kilogrammes par mètre cube et sa teneur en eau, d'environ 45 p. 100.

Sa combustion a donné les résultats suivants :

En dix heures, on a brûlé 19 mètres cubes de tannée essorée qui ont vaporisé 9 574 litres d'eau ; la vapeur produite étant à



la pression de 6 kilogrammes. La surface de chauffe des chaudières utilisées était de 115 mètres carrés.

$$\text{La vaporisation par m}^2 \text{ de surface de chauffe} = \frac{9\,574}{115 \times 10} = 8,350 \text{ kg.}$$

$$\text{— par kg. de tannée essorée} = \frac{9\,574}{19 \times 435} = 1,160 \text{ —}$$

$$\text{— rapportée au kg. de tannée humide} = \frac{9\,574}{19 \times 600} = 0,840 \text{ —}$$

Des essais ont ensuite été faits sur des mélanges de tannée et de poussières d'antracite<sup>1</sup>, en augmentant progressivement la quantité de ce dernier. Ils ont donné les résultats consignés dans le tableau suivant :

DATE ET DURÉE des essais.	SURFACE de chauffe des chaudières.	TANNÉE ESSORÉE		POIDS du poussier d'antracite.	POIDS du mélange.	POIDS total de vapeur.	POIDS de vapeur par m <sup>2</sup> de chauffe et hr. <sup>2</sup> .	POIDS de vapeur par kg. de mélange.	FRACTION du mélange.
		Cube.	Poids.						
		m <sup>3</sup>	kg.						
20 sept. 1902 10 h.	122	15	6 500	400	6 900	10 250	8,400	1,485	6
10 juin 1903 —	80	10	4 350	553	4 903	7 914	9,900	1,610	11,2
— — —	—	—	—	830	5 180	9 233	11,500	1,780	16
— — —	—	—	—	1 116	5 466	10 522	13,100	1,920	20,5

Ces quantités de vapeur, rapportées à la vaporisation par fractions du mélange employé, ont donné les chiffres ci-dessous :

PAR KG. DE MÉLANGE		VAPORISA- TION par la tannée.	VAPORISA- TION par le poussier.	VAPORISA- TION totale.	VAPORISA- TION par kg. de poussier.	VAPORISA- TION par kg. de tannée.
Tannée.	Poussier.					
gr.	gr.	kg.	gr.	kg.	kg.	kg.
940	60	1,090	395	1,485	6,590 <sup>1</sup>	1,160
888	112	1,030	580	1,610	5,150	1,160
840	160	0,970	810	1,780	5,050	1,160
795	205	0,920	1,000	1,920	4,900	1,160

<sup>1</sup> La différence qui paraît exister entre les rendements de la première expérience et ceux des trois suivantes, doit provenir de ce que l'on avait employé des poussières, menus sortants, d'un pouvoir calorifique beaucoup plus grand.

Les résultats de ces expériences ont permis d'installer les appareils de distribution et de mélange de ces combustibles, dont les

<sup>1</sup> On peut aussi utiliser des poussières de coke, de houille, qu'il est facile de se procurer à bas prix.



proportions sont modifiées suivant la tannée disponible et la vapeur à fournir.

48. Chaudières à tannées et appareils à mélanges. — La plus grande partie des tannées est produite en deux points diffé-

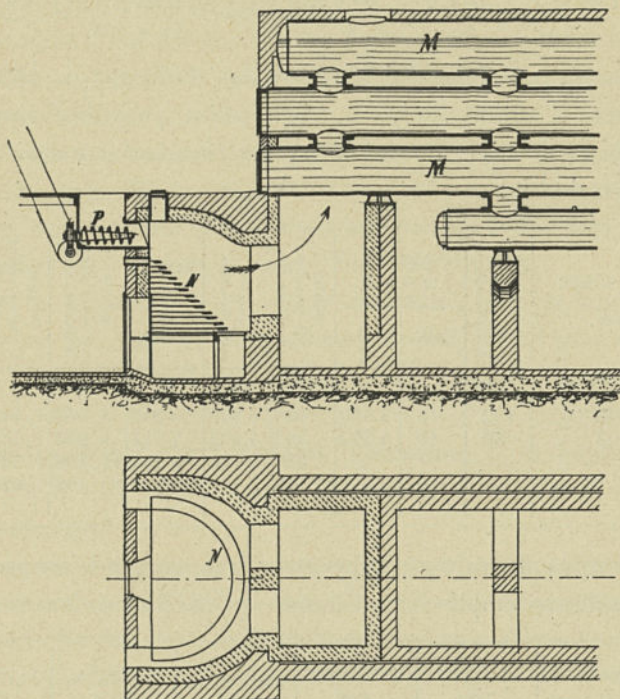


Fig. 16.

rents de l'usine, la basserie des cuirs et la basserie des veaux.

Elles sont amenées, de la première, par un transporteur de 125 mètres de long, et, de la deuxième, par un élévateur, dans une trémie centrale placée au-dessus des chaudières. Dans cette trémie, ces tannées sont mélangées, en proportions déterminées, par un distributeur à hélice, avec les poussières combustibles que déverse un élévateur venant des charbonniers. La distribution est faite ensuite, dans chacun des foyers, par des couloirs à registres et de petits transporteurs à raclettes.

Pour la combustion de ces mélanges, nous avons adapté aux chaudières une disposition de fours Godillot modifiés (fig. 16),



dans lesquels le combustible tombe des distributeurs dans l'ouverture supérieure des foyers formant réservoirs ; il est pris par des vis sans fin coniques P, dont la capacité va s'augmentant de l'arrière à l'avant, qui l'étalent sur une grille tronconique N à gradins demi-circulaires, où il se consume.

Les gaz produits par la combustion circulent autour des récepteurs M, dans de vastes carneaux où se déposent les cendres, puis se rendent à la cheminée.

### § 6. — MOTEURS HYDRAULIQUES

La roue, exclusivement employée autrefois pour l'utilisation des forces hydrauliques, n'a plus aujourd'hui que de rares applications et disparaît pour faire place à la turbine qui donne non seulement un rendement supérieur, mais est plus souple et se prête mieux aux exigences de l'industrie, sa vitesse étant plus en harmonie avec celle de l'outillage moderne.

L'emploi de la turbine a donné un essor considérable aux puissantes installations hydrauliques créées de nos jours dans les régions montagneuses, tant pour l'électro-chimie, que pour le transport, à grande distance, des forces destinées à l'éclairage ou à la distribution de l'énergie.

Les progrès de la métallurgie ayant permis d'accroître, dans de grandes proportions, la résistance de certains métaux et notamment de l'acier doux, il a été possible de construire des conduites pouvant utiliser les plus hautes chutes, et d'y adapter des appareils de distribution et de régulation résistant à des pressions de 6 à 800 mètres de charge.

Ces grandes chutes n'ont d'intérêt que pour les transports d'énergie électrique à distance, l'industrie n'emploie directement que des chutes de petite et moyenne hauteur ; nous allons donner les éléments de calcul de ces chutes.

49. Calcul des chutes d'eau. — Pour déterminer l'énergie produite par une chute d'eau, il faut mesurer, aussi exactement que possible, la hauteur de la chute et le volume d'eau débité par seconde. Le produit de ces deux facteurs donne le travail théo-



rique auquel il convient d'appliquer un coefficient de rendement moyen de 75 p. 100.

La hauteur de chute est la différence entre les niveaux de l'eau dans le canal d'amenée et dans le canal de fuite, en écoulement de marche. On la mesure par une série de coups de niveau.

Le volume débité par seconde peut se déterminer :

- 1° Par le jaugeage dans un réservoir ;
- 2° Par la vitesse d'écoulement mesurée dans un canal, à l'aide d'un flotteur ;
- 3° Par le débit de cet écoulement mesuré sur un déversoir.

Dans le deuxième cas, on choisit une certaine longueur de canal de circulation de l'eau dont la section soit uniforme, on note le temps moyen que met un flotteur à parcourir cette partie de canal et on en déduit la vitesse de l'eau à la surface, par seconde, à laquelle on applique un coefficient de 0,80, pour avoir la vitesse moyenne. Cette vitesse, multipliée par la section de la lame d'eau, donne le débit.

Pour le troisième cas, il est souvent facile d'installer, sur un cours d'eau peu important, un déversoir en minces parois auquel on applique la formule de Francis, qui est suffisamment exacte :

$$\text{Le volume écoulé } Q = 0,4164 L \sqrt{19,62 \times H^3} ;$$

L, longueur du déversoir.

H, épaisseur de la lame d'eau, sur la crête, mesurée en dehors de l'inflexion de cette lame d'eau.

**50. Turbines.** — La construction des turbines est basée sur la réaction de l'eau glissant sur des surfaces courbes qui en modifient la direction (fig. 17). Dans ces appareils, l'eau est amenée,

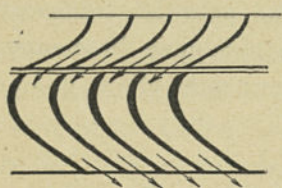


Fig. 17.

par des canaux ou des conduites, à des chambres fixes munies de cloisons appelées directrices, qui guident l'eau à l'entrée d'aubes montées sur une roue mobile.

Les filets d'eau quittant les directrices fixes doivent entrer sur les aubes mobiles sans choc, ni tourbillon, malgré leur changement de direction.

Suivant la régularité de leur débit et la constance de leur niveau,



on applique aux chutes dont on dispose, tantôt la turbine à impulsion travaillant par la puissance vive de l'eau, tantôt la turbine à réaction qui en utilise principalement la pression.

La turbine à impulsion, dont le type le plus employé est la turbine Girard, est celle dans laquelle l'eau s'écoule librement. Dans cette turbine, les aubes ne sont que partiellement remplies ; l'eau, par des dispositions de vannettes, peut y être admise, soit sur toutes les aubes à la fois, soit sur un certain nombre d'aubes seulement. Le rendement de la turbine n'est pas fonction du débit, mais on peut en faire varier la puissance suivant ce débit.

Dans la turbine à réaction, dont le type est la turbine Jonval, les dimensions des aubages sont fonction du débit de l'eau, et le rendement de la turbine est modifié par l'ouverture plus ou moins grande de la vanne. Cette turbine a l'avantage de travailler toujours noyée ; elle peut comporter, à l'écoulement d'aval, un tube de succion qui permet de la placer, sans diminuer son rendement, à une certaine hauteur, — 4 ou 5 mètres, — au-dessus du niveau d'évacuation des eaux.

**51. Choix d'une turbine et rendement.** — Des dispositions de la turbine à impulsion, il résulte qu'elle est surtout applicable aux chutes d'eau à niveau constant et à débit variable.

La turbine à réaction est préférable pour les chutes empruntées à des cours d'eau, dans lesquels le volume dérivé peut être réglable et sensiblement constant, mais dont le niveau, par les crues, est sujet à des variations.

Le rendement des turbines à impulsion, aussi bien que celui des turbines à réaction, quand elles sont convenablement installées, varie de 70 à 80 p. 100.

Dans les contrées à faibles ondulations de terrains, on ne dispose le plus souvent, pour la commande d'un établissement industriel, que de basses chutes alimentées par une source ou par la dérivation d'un cours d'eau. Les débits sont presque toujours irréguliers, trop abondants dans certaines saisons et trop réduits dans d'autres ; on double alors la turbine d'une machine à vapeur, ou d'un transport de forces électriques qui compense l'insuffisance de la force hydraulique et fournit le complément d'énergie nécessaire.



52. Turbines américaines. — On a introduit en Europe, depuis un certain nombre d'années, les turbines dites américaines dont la construction diffère assez sensiblement des précédentes.

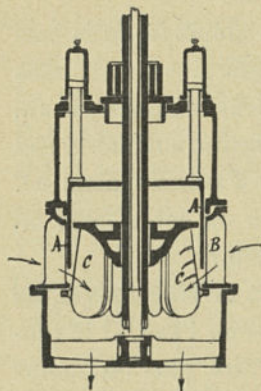


Fig. 18.

Ces turbines sont à écoulement intérieur et fonctionnent noyées, avec tube de suction.

Elles tiennent de l'un et l'autre type décrits plus haut (fig. 18).

Par l'intermédiaire d'une vanne circulaire A, s'engageant entre les directrices B et les aubes C, le réglage, à l'entrée de l'eau, est pratiqué à la fois sur tous les aubages, de façon à modifier, sur le pourtour, la section d'entrée. L'eau peut ainsi

s'introduire sans choc sur la largeur de l'aube; et, comme elle suit les directrices radiales qui se font équilibre, les pressions sur la crapaudine sont plus faibles que dans les turbines ordinaires.

Ces dispositions rationnelles améliorent quelque peu leur rendement qui, d'après essais, paraît devoir s'élever de 3 à 4 p. 100 au-dessus de celui des turbines précédemment décrites.

Ce rendement est d'autant meilleur que le rapport entre le diamètre intérieur et le diamètre extérieur se rapproche de 3 à 1.



## CHAPITRE III

### TRANSMISSION D'ÉNERGIE. — ÉCLAIRAGE

Deux dispositions sont employées en industrie pour transmettre la force motrice aux ateliers, ce sont :

La transmission mécanique ;

La transmission électrique.

#### § 1. — TRANSMISSIONS MÉCANIQUES

53. — Quand la force motrice employée, dans une usine de surface restreinte, est fournie par un moteur à vapeur ou un moteur hydraulique, on actionne directement, de ce moteur, les arbres de transmissions aux outils, par l'intermédiaire d'une courroie, de câbles en chanvre ou, — mode de commande aujourd'hui à peu près abandonné, — d'un volant denté. L'orientation des transmissions et des machines-outils est imposée par celle du moteur.

Ces dispositions étant fort connues, nous ne donnerons, sur leur installation, que quelques indications succinctes :

La puissance des organes intermédiaires, courroies, câbles, doit être calculée largement pour faire face à toutes les augmentations possibles de l'outillage.

Si l'on emploie des câbles à plusieurs brins, les poulies doivent être d'une exécution parfaite : de légères différences dans le diamètre des gorges produiraient un glissement de ces câbles et une perte de travail sensible.

Il faudra éviter de placer les transmissions dans des galeries au-dessous du sol, l'avantage qui résulte de leur suppression dans les salles de travail, est loin de compenser les frais de premier établissement plus élevés et les inconvénients produits par



l'accumulation de poussières et résidus dans ces galeries, que l'on peut difficilement nettoyer et surveiller.

Les arbres de transmission doivent être suspendus aux murs latéraux des usines, par des consoles ; et, aux poutres des charpentes, par des chaises métalliques disposées pour s'orienter dans tous les sens (fig. 19).

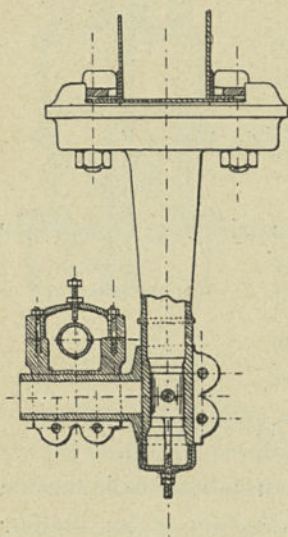


Fig. 19.

Les paliers et les chaises supportant les arbres devront avoir leurs coussinets à graissage automatique, par rotins, bagues ou chaînes, alimentés au moyen d'un réservoir inférieur. On évite ainsi les chutes ou les projections d'huile sur les planchers, les marchandises, et ce graissage étant constant, permet de faire tourner les transmissions à des vitesses élevées, sans craindre d'échauffer les coussinets. Du fait de cette augmentation de vitesse, tous les organes de transmission, paliers, arbres, poulies, courroies, deviennent moins importants et plus légers ; si leur montage est convenablement fait, le travail mécanique nécessaire à leur mouvement propre s'abaisse sensiblement.

Il est préférable de remplacer les poulies en fonte par des poulies en fer ou en bois, résistantes et bien centrées ; elles chargent moins les transmissions.

## § 2. — TRANSMISSIONS ÉLECTRIQUES

54. — L'emploi de l'électricité permet de substituer, en tout ou partie, aux organes de transmission mécanique, lourds et encombrants, de direction définie, qui sont en marche constante et absorbent une fraction notable, — parfois supérieure à 50 p. 100, — de l'énergie totale, des câbles souples, faciles à répartir et à dissimuler.

A des qualités de simplicité et de propreté, ce mode de transmission joint l'avantage de permettre la plus grande indépendance dans l'installation et le fonctionnement des outils, ainsi que l'utilisation de tous les espaces disponibles, quelle que soit leur orientation.



Les transmissions électriques peuvent être actionnées soit par une génératrice d'énergie placée dans l'usine, soit par une source de puissance située à distance du point d'utilisation.

**55. Source intérieure d'énergie électrique.** — Dans les usines de grande surface, composées de bâtiments éloignés, de directions différentes, un transport de forces électriques est souvent avantageux ; il permet d'attaquer, par des moteurs appropriés, les outils ou les groupements d'outils situés dans les divers ateliers.

On installe ordinairement la station d'énergie électrique dans la salle de la machine à vapeur et la génératrice du courant électrique est commandée par cette dernière.

**56. Source extérieure d'énergie électrique.** — Si l'usine se trouve à proximité d'un circuit de distribution de force motrice, le problème de fourniture d'énergie est simple. Comme le courant est habituellement livré à haute tension, la station motrice intérieure est remplacée par un transformateur qui ramène la force électromotrice du courant à la tension adoptée pour la marche de l'usine.

Ces transformateurs remplacent les génératrices et sont les points de départ des divers circuits, à basse tension, alimentant les moteurs.

**57. Courants continus et courants alternatifs.** — La transmission d'énergie électrique peut s'opérer par courant continu ou par courant alternatif, généralement triphasé.

L'une et l'autre des deux dispositions peuvent être employées ; chacune a ses avantages et ses inconvénients :

Le courant continu présente plus d'élasticité que l'alternatif, surtout aux démarrages ; mais, par contre, son matériel est complexe, le fluide est conduit aux parties tournantes par des balais et commutateurs sujets à usure et à remplacement.

Dans le courant alternatif, la marche des moteurs est sensiblement synchrone avec celle des génératrices du courant ; de plus, ce matériel de forme simple n'exige qu'une surveillance très relative ; muni de paliers graisseurs il peut tourner pendant un laps de temps considérable, sans sujétion. A puissance égale et même nombre de tours, les moteurs à courant alternatif sont aussi plus légers et d'un prix moindre que ceux à courant continu.



Sauf dans les cas particuliers où le courant continu est déjà distribué dans l'usine, il faut adopter, dans les nouvelles installations, comme transmission d'énergie électrique, le courant alternatif triphasé, surtout si l'on peut prévoir, dans l'avenir, le passage à proximité de l'usine, d'un circuit alternatif de distribution d'énergie.

**58. Génératrices et moteurs triphasés.** — Le courant produit par la génératrice est réparti par un tableau de distribution qui comporte les appareils de mesure et de réglage habituels ; volt-mètre, ampèremètre, rhéostats, ainsi que les interrupteurs et prises de courant en nombre égal à celui des services à actionner.

Le courant est ensuite distribué, par une canalisation à trois fils, aux divers moteurs triphasés de l'usine qui actionnent soit des groupements d'outils, soit des outils isolés.

La commande d'outils groupés qui est la plus employée, est considérée comme la plus économique ; il importe que les moteurs soient installés le plus près possible des centres qu'ils commandent, et qu'entre eux et ces groupements, il soit établi un arbre intermédiaire ou un appareil réducteur de vitesse.

On emploie la disposition dans laquelle chaque moteur électrique commande son outil, quand les machines à actionner sont de marche intermittente et que chacune d'elles absorbe un travail mécanique important.

Des considérations de fabrication font passer quelquefois sur les conditions économiques des moteurs et préférer, même pour de petites forces, la commande directe :

Dans les métiers à tisser la soie, par exemple, leur commande par moteur isolé présente, dans la mise en marche et l'arrêt, l'avantage de la souplesse et de l'indépendance ; de plus, si cette commande se fait par courant alternatif, chaque moteur tournant synchroniquement avec la génératrice, il n'y a pas glissement des organes intermédiaires, et les pulsations du battant et de la navette sont invariables.

De là, plus de régularité dans les textures des tissus<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Les moteurs triphasés de puissance inférieure à un HP, qui, il y a seulement quelques années, avaient un rendement infime, — au dessous de 50 p. 100 — ont été depuis beaucoup améliorés, et leurs pertes, dans les environs de la pleine charge, ne dépassent pas actuellement 20 p. 100. Leur prix d'achat a aussi baissé dans de



**59. Canalisations.** — Les canalisations sont composées de fils de cuivre posés sur isolateurs en porcelaine; les circuits extérieurs étant généralement établis en fils nus, et les circuits intérieurs en fils recouverts, à isolement d'au moins 300 mégohms.

Les isolateurs sont montés, à l'extérieur, sur poteaux et potelets fixés aux toitures ou aux façades des bâtiments; à l'intérieur, à des ferrures attachées aux planchers, aux colonnes et aux murs.

La force électromotrice des courants d'alimentation des moteurs doit être suffisamment élevée, pour qu'il n'y ait pas de perte d'énergie de plus de 3 à 5 p. 100 dans les conducteurs, ou un excès de poids de cuivre dans les canalisations. On peut adopter 110 volts, correspondant à la tension ordinaire d'éclairage, pour l'alimentation de bâtiments rapprochés, dans lesquels les longueurs de fils simples ne dépassent pas 60 à 80 mètres. Pour des longueurs comprises entre 80 et 150 mètres, on peut doubler cette tension et la porter de 220 à 250 volts.

Au-dessus, il faut adopter de 440 à 500 volts, qu'il y a rarement intérêt à dépasser, à moins que la tension du courant extérieur soit assez faible pour que les moteurs puissent être actionnés directement, sans l'intermédiaire d'un transformateur.

Nous donnons, dans les notes, n° 268, les formules de calculs de la section de ces canalisations.

Ces formules, surtout pour des fils isolés qui se refroidissent difficilement, ne doivent être appliquées que quand le débit calculé est inférieur à 2 ampères par millimètre carré de section de conducteur.

**60. Choix du matériel électrique moteur<sup>1</sup>.** — Les essais de matériel électrique, au point de vue de la résistance et de l'effet utile, sont toujours longs et délicats, ils exigent l'intervention d'un spécialiste; aussi conseillerons-nous à l'industriel de s'adresser, pour la fourniture de ce matériel, non à des maisons fournissant à bon marché, mais à des constructeurs sérieux et expérimentés.

grandes proportions et si leurs frais d'établissement sont encore légèrement plus élevés que ceux des transmissions mécaniques, leurs avantages, autant au point de vue de la simplicité des organes que de l'indépendance des outils, permettent actuellement d'envisager comme pratique la commande électrique des outils légers.

<sup>1</sup> Nous donnons dans les notes n° 269, un extrait des règles indiquées par l'Association française des propriétaires à vapeur, pour la fourniture des machines électriques et transformateurs.



Voici les conditions principales à imposer à ces constructeurs :

Le matériel électrique triphasé utilisé pour transport de force : génératrices, moteurs et transformateurs, doit être de construction robuste et posséder une élasticité suffisante pour que, momentanément, il puisse subir des surcharges de courants ou de couples de 40 p. 100. Il devra pouvoir supporter aussi, pendant un dixième de la durée des essais (voir notes n° 269), une surcharge de 20 p. 100.

La température maximum, au-dessus de l'ambiance, après la durée des essais, ne doit pas dépasser 45°, en une partie quelconque d'un appareil électrique développant sa force normale.

Le rendement, qui varie suivant l'importance des machines, doit être garanti pour chacune d'entre elles. Ce rendement, avec des variations d'un quart en plus ou en moins de la force normale, ne doit pas être affecté de plus de 1 à 2 p. 100.

Les moteurs d'une puissance moindre de 3 HP peuvent avoir leurs induits en court-circuit ; dans ce cas, ils démarrent en pleine charge et ne nécessitent qu'un interrupteur pour la mise en route. Ceux d'une puissance plus élevée doivent être pourvus d'un rhéostat de démarrages qui, pendant la marche, est mis hors circuit automatiquement ou à la main. (Malgré l'emploi de ces rhéostats il sera toujours prudent d'opérer, sur une transmission intermédiaire ou un outil déchargé, le démarrage à faible charge des moteurs électriques.)

Pour débarrasser les salles de travail des moteurs électriques, ou les rapprocher de leurs transmissions, on les installe parfois, à une certaine hauteur, sous les planchers, en des points difficilement abordables. Dans ce cas, au moyen de dispositifs simples, on opère à distance, du sol des ateliers, les démarrages et arrêts de ces moteurs.

**61. Entretien du matériel électrique.** — Le matériel électrique, quoique étant peu délicat, nécessite cependant quelques soins particuliers.

*Dynamos.* — Les génératrices et les moteurs, soit à courants alternatifs, soit à courants continus, devront être installés dans des locaux aérés, à l'abri des poussières et surtout de l'humidité. Toutes les parties devront en être surveillées et tenues avec la plus grande propreté.



Dans le cas de dynamos à courants continus, on veillera plus spécialement aux armatures dont l'échauffement, sous l'influence d'une accélération de vitesse ou d'un débit de courant supérieur au régime normal, pourrait s'élever au point de détruire l'isolant et provoquer des courts-circuits dans la masse.

Pour éviter des étincelles aux collecteurs, les balais devront être calés à l'angle voulu, leurs lames entretenues avec soin et polies avec un papier de verre, si le frottement des balais a formé des sillons.

A la mise en marche, il faudra vérifier si les paliers graisseurs fonctionnent convenablement, contrôler le serrage des vis aux bornes de prises de courant, ainsi que la position des balais sur les collecteurs.

*Canalisations.* — Elles devront être parfaitement isolées ; tout défaut d'isolement étant non seulement un sujet de déperdition du courant, mais pouvant encore provoquer un accident. Celui-ci est d'autant plus dangereux que le potentiel est plus élevé et que l'on emploie du courant alternatif dont la décharge produit des contractions musculaires, qui font que la victime ne peut se détacher des conducteurs.

*Transformateurs.* — Des accidents peuvent aussi être causés par le contact des transformateurs qu'il faudra enfermer dans des locaux secs et bien ventilés, où seuls les ouvriers spéciaux ont accès.

Des instructions devront être données pour la manœuvre des appareils de commutation des circuits primaires et secondaires.

**62. Accidents.** — Dans l'emploi des transmissions électriques, un accident de marche peut se produire soit au matériel électrique, soit à l'outillage mis en mouvement par ce matériel.

Dans le premier cas, il peut y avoir court-circuit entre conducteurs voisins, avec production d'étincelles et commencement d'incendie. Il faut couper immédiatement le courant en manœuvrant l'interrupteur principal placé entre la génératrice ou le transformateur et le point avarié ; mais il doit être expressément défendu de jeter de l'eau ou de se servir de chiffons mouillés pour circonscrire l'accident, avant l'interruption du courant ; on risquerait d'être foudroyé.



Il peut aussi y avoir augmentation exagérée du travail d'un moteur ; les conséquences en seraient la fonte des plombs des coupe-circuits ou un échauffement de la masse pouvant détruire l'isolant. Ce dernier accident est grave et provoque toujours la mise hors service du moteur.

Dans le second cas, si l'accident se produit à un outil en mouvement, on devra, par la manœuvre de l'interrupteur, couper le circuit alimentant le moteur qui commande cet outil ou sa transmission de mouvement. L'arrêt est à peu près instantané. La réparation effectuée, on remet en route.

En résumé, avec quelques mesures de prudence auxquelles le personnel s'habitue facilement, la transmission électrique offre, pour l'ouvrier, une plus grande sécurité que la transmission mécanique, car elle peut être arrêtée instantanément, avant qu'un accident ait eu le temps de s'aggraver.

**63. Fourniture du courant.** — Le courant électrique amené de l'extérieur est fourni aux moteurs ou à un transformateur placé à l'entrée de l'usine, soit à forfait, sur la base du travail maximum, soit au compteur d'énergie.

Ce dernier mode de fourniture, de beaucoup le plus onéreux, est assez rarement accepté par l'industriel dont l'usine travaille d'une façon constante.

Par le contrat forfaitaire, les prix sont ordinairement consentis par cheval-an de dix à douze heures par jour ; ils varient, dans des proportions assez importantes, selon les concessionnaires et surtout suivant l'importance de la fourniture. On obtient aujourd'hui, pour les forces moyennes de 10 à 200 HP, le cheval-an à des prix variant de 200 à 100 francs.

L'industriel, tout en appréciant dans la solution à intervenir les bénéfices directs qu'il peut rencontrer dans l'emploi des courants électriques, devra aussi tenir compte des autres avantages que cette commande lui assure, comparativement aux moteurs et aux transmissions mécaniques, avantages qui ont été indiqués au n° 54 : fractionnement des services, facilité d'agrandissements, arrêts presque instantanés d'une portion quelconque de son usine et enfin, suppression des résidus de la combustion, suies et mâchefers.



Si les préférences de l'industriel se portent sur l'emploi du courant électrique, afin de tirer le meilleur parti de sa concession et d'abaisser les pertes résultant de la différence entre le prix du travail réellement utilisé dans ses ateliers et celui maximum payé à son concessionnaire, il lui sera économique de régulariser le travail global de son usine et de le rapprocher de ce maximum.

Nous conseillerions d'installer, à la sortie du transformateur, un appareil enregistreur, wattmètre ou ampèremètre, qui donnerait, à chaque instant, les variations de la fourniture du courant et permettrait de faire, dans la fabrication, les modifications propres à rapprocher du travail limite payé, le travail absorbé par l'usine.

Il y a quelquefois un certain intérêt pour l'industriel à conserver ses machines et chaudières, concurremment avec le courant électrique loué, soit comme réserves pour les cas où, par suite d'accident, le courant lui ferait défaut, soit pour assurer son éclairage nocturne ; la fourniture du supplément de courant nécessaire aux quelques heures de marche de l'éclairage, pouvant être très onéreuse.

**64. Prix du courant électrique.** — Dans le cas de transformation d'une installation existante, l'industriel a intérêt à connaître les avantages économiques qu'il retirera de la substitution du courant électrique à sa machine à vapeur.

On trouvera dans les notes, n° 269, un exemple de cette substitution basé sur une fourniture, aux transformateurs, de 100 HP ; pendant l'année comptée à trois cents jours de travail, de dix heures.

Le prix de revient du cheval-an par machine à vapeur, comparé à celui de l'énergie électrique, en admettant que l'éclairage ne soit pas produit par une transformation du courant électrique en énergie, est, dans les circonstances indiquées, de 145 francs. C'est-à-dire qu'au-dessous de ce chiffre de location du cheval-an, il y aurait avantage économique d'employer le courant électrique, pour une fourniture approchant 100 HP.

### § 3. — ÉCLAIRAGE

**65.** — Au fur et à mesure que se développait la vie industrielle, que se construisaient de nouvelles usines, avec un matériel de



plus en plus délicat et perfectionné, et que s'imposait la nécessité d'un travail continu et intensif, un facteur de production, jusque-là presque ignoré, l'éclairage, prenait, de jour en jour, une plus grande importance.

La distribution large et rationnelle de la lumière est devenue une nécessité dans les manufactures, tant pour favoriser la bonne marche et l'entretien de l'outillage, que pour assurer à l'ouvrier une sécurité qui lui fait donner au travail toute son attention. Elle permet aussi de surveiller la propreté et la liberté de circulation des dégagements de l'atelier : vestiaire, escaliers, passages et couloirs.

Pendant le jour, l'éclairage est assuré dans les bâtiments à étages par des fenêtres diverses ; dans les bâtiments en hall, par des ouvertures latérales auxquelles viennent parfois s'ajouter des lanternons vitrés ; enfin, dans ceux en sheds, par des vitrages légèrement inclinés sur la verticale, placés sur la face Nord de la toiture.

L'éclairage nocturne est à peu près exclusivement fourni par la lumière électrique ; l'élasticité des machines motrices étant généralement suffisante pour donner, pendant quelques heures, l'appoint de puissance nécessaire à cet éclairage.

Quelques usines sont encore éclairées par le gaz, le pétrole ou l'acétylène ; mais, quoique ces modes d'éclairage puissent participer au chauffage des ateliers, les inconvénients qu'entraîne leur emploi : augmentation des risques d'explosion et d'incendie, viciation de l'air, les font de plus en plus abandonner.

**66. Éclairage électrique.** — L'éclairage électrique d'une usine peut s'effectuer aussi bien par courant alternatif que par courant continu.

L'emploi du courant alternatif offre des inconvénients lorsque les deux distributions lumière et force sont solidaires :

1° La lumière manque de régularité parce que, au moment des démarrages elle subit les à-coups de débit du courant, qui sont provoqués par les variations de puissance développée par chacun des moteurs. Ces variations ont une influence marquée sur la régularité de la lumière.



2° Les longueurs des circuits imposent quelquefois une tension plus élevée que celle du voltage ordinaire des lampes ; il faut alors se munir de lampes au voltage particulier de la ligne ou en mettre plusieurs en tension, ce qui rend assez difficile le réglage des lampes à arc.

Si les deux circuits, lumière et force, peuvent être séparés, ce qui est facile lorsque la fourniture du courant est faite par l'extérieur, on peut utiliser avantageusement le courant alternatif, à condition d'alimenter le circuit lumière par un transformateur spécial qui réduit le courant extérieur à la tension normale des lampes, ordinairement 110 volts.

Ces inconvénients du courant alternatif ont fait le plus souvent donner la préférence, pour l'éclairage, au courant continu fourni par des dynamos.

**67. Dynamos à courant continu.** — Ces dynamos sont auto-excitatrices. Elles peuvent s'exciter soit en série, soit en dérivation ou shunt ; soit en compound, c'est-à-dire avec deux circuits, l'un en série, l'autre en dérivation.

Les dynamos d'éclairage à courant continu sont rarement excitées en série, car elles ont alors le défaut d'être sensibles aux variations de résistance du circuit extérieur.

On leur préfère ou les dynamos en dérivation, ou les dynamos compound.

Dans les premières, à mesure que s'accroît la résistance extérieure, le courant dérivé devient plus intense et augmente la force électromotrice. Elles conviennent surtout pour les distributions en dérivation et la charge des accumulateurs.

Les secondes permettent d'obtenir un courant d'intensité variable, sous différence de potentiel constant. Elles nécessitent moins de surveillance que les machines en dérivation.

Jusqu'au débit de 12 à 15 000 watts, les dynamos à courant continu sont bipolaires ; au-dessus, ces dynamos sont généralement multipolaires.

Leur rendement industriel, qui tient compte des pertes mécaniques et des pertes électriques, varie, suivant l'importance du débit, de 0,70 à 0,92 du travail mécanique qui les actionne.



*Réception d'une dynamo.* — Les conditions générales de réception des dynamos sont données dans les notes n° 269; nous n'indiquons ici que les plus importantes :

1° Les dynamos à courant continu devront pouvoir supporter, pendant cinq minutes, une vitesse de 30 p. 100 plus élevée que la marche normale.

2° Les machines devront, une fois les balais réglés à la position la plus favorable, marcher sans étincelles appréciables à toutes les charges comprises entre la marche à vide et la charge normale.

3° Les limites extrêmes pour surélévation de température, mesurée après la durée d'essais spécifiée, est :

Pour les inducteurs, 45° C.

Pour les autres enroulements, 40° C.

Pour les collecteurs et les balais, 50° C.

**68. Lampes.** — Les grands locaux pour le triage et les manipulations de marchandises, les magasins et cours, sont éclairés par des lampes à arc d'appareillage simple et robuste, montées par deux en tension et quelquefois par trois. Les groupements par trois sont plus économiques que les groupements par deux; mais en revanche, leur réglage par le rhéostat commun à chaque groupe est beaucoup plus délicat.

Les foyers sont ordinairement surmontés de réflecteurs et entourés de globes opales ou striés, au-dessous desquels sont des cendriers.

Les bureaux, escaliers, couloirs et services particuliers ainsi que les parties de l'outillage qui nécessitent un éclairage minutieux, sont éclairés par des lampes à incandescence qui peuvent être employées concurremment avec les lampes à arc.

Étant donnés les bas prix actuels des lampes à incandescence, comme leur résistance, par l'amincissement du filament, s'accroît à mesure de leur temps de service, pendant que diminue leur pouvoir éclairant, il est avantageux de ne pas les pousser jusqu'à usure complète et de les remplacer après quatre à cinq cents heures d'éclairage.

**69. Intensité de l'éclairage.** — L'intensité de l'éclairage, pour des locaux industriels, doit être sensiblement la suivante :



Les cours d'usines, chantiers, triages et quais de marchandises peuvent recevoir une intensité de lumière de 0,50 à une bougie par mètre carré.

Dans les ateliers de préparation de chaussures, de construction et de gros outillage, on peut compter sur 1,5 à 2 bougies.

Enfin, dans ceux où s'exécutent des travaux délicats : tissage et ourdissage de tissus, piquage et garnissage, etc., on peut atteindre 2,5 à 4 bougies par mètre carré.

**70. Éclairage par réflexion.** — Afin d'adoucir l'intensité de la lumière directe des lampes à arc, dans certaines fabriques, principalement celles où l'on travaille les textiles, on a muni parfois ces lampes, à leur partie inférieure, de réflecteurs projetant les rayons lumineux sur les plafonds qui ne laissent retomber dans l'atelier que la lumière réfléchie.

Cette disposition est peu avantageuse, elle n'utilise qu'une faible partie de la lumière totale, une fraction importante étant absorbée par les plafonds et les vitrages ; de plus, dans les bâtiments en sheds, l'inclinaison des plafonds rejette contre les vitrages et la face Nord de l'usine, la lumière réfléchie.

La quantité de lumière non utilisée augmente à mesure que les parties réfléchissantes se ternissent.

**71. Batteries d'accumulateurs.** — Dans la plupart des usines qui s'éclairent à l'électricité par du courant continu, on adjoint à cet éclairage une batterie d'accumulateurs qui sert à soulager l'éclairage général ou à alimenter les lampes des sous-sols, caves, bureaux, conciergerie, etc. quand les dynamos sont arrêtées.

Ces batteries offrent aussi cet avantage de pouvoir alimenter quelques lampes disséminées dans les ateliers, dans les escaliers et les dégagements, afin de faciliter la sortie du personnel s'il y avait un arrêt accidentel des moteurs ou des dynamos.

Cette mesure de prudence est trop souvent négligée.

**72. Conditions de marche d'une batterie.** — La tension aux bornes d'un accumulateur est, au commencement de la charge, de 1 volt 8 à 1 volt 9 ; elle monte vers 2,4 à 2,6 volts, à la fin de la charge. En marche normale un accumulateur donne 1,9 à 2 volts.



La différence de potentiel entre deux plaques étant en moyenne de 2 volts, il en résulte qu'il faut accoupler 55 éléments pour une batterie devant alimenter des lampes à 110 volts. Pour compenser le faible voltage, à la fin de la décharge, et les pertes dans les conducteurs, on installe généralement 60 éléments par batterie.

Des appareils réducteurs permettent d'intercaler ou de sortir du circuit des éléments pendant la charge et la décharge, afin de maintenir la batterie à une tension constante, quelque soit leur potentiel.

L'intensité, pour la charge et la décharge, peut varier suivant la qualité et la composition de ces éléments ; il faut compter sensiblement, par kilogramme de plaques, sur un débit de 1 ampère.

La capacité d'une batterie est la quantité totale d'électricité qu'elle peut fournir. Sa capacité utile comprend la quantité d'électricité fournie pendant que le régime de décharge est à peu près constant. On limite cette décharge au moment où la différence de potentiel, aux bornes, a perdu de 12 à 15 p. 100 de sa valeur primitive.

Le rendement en énergie des accumulateurs est le rapport de l'énergie fournie pendant la décharge utile à celle dépensée pendant la charge.

Le rendement en quantité est le rapport entre le nombre d'am-pères restitué pendant la décharge et celui fourni par la charge.

En pratique, on doit compter sur un rendement, dans les batteries bien entretenues, de 80 p. 100 en quantité et de 60 à 70 p. 100 en énergie.

### 73. Choix d'une dynamo de charge. —

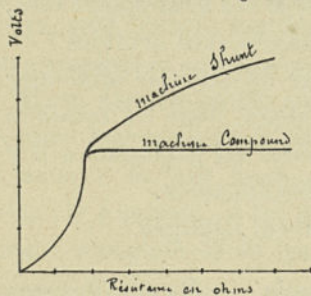


Fig. 20.

Dans une batterie chargée à potentiel variable, la force électromotrice de la batterie croît avec la charge, celle de la dynamo de chargement doit varier, dans les mêmes proportions, sans cela les accumulateurs actionneraient, en retour, la dynamo.

En supposant, par exemple, une batterie de 60 éléments, il faut, au début de la charge, que la différence de potentiel de la dynamo soit supérieure à  $60 \times 1,85 = 110$  volts et, à la fin,  $60 \times 2,6 = 156$  volts.



La tension de charge étant variable, on ne peut employer, pour le chargement des accumulateurs, les dynamos compound dont la force électromotrice est pratiquement constante. Il faut donner la préférence aux dynamos montées en dérivation ou shunt, dont la tension peut varier par l'excitation, ainsi que l'indiquent les caractéristiques de la figure 20, représentant, pour chaque mode d'excitation, les valeurs de la différence de potentiel électrique en fonction de la résistance extérieure.

**74. Survolteurs.** — Dans le cas où l'on utilise, pour la charge d'une batterie, un courant à potentiel constant, il faut lui adjoindre un appareil survolteur, dont le rôle est d'ajouter la quantité variable à la force électromotrice constante du courant produit.

Ce survolteur est une petite dynamo montée en tension sur le circuit de charge des accumulateurs ; il suffit d'en faire varier l'excitation, pour augmenter la différence de potentiel du circuit d'alimentation de la dynamo principale de 10, 20, 30 volts, etc. jusqu'à ce que la tension totale de la batterie atteigne 156 volts.

**75. Installation d'une batterie d'accumulateurs.** — Les batteries d'accumulateurs doivent être installées dans des locaux spéciaux,

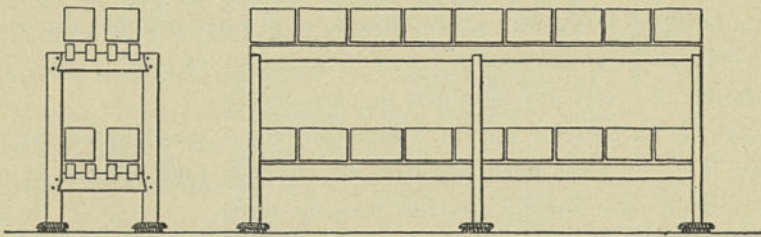


Fig. 21.

aussi rapprochés que possible de la salle de dynamos et des tableaux de distribution.

Ces locaux doivent être secs et à l'abri des rayons du soleil. Le sol doit en être légèrement incliné, dallé en carreaux pressés et muni de rigoles pour l'écoulement des eaux acidulées.

On ménagera au plafond des cheminées d'aération communiquant avec l'extérieur, et, à la partie inférieure, quelques ouvertures pour assurer la ventilation de la salle.



Les bacs des accumulateurs sont installés sur des rayonnages en bois isolés du sol par des porcelaines, et disposés pour qu'on puisse circuler facilement autour d'eux (fig. 21).

**76. Soins à apporter aux accumulateurs.** — Une batterie d'accumulateurs est un appareil assez délicat qu'il ne faut pas surmener; sa durée peut être très courte si l'on néglige les soins qu'elle doit comporter et si l'on dépasse le régime normal de la charge et de la décharge.

Les récepteurs ou bacs contiennent les éléments de la batterie plongés dans une solution d'acide sulfurique; on aura soin de maintenir la hauteur du liquide à son niveau normal et de ramener constamment sa densité à 1,15-1,20 du densimètre.

La charge des accumulateurs doit se faire jusqu'au bouillonnement; on devra veiller à ce que le liquide ne s'échauffe pas. Tout élément inerte doit être mis immédiatement hors circuit.

A la décharge, pour que le fonctionnement soit régulier, les éléments ne doivent jamais être épuisés, mais contenir toujours de 15 à 20 p. 100 de la charge qu'ils ont absorbée, et il ne faut jamais laisser un de ces éléments abaisser sa tension au-dessous de 1,7 à 1,8 volt.

La batterie devra être entretenue avec la plus grande propreté; on vérifiera fréquemment si les connexions et les joints, entre les éléments, ne sont pas attaqués par les acides.

Lorsque la batterie doit être mise au repos, pendant un temps assez long, il sera nécessaire de la charger entièrement et de renouveler cette charge environ tous les mois.

Au moins une fois par année, les accumulateurs doivent être démontés en défaisant les boulons qui assemblent leurs plaques. Après avoir décanté le liquide, on enlèvera les dépôts pulvérulents qui ont pu se former au fond des récipients. Les plaques seront ensuite visitées, plongées dans l'eau et nettoyées; si quelques-unes étaient déformées, on les redresserait, puis elles seraient remontées avec précaution pour qu'elles ne se touchent pas.



## CHAPITRE IV

### SÉCURITÉ DU PERSONNEL OUVRIER DANS LES USINES

Nous ne pouvons songer à décrire tous les appareils de sécurité qu'il faudrait prévoir dans les diverses industries et devons nous contenter d'indiquer quelques-unes des dispositions s'appliquant à l'outillage général.

Afin d'atténuer les responsabilités encourues par suite d'accidents dans ses usines, le chef d'Industrie doit prendre un certain nombre de précautions :

Il étudiera les appareils protecteurs à installer aux points dangereux de ses ateliers, organisera une ventilation rationnelle des salles de travail encombrées, installera des dispositifs pour neutraliser ou aspirer les gaz nocifs, mettra à la disposition de son personnel les appareils individuels de protection indispensables : lunettes, masques, éponges, etc., ceux nécessaires à l'entretien de la santé : vestiaires et lavabos. Il fera connaître aussi, au moyen de notes, d'affiches, les prescriptions que l'ouvrier doit observer dans l'usine : interdiction de rentrer dans certaines salles, de nettoyer ou de graisser les organes en mouvement, de monter et déplacer, à la main et pendant la marche, les courroies, etc. ; enfin, il donnera, pour le cas d'accident, des instructions de premier pansement.

L'ouvrier, de son côté, qui doit connaître les obligations et les dangers de son métier, devra se servir des éléments de protection dont il dispose et prendre toutes les précautions inhérentes à sa profession, aux outils dont il fait usage, aux vapeurs et poussières qu'il peut respirer. Suivant les cas, il se servira de masques respiratoires, de lunettes, de visières ; de vêtements amples ou serrés ; de bracelets ou de gants, de chaussures souples ou de sabots, etc.

Il prendra l'habitude, aux interruptions de travail, de changer



ses vêtements qui devront être fréquemment nettoyés ; il entretiendra, par des lavages et des bains, son hygiène personnelle.

Les appareils de préservation, qui séparent l'ouvrier des organes dangereux de la machine, sont d'autant plus nécessaires qu'après un certain temps de travail, fatigué, il devient moins attentif, et ses mouvements sont moins précis ; il se produit en lui une sorte de dépression qui paraît être une des causes de la fréquence des accidents à certaines heures de la journée.

Le rôle que joue cet affaiblissement des forces physiques a été nettement démontré par le professeur Imbert, de Montpellier, au Congrès de démographie de septembre 1903, à Bruxelles.

Il a tracé, pour chaque industrie, des graphiques indiquant les accidents et l'heure à laquelle ils se sont produits.

De l'examen des courbes ainsi obtenues, il ressort :

1° Que les accidents sont plus nombreux le soir que le matin ;

2° Que le nombre de ces accidents est plus élevé vers la fin de chaque période de travail.

Le maximum s'est produit partout, le matin entre dix et onze heures, et le soir entre quatre et cinq heures, c'est-à-dire vers la fin de chaque demi-journée.

De ces remarques découle cette loi formulée par l'inspecteur du travail de Montpellier que, plus l'ouvrier est fatigué, plus il a des chances de se blesser dans son travail.

Ces constatations récentes donnent plus de poids encore aux raisons qui militent en faveur de l'emploi des appareils de préservation qui, en augmentant la sécurité et surtout la sûreté des mouvements de l'ouvrier lorsque son attention fatiguée s'affaiblit, tendent à rendre le travail exécuté à la machine aussi inoffensif que le travail manuel.

#### § 1. — PRÉCAUTIONS GÉNÉRALES

77. — Des règlements affichés dans les ateliers devront faire connaître au personnel les heures de mise en marche et d'arrêt des machines motrices, ainsi que les précautions à prendre pour circuler autour de certains outils dangereux, des transmissions électriques et mécaniques. On pourrait indiquer sommairement



aussi les opérations à effectuer, en cas d'accidents, pour procéder à l'arrêt de tout ou partie de l'outillage.

Tous les organes de mouvement placés à la portée des ouvriers, tels que courroies, câbles, engrenages, bielles et volants, devront être, soit enveloppés, soit isolés par de solides garde-corps ou des boiseries protectrices (fig. 22).

Il serait à désirer que ces appareils de protection fussent peints d'une même couleur, se détachant des objets environnants; par ce moyen, les surveillants d'un atelier se rendraient compte, d'un coup d'œil, si ces appareils sont à leur place et peuvent rendre les services qu'on en attend. Il conviendrait que ces employés aient à leur disposition une petite pharmacie contenant les objets de premier pansement et qu'ils sachent au besoin s'en servir.

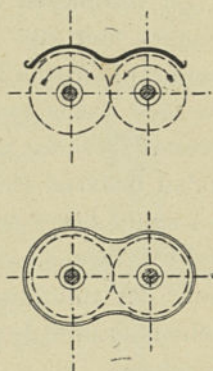


Fig. 22.

Les graphiques du professeur Imbert, dont il est parlé plus haut, démontrant que le maximum d'accidents se produit vers onze heures du matin et cinq heures du soir, les chefs d'industrie et leurs représentants devront, à ces heures, redoubler de surveillance sur le personnel ouvrier placé sous leurs ordres.

**78. Chaudières, machines à vapeur et tuyauteries.** — En dehors des appareils que les règlements obligent à appliquer aux générateurs à vapeur et qui sont énumérés dans les notes n° 264, quelques dispositions doivent être prises pour compléter les éléments de sécurité et de confort du personnel de chauffe :

Les tubes de niveau d'eau se brisent assez fréquemment et peuvent donner lieu, soit à des accidents de projections d'éclat de verre, soit à des brûlures occasionnées par la vapeur. Il convient d'employer des tubes minces et de peu de longueur; il sera prudent de les entourer d'une enveloppe de verre fort, de toile métallique, etc. qui, tout en arrêtant les projections, laissent néanmoins visible le niveau de l'eau.

Les chaufferies comporteront de faciles dégagements; leurs ouvertures d'entrée devront être fermées par des portes battantes



s'ouvrant à l'extérieur. Dans la mesure du possible, il faudra éviter d'installer les générateurs dans des sous-sols, car, en cas d'explosion partielle d'un de leurs éléments, le personnel affolé ne pourrait s'échapper de ces locaux qu'avec les plus grandes difficultés.

La ventilation des salles de chaudières et de moteurs thermiques doit être particulièrement assurée, non seulement pour assainir l'air souillé par les émanations des foyers des générateurs ou des gazogènes, mais encore pour éviter, en été, une trop grande élévation de température, nuisible aussi bien aux ouvriers qu'au matériel électrique qui se trouve fréquemment installé dans les salles de ces moteurs.

Un lavabo placé dans un local contigu à la chaufferie sera utile pour les ablutions du personnel de chauffe et lui évitera, pour cette opération de propreté, de trop brusques changements de température.

*Machines à vapeur.* — Les machines motrices doivent être installées dans une salle spéciale dont l'entrée est interdite à tout ouvrier autre que le mécanicien chargé de ce service. Les dimensions de cette salle devront être suffisantes pour que la circulation autour des divers organes soit largement assurée ; des garde-corps seront disposés pour éviter que, à la suite d'un faux pas, d'une maladresse, le mécanicien puisse être atteint par les pièces en mouvement. Comme une partie de l'huile de graissage de la machine pourrait couler ou être projetée sur les planchers et les rendre glissants, des gouttières seront ménagées au-dessous des pièces lubrifiées, pour recevoir les huiles en excès.

Les volants des machines à vapeur seront toujours protégés par des garde-corps assez élevés et très solides.

A la mise en marche, quand il est utile de faire passer le point mort à la manivelle, il faut éviter de faire agir directement les ouvriers sur le volant ; la mise au point doit s'opérer au moyen de leviers, d'appareils vireurs ou de dépiqueurs à cliquets ; ces derniers étant disposés pour s'effacer automatiquement devant le volant, au moment du départ de la machine.

*Tuyauteries.* — Les canalisations de vapeur devront être enveloppées d'un calorifuge, non seulement pour l'économie de vapeur



qui en résulte, mais encore pour éviter, au personnel de service, le contact direct de tuyaux brûlants.

**79. Arbres de transmission.** — Il est indispensable que les arbres de transmission et toutes les pièces qui y sont fixées et tournent avec eux, ne présentent que des surfaces lisses.

On doit supprimer, sur les poulies, manchons et arbres, toutes parties saillantes, surtout si elles ont des arêtes vives, telles que écrous ; têtes de vis, de boulons ou de clavettes.

Lorsque pour des questions de rigidité d'assemblage ou de facilité de démontage, ces saillies ne pourront être supprimées, elles seront noyées dans la masse ou recouvertes par des bagues ou des couvre-clavettes (fig. 23).

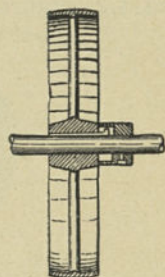


Fig. 23.

Les accidents provoqués par les transmissions, étant les plus fréquents et les plus dangereux, l'entretien et le graissage de ces organes doivent être confiés à des ouvriers spéciaux, interdiction étant faite à tout autre d'y toucher.

Même dans le cas où toute saillie dangereuse serait supprimée, ces ouvriers devront éviter soigneusement de se mettre en contact direct avec un arbre en mouvement ; ils seront munis d'échelles de sûreté à crampons et à crochets et leurs vêtements devront être serrés à la taille, ne comporter ni tabliers, ni bouts flottants, qui pourraient être entraînés.

Les arbres de transmission seront pourvus de paliers graisseurs automatiques avec réservoirs d'huile. Ce graissage fonctionne assez longtemps pour que l'ouvrier puisse changer l'huile et nettoyer les organes, pendant l'arrêt des transmissions.

**80. Débrayages.** — Lorsqu'il se produit un accident, qu'un ouvrier est, par exemple, saisi par ses vêtements, il faut prévenir le mécanicien qu'il ait à arrêter sa machine ; on perd souvent ainsi un temps précieux, pendant lequel s'aggrave l'accident ; il est donc prudent de fractionner, par des débrayages, les transmissions de grande longueur.

Dans ce but, on a beaucoup employé les débrayages à griffes



qui sont très simples, mais présentent cet inconvénient qu'on ne peut, avec eux, embrayer des transmissions en marche sans risquer des chocs ou des ruptures. Quand le travail transmis est élevé, il faut, pour les faire fonctionner, arrêter les transmissions.

*Embrayages à frictions.* — Depuis quelques années, certains constructeurs ont créé des dispositions d'embrayages à frictions, à effet progressif (fig. 24), évitant les chocs des embrayages à griffes. Ces embrayages fonctionnent bien, mais sont coûteux et quel-

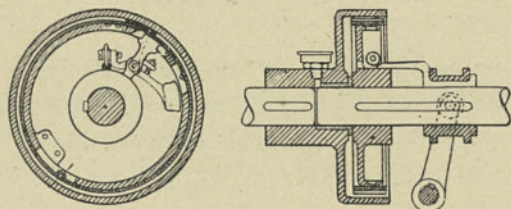


Fig. 24.

quefois encombrants, car, pour être assuré de leur fonctionnement, il est toujours prudent de les prévoir de dimensions plus importantes que celles indiquées pour leur puissance normale.

**81. Courroies.** — Les courroies ont donné lieu, assez fréquemment, à des accidents de personnes ; elles nécessitent pour leur maniement des précautions particulières :

La jonction des deux brins d'une courroie ne doit se faire qu'après avoir pris la précaution de l'isoler de l'arbre de transmission. Il existe un grand nombre de types de jonctionnements de courroies ; lanières cousues, boutons et agrafes. Tous donnent de bonnes jonctions, il faut exiger seulement qu'aucune de leurs parties ne soit en saillie.

Pour arrêter une machine ou une transmission intermédiaire sur laquelle n'est pas installé un débrayage, on fait tomber la courroie de dessus sa poulie et elle vient reposer sur l'arbre ; elle est alors exposée à s'y enrouler, en entraînant tout ce qu'elle rencontre. On évite ce danger en employant, dans les parties de l'outillage où cette opération est fréquente, des crochets fixés à la charpente ou aux bâtis voisins, sur lesquels la courroie vient se reposer et n'est pas en contact avec les parties tournantes.



82. **Montage des courroies.** — Il est toujours dangereux de monter, à la main, une courroie sur une poulie en mouvement ; l'ouvrier est exposé à être accroché par la transmission ou la courroie

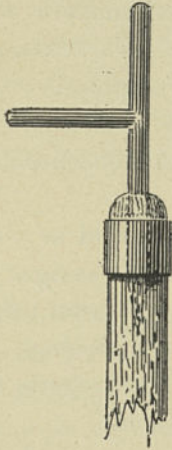


Fig. 25.

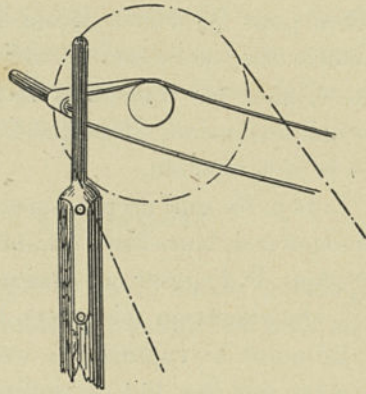


Fig. 26.

et projeté contre les obstacles environnants. Il doit toujours faire arrêter la transmission ou tout au moins en faire ralentir la vitesse.

Dans certaines usines où le nombre des courroies à monter est important, l'arrêt, par le moteur central, ferait perdre un temps considérable.

On emploie alors, pour ce montage, pendant la marche de la transmission, un appareil spécial qui se compose d'une perche en bois, (fig. 25) de longueur appropriée à la hauteur moyenne des transmissions, portant, à sa partie supérieure, un doigt en fer perpendiculaire formant crochet. L'ouvrier saisit, avec le doigt du crochet, la courroie, en dehors de la jante de la poulie, et l'amène au point de contact. Il fait faire un quart de tour à la perche et pousse la courroie sur la poulie, en l'appuyant par l'angle du doigt (fig. 26).

Avec cette perche, et après quelques essais préliminaires, un ouvrier un peu adroit arrive à monter très rapidement des courroies atteignant 10 à 12 centimètres de largeur. Pour monter celles d'une largeur supérieure, il sera toujours prudent d'arrêter ou de ralentir le mouvement de la transmission.

Divers autres appareils ont été créés pour le montage des courroies sur les transmissions en marche, mais ils sont en général



beaucoup plus compliqués que la perche précédemment décrite et ne conviennent souvent qu'à des cas particuliers.

**83. Câbles de transmission.** — Ils sont en chanvre ou en coton pour les transmissions intérieures ; pour les transmissions extérieures, on se sert de câbles métalliques. L'emploi de ces derniers, pour les transports de forces à distance, avaient pris une grande extension, avant que l'usage des transmissions électriques ne se soit répandu.

Lorsqu'ils sont un peu surmenés, les câbles peuvent se rompre et fouetter de leurs brins retombants, les ouvriers au passage ; il est prudent de disposer, au-dessus des points qu'ils peuvent balayer, des plattelages en tôle ou en bois empêchant tout accident.

Le point de rupture de ces câbles est presque toujours à l'épissure, que l'on doit surveiller tout particulièrement.

**84. Transmissions électriques.** — A la tension habituelle à laquelle marchent les moteurs électriques transmettant l'énergie à des groupes d'outils ou à des outils isolés, l'ouvrier ne court pas de dangers sérieux.

Il sera néanmoins d'excellente précaution d'enfermer les moteurs un peu importants dans des abris ou des salles accessibles seulement au personnel chargé de leur entretien ; exception devra être faite pour l'appareil de démarrage et l'interrupteur. Ce dernier, dans le cas d'un accident ou même d'un incident quelconque arrivé aux outils ou aux transmissions, doit être immédiatement déclenché par l'ouvrier le plus rapproché. Le groupe moteur étant arrêté et l'accident circonscrit, si l'intervention d'un spécialiste est nécessaire, il a bientôt fait de tout remettre en état et d'opérer la mise en marche.

Afin de diminuer leur résistance électrique, surtout aux points de jonctionnement et aux connexions, les canalisations devront présenter de très larges sections. Leur résistance mécanique ainsi que celles des consoles, potelets, etc., qui les supportent, devra être assez forte pour résister aux perturbations atmosphériques.

Les fils constituant les canalisations extérieures devront être placés à au moins 2 mètres au-dessus des toitures, pour qu'en cas



de réparation de ces dernières, on ne puisse les toucher. Ils devront aussi être tenus à plus d'un mètre des fenêtres, larmiers, lucarnes des ateliers ou des greniers.

Par crainte de rupture accidentelle d'un ou de plusieurs fils de canalisation, il sera prudent de disposer, au-dessus du passage des ouvriers, des filets protecteurs composés de 3 à 4 fils métalliques longitudinaux attachés aux façades des bâtiments et reliés, de distance en distance, par des fils transversaux.

## § 2. — ATELIER DE RÉPARATIONS

85. — Presque toutes les usines possèdent un atelier mécanique pour les réparations, et quelques outils à travailler le bois pour la confection des emballages.

Quoique ces ateliers de réparations ne soient habituellement

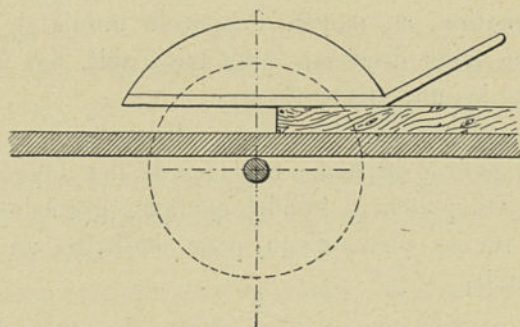


Fig. 27.

occupés que par des spécialistes, on devra néanmoins tenir les parties dangereuses de l'outillage, recouvertes et protégées par des garde-corps ou des grillages. Des lunettes protectrices devront être mises à la disposition du personnel, pour qu'il puisse se garantir les yeux contre les éclats métalliques.

L'outillage mécanique pour le travail des bois est généralement assez succinct, il ne comprend parfois qu'une scie circulaire et une scie à rubans; cette dernière, étant de beaucoup la moins dangereuse, sera utilisée pour tous les travaux qui le permettent.



Ces outils devront être pourvus d'appareils de protection, non seulement pour qu'on ne puisse toucher aux scies en mouvement, mais encore pour éviter le danger des projections d'éclats de bois à travers l'atelier.

Depuis quelques années, on a créé un assez grand nombre de couvre-scie (fig. 27), qui remplissent le but demandé en isolant les lames des outils; on peut trouver les dispositions de ces appareils dans les ouvrages spéciaux.

Quand l'outillage à travailler les bois est un peu important, une salle particulière, de préférence au rez-de-chaussée, doit lui être affectée, et quelques précautions supplémentaires sont à prendre au point de vue de l'incendie :

Dans ces ateliers, l'éclairage au pétrole devra être prohibé, ainsi que celui des lampes électriques à arc, non munies de globes protecteurs et de cendriers.

Les copeaux et les sciures devront être enlevés soit au moment de leur formation, au moyen d'appareils munis de ventilateurs aspirants que nous décrirons plus loin, soit, par un balayage effectué au moins une fois par jour.

Enfin, des prises d'eau devront être disposées dans l'atelier, ou à proximité, pour y brancher rapidement des tuyaux munis de lances à jet. On pourra y joindre quelques grenades, un extincteur ou des seaux pleins d'eau, pour combattre un commencement d'incendie.

**86. Meules.** — On emploie, en industrie, des meules en grès ou des meules artificielles. Leur grande vitesse, afin de produire un travail intense, peut donner lieu à des ruptures qui occasionnent, presque toujours, des accidents mortels.

*Meules en grès.* — Les meules en grès servent à l'aiguisage des outils ou à l'ébarbage et au blanchiment des pièces métalliques.

Dans le premier cas, elles ont une faible vitesse et ne sont pas dangereuses; dans le second, elles sont d'un grand diamètre, marchent à une vitesse considérable et doivent être, pour leur montage et à leur mise en route, l'objet de quelques mesures de précaution :



Il faudra, avant le montage, examiner la meule au point de vue du choix de la pierre et des défauts qu'elle peut présenter. Après son montage, la meule, engagée sur son arbre et maintenue entre deux plateaux dont l'un est fixé à cet arbre et l'autre serré par un écrou, sera tournée soigneusement, afin de supprimer tout faux-rond et tout fouettement. Elle sera partiellement entourée d'une forte enveloppe métallique, et sa vitesse tangentielle ne devra pas dépasser 12 à 15 mètres par seconde.

Pendant leur service on procédera de temps en temps à un examen de ces meules et à quelques sondages au marteau sur leurs deux faces.

**87. Meules artificielles** — Elles sont constituées par des particules d'émeri ou de corindon, de silex ou de grès, agglomérées par de la gomme laque, du caoutchouc, de la magnésie.

Comme mesure de sécurité, on veillera à ce que le montage en soit exactement fait :

La meule sera maintenue sur son arbre au moyen de deux plateaux en acier, serrés par un écrou ; entre ces plateaux et le corps de meule on intercalera des rondelles de cuir, de caoutchouc ou de carton. Avant de serrer les plateaux à fond, s'il y avait du faux-rond et du fouettement, on retoucherait la meule et modifierait son calage.

Ces opérations préliminaires terminées, on s'assurera, avant la mise en route, de son équilibre en la faisant tourner, à la main, sur ses supports.

Elle sera mise ensuite en mouvement, de façon progressive, puis devra supporter, au moins pendant une demi-heure, une vitesse supérieure de 15 à 20 p. 100 à sa vitesse normale.

On ne doit donner à la meule en travail qu'une vitesse de sécurité de  $1/10^e$  de celle qui pourrait produire l'arrachement, dont la résistance varie de 80 à 120 kilogrammes par centimètre carré. Cette vitesse tangentielle est ordinairement de 30 mètres par seconde, pour les meules avec agglomérant végétal (caoutchouc), et 25 mètres, pour les meules avec agglomérant minéral (magnésie).

Il sera bon de renouveler parfois l'essai des meules, à la vitesse



extrême indiquée plus haut ; on vérifiera, en même temps, le serrage de l'écrou sur les plateaux et la meule elle-même, au moyen de sondages au marteau.

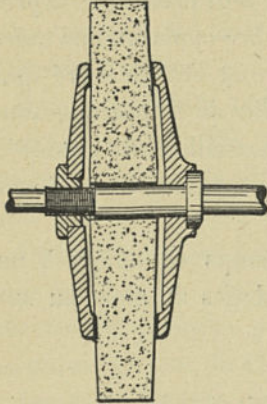


Fig. 28.

Pour augmenter leur résistance et éviter les ruptures, quelques constructeurs frettent ces appareils par des fils métalliques noyés dans la masse ou par des cercles extérieurs. Une disposition qui paraît donner de bons résultats est celle de l'emploi de meules plus épaisses au centre qu'à la circonférence (fig. 28) ; les sections de résistance sont augmentées et, de plus,

en cas de rupture, le coincement des plateaux qui épousent la forme de la meule, arrête la projection des éclats.

### § 3. — MONTE-CHARGES ET ASCENSEURS

88. — L'article 11, du décret du 10 mars 1894, vise, tout particulièrement, la sécurité des monte-charges et ascenseurs.

Il est assez rare, en industrie, que l'on se serve d'ascenseurs pour le transport du personnel qui n'a presque jamais à suivre le mouvement des marchandises envoyées d'un atelier dans un autre ; on utilise beaucoup plus les monte-charges qui transportent exclusivement ces marchandises.

Ces monte-charges comprennent une transmission spéciale qui actionne une poulie à gorges ou une poulie à empreintes à laquelle est suspendu, par l'intermédiaire d'un câble ou d'une chaîne, un plateau ou une cabine recevant les marchandises ; ce plateau se meut et est guidé dans une cage qui relie entre eux les divers étages à desservir. Les ouvertures de cette cage sont fermées par des appareils de sécurité qui en empêchent l'accès, tant que la cabine n'est pas au niveau du plancher de l'étage.

Les appareils de sécurité diffèrent, suivant que les monte-charges sont fermés par des barrières ou des portes verrouillées.

89. Monte-charges à barrières. — Dans ce dispositif, le plateau



du monte-charges, par son mouvement ascensionnel, soulève une barrière de sûreté fermant le vide de la cage. Ce plateau porte des taquets de butée qui entraînent cette barrière, puis la tiennent soulevée au-dessus du sol, de toute la hauteur nécessaire pour le passage et les manipulations des marchandises (fig. 29).

Dès que le plateau redescend, la barrière, par son poids, suit son mouvement et revient prendre sa position de fermeture.

**90. Monte-charges à portes verrouillées.** — Si les monte-charges sont isolés par des portes s'ouvrant sur leurs cages, ces portes sont verrouillées et des enclenchements automatiques ne leur permettent de s'ouvrir qu'au moment où le plateau vient aborder l'étage à desservir.

Ces appareils d'enclenchement doivent présenter une assez grande précision, quelquefois difficile à obtenir ; ils doivent, de plus, être disposés pour donner les résultats suivants :

1° Empêcher de s'ouvrir les portes donnant accès dans les monte-charges, tant que le plateau n'a pas atteint l'étage ;

2° Assurer la fermeture automatique des portes, dès que le plateau quitte l'étage, soit en montant, soit en descendant.

Pour cela, latéralement au guidage et du côté où elles s'ouvrent, sont disposées deux touches D et D', ainsi que les buttoirs P et P' (fig. 30 et 31).

Ces touches servent à faire mouvoir les différents leviers des

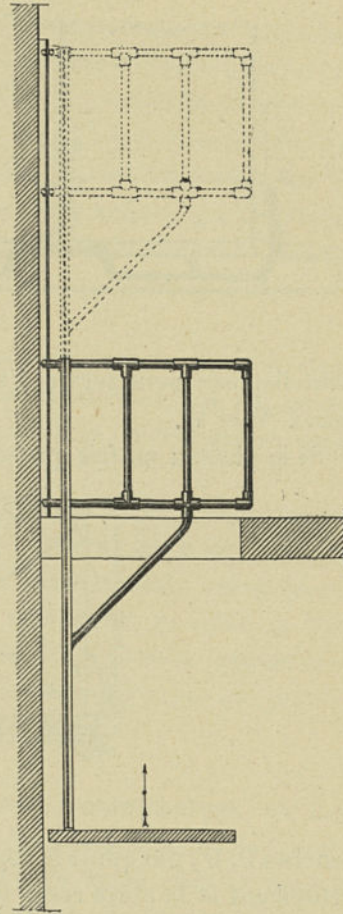


Fig. 29.



mouvements B et B' qui soulèvent les verrous intérieurs A, A', dont le rôle est de tenir les portes fermées. Les buttoirs P et P',

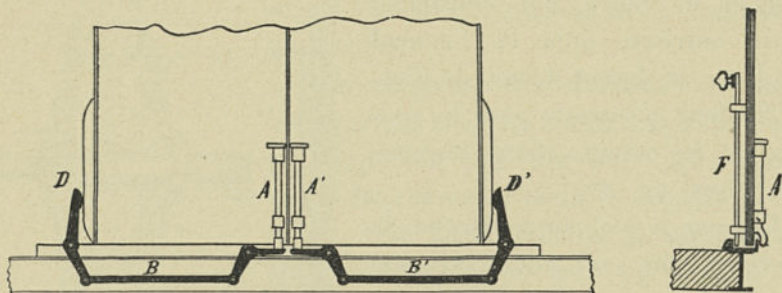


Fig. 30.

sont disposés pour servir d'arrêts, à moment donné, aux loqueteaux V et V'.

Si le plateau ne fait que passer devant l'étage, aussitôt que les

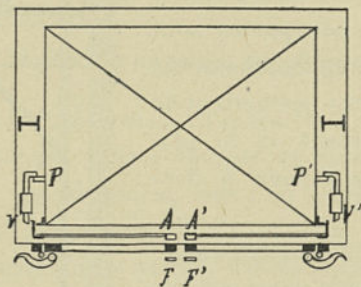


Fig. 31.

touches D, D', ont quitté le contact des leviers E, E', les verrous A, A', retombent et la porte reste verrouillée.

Si le plateau s'arrête à l'étage, les verrous, AA', étant soulevés, l'ouvrier relève, à la main, les deux targettes extérieures de sûreté F, F', ouvre les portes jusqu'à ce qu'elles s'accrochent aux petits loqueteaux V et V', et le plateau du monte-charges peut être abordé pour l'enlèvement ou l'apport des marchandises.

Quand les manipulations de ces dernières sont terminées, et aussitôt que le plateau du monte-charges quitte l'étage, soit qu'il monte, soit qu'il descende, les touches P, P', tirent en arrière les loqueteaux V, V'; les portes n'étant plus retenues et étant sollicitées par des ressorts viennent se fermer d'elles-mêmes et enclan-



cher les verrous intérieurs et extérieurs A, A' et F, F', qui retombent, par leur propre poids, dans leurs gâches.

En résumé, lors de l'ouverture des portes, qui ne peut avoir lieu qu'au moment exact où la cabine est arrivée à l'étage à desservir, il se produit trois mouvements simultanés : soulèvement des verrous A et A', ouverture des targettes F et F', par la main de l'ouvrier, enclenchement des portes ouvertes, par les loqueteaux V et V'. Dès que le plateau, soit montant, soit descendant, quitte l'étage, les loqueteaux laissent échapper les portes qui viennent se bloquer d'elles-mêmes.

**91. Ascenseur industriel.** — Pour les besoins du service, dans certaines usines, on a transformé les monte-charges en ascenseurs, afin que l'ouvrier puisse suivre la marchandise qu'il envoie.

Pour cela, on adjoint à cet appareil, comme mesure de sécurité, un parachute comportant deux lames croisées, en acier, rendues solidaires du câble de suspension par deux ressorts antagonistes qui se détendent au moment de la rupture de ce câble et font ouvrir ces lames. Elles s'accrochent aux dents de deux crémaillères latérales, régnant sur la hauteur de l'ascenseur ; en cas d'accident, la cabine reste suspendue dans le vide.

**92. Transmission de mouvement aux monte-charges.** — Les monte-charges sont actionnés par des dispositions de transmissions de mouvement qui diffèrent peu entre elles et dont le principe est un double jeu de poulies et de courroies ; l'une de ces dernières A, étant croisée, et l'autre droite, B (fig. 32).

Un mouvement latéral d'embrayage à fourche les amène, tantôt dans la position médiane, sur leurs poulies folles, pour l'arrêt de l'engin, tantôt dans les deux positions extrêmes, pour la marche en avant ou en arrière, correspondant à la montée ou à la descente de la cabine.

Des tringles de manœuvre actionnant l'embrayage, sont placées sur toute la hauteur de la cage ; elles portent des touchettes qui correspondent à chacun des étages. L'ouvrier chargé de la conduite du monte-charges, en faisant manœuvrer ces tringles et tou-



chettes peut, à volonté, provoquer l'ascension ou la descente du plateau, ainsi que son arrêt à un étage quelconque.

L'arbre intermédiaire qui reçoit les poulies de commande de l'appareil, comporte une poulie de frein pour les arrêts à points fixes

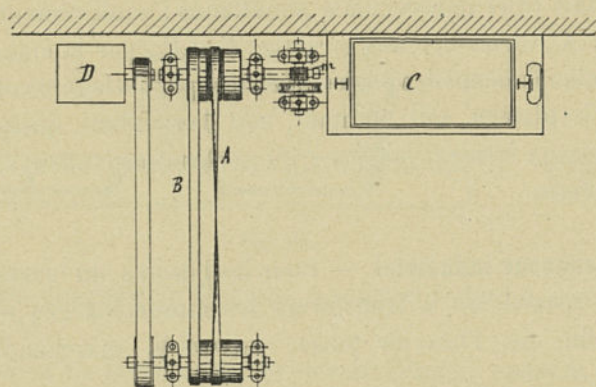


Fig. 32.

et une vis sans fin M qui commande une roue hélicoïdale entraînant une poulie à empreintes, sur laquelle s'enroule ou se déroule la chaîne de suspension du plateau C.

Les transmissions pour la commande de ces monte-charges, sont mises en mouvement par la force motrice mécanique de l'usine, ou par des moteurs électriques D, quand ces élévateurs desservent des magasins éloignés des ateliers.

Dans le cas de commande électrique, on a parfois, pour la montée et la descente des monte-charges, renversé le mouvement des moteurs en inversant le courant au moyen d'un commutateur spécial.

Cette disposition présente certaines qualités de simplicité d'agencement, mais, par contre, elle est assez délicate et nécessite plus de soins d'entretien que la précédente.

**93. Monte-charges à câbles.** — Pour desservir des bâtiments à étages, dans quelques établissements industriels, nous avons adopté l'installation suivante :

Le plateau est suspendu à un câble de fils d'acier qui monte jusqu'à la partie supérieure des bâtiments, puis redescend, guidé



par des poulies de renvoi, pour s'enrouler sur un tambour fixé au premier étage.

La commande de ce tambour s'opère, comme dans les monte-sacs ordinaires, par l'intermédiaire d'une courroie lâche, et de deux poulies à joues. Cette courroie est tendue pour l'entraînement, à la montée du plateau, au moyen d'un levier commandant un galet de tension.

L'arrêt et la descente sont dépendants de la manœuvre d'un frein à lames.

Cette disposition est certainement fort simple, mais elle nécessite la présence d'un ouvrier attaché spécialement à la partie motrice de l'appareil. Cet ouvrier doit se relier aux divers étages par des signaux acoustiques.

**94. Entretien des monte-charges.** — En dehors de la question du verrouillage des portes des monte-charges, directement visé par les règlements, les divers organes qui les composent, étant surmenés par les chocs et les efforts brusques de démarrage des charges, devront être soumis à une surveillance constante.

Quand il s'agit de monte-charges commandés électriquement, le moteur et les appareils intermédiaires de commande, étant placés à la partie supérieure des bâtiments ou des cages d'escaliers, dans des positions peu abordables, devront néanmoins être fréquemment vérifiés.

On devra veiller plus spécialement aux rhéostats, aux connexions, ainsi qu'à l'isolement des fils conducteurs; aux roues hélicoïdales et vis. Il faudra s'assurer que les dispositifs d'arrêts et de mise en marche sont bien réglés.

Pour les monte-charges à câbles, on devra vérifier avec soin ce dernier; c'est l'élément qui fatigue le plus, surtout dans la partie s'enroulant sur le tambour. L'effort d'incurvation est d'autant plus grand, dans un câble, que le diamètre du tambour d'enroulement est plus petit, et que celui des fils constitutifs de ce câble, est plus gros.

Le diamètre des fils est ordinairement compris entre : 0,0005 et 0,0008; et, afin d'éviter un excès de tension, le rapport  $\frac{D}{d}$ , entre le diamètre du tambour et le diamètre du fil, ne doit pas être moindre de 600 à 800.



A part les soins particuliers qu'il faut apporter aux câbles, toutes les autres pièces de ces monte-charges sont à vérifier fréquemment : courroies, freins, plates-formes et leurs guidages, etc.

Des ordres très sévères devront être donnés et une surveillance devra être exercée sur les ouvriers, pour qu'ils ne transforment pas les monte-charges en ascenseurs et qu'ils ne bloquent pas, au moyen de crochets, de coins, etc., les organes de sécurité verrouillant les portes.



## CHAPITRE V

### CHAUFFAGE

*Considérations générales.* — En même temps qu'un éclairage intensif s'imposait, le chauffage et la ventilation prenaient, dans la construction de l'usine moderne, une place importante.

Pour donner son maximum de travail, avec la moindre fatigue, l'ouvrier doit être placé dans un milieu où il peut respirer facilement et se mouvoir à l'aise ; il faut lui donner, en quantité suffisante, de l'air pur dont la température soit maintenue à un niveau tel, qu'elle ne l'impressionne ni par une sensation de chaleur, ni par une sensation de froid.

Toute variation importante de température lui fait éprouver une impression de gêne et de souffrance :

Lorsqu'il y a excès de chaleur, son énergie s'affaiblit, tout travail l'épuise rapidement. Cet affaiblissement augmente avec la durée et l'intensité d'élévation de la température.

Lorsqu'au contraire, il y a abaissement de la température et qu'il éprouve une vive sensation de froid, ses mouvements sont paralysés, il perd son habileté et doit renoncer à tout travail de précision.

Dans l'un et l'autre cas, la moyenne des accidents du travail augmente ; il est donc nécessaire, en hiver, de chauffer l'atmosphère des ateliers et de la rafraîchir, en été. Dans nos régions cependant, l'abaissement de la température de l'air par des moyens factices, n'est jamais d'absolue nécessité, l'ouvrier peut presque toujours, avec quelques précautions, se préserver de l'excès de chaleur.

**95. Température des ateliers.** — Pendant la mauvaise saison, pour entretenir dans un local fermé une température constante, plus élevée que la température extérieure, il faut fournir à ce



local une quantité de chaleur compensant celle qui est perdue par les parois et celle qui est entraînée par l'air de ventilation.

Cette opération constitue le chauffage.

Les températures moyennes et constantes que l'on doit maintenir, en hiver, dans des locaux industriels, pour que le personnel puisse évoluer à son aise, paraissent être les suivantes :

Ateliers d'hommes en mouvement, selon le genre de fabrication, de 14 à 17°.

Ateliers de femmes assises, 18°.

Magasins, 16 à 17°.

Bureaux, 17 à 18°.

On peut porter et maintenir à un degré déterminé la température d'une enceinte fermée, au moyen d'appareils radiants disposés dans cette enceinte, ou d'appareils à contact dans lesquels l'air est chauffé au préalable, puis distribué, par tirage naturel ou par pulsion, dans les locaux à chauffer.

Les appareils radiants sont : les chauffages à vapeur à haute et basse pression et les chauffages à eau chaude.

Les appareils à contact : les poêles et cloches placés dans les pièces à chauffer et les calorifères recevant l'air extérieur qui s'échauffe à son passage, avant d'être distribué.

*Transmission de la chaleur*<sup>1</sup>. — La transmission de la chaleur, au travers des parois d'un appareil de chauffage, s'opère par contact ou par radiation.

La radiation est le phénomène qui se produit quand un corps

<sup>1</sup> Dans toutes les formules se rapportant aux questions de chauffage, nous appellerons :

T, la température des parois radiantes.

t, — — de l'intérieur de l'enceinte à chauffer.

t' — — extérieure minimum.

t<sup>2</sup> — — moyenne extérieure, pendant la mauvaise saison.

A moins de spécification spéciale, pour faciliter les calculs :

T = 100°, température des radiateurs à vapeur à basse pression.

T = 150°, — — — — — à haute pression.

T = 325 à 350°, pour les parois des radiateurs des calorifères mixtes à air chaud.

t = + 16° ; t' = - 10° ; et t<sup>2</sup> = + 5°.

t - t' = 26° et t - t<sup>2</sup> = 11°.

La densité de l'air = 1,293 kg par mètre cube.

Sa chaleur spécifique = 0,237, celle de l'eau étant 1.

La quantité de chaleur nécessaire à l'élévation d'un mètre cube d'air à la température t° = 0,306 t.



chaud émet, à travers l'espace, une partie de sa température. La vitesse de propagation dépend de la nature des corps et de la différence de température, entre les parois et l'enceinte à chauffer.

Les corps sont bons ou mauvais conducteurs, suivant qu'ils se laissent plus ou moins pénétrer par la chaleur.

L'air, qui est le véhicule de la chaleur entre les appareils de chauffe et les locaux à chauffer, est mauvais conducteur; il ne s'échauffe que par contact et par transmission de proche en proche.

### § 1. — CHAUFFAGES A VAPEUR

96. **Transmission de la chaleur de la vapeur à l'air.** — L'emploi de la vapeur, pour chauffage d'usine, est assez fréquent, en raison de la grande quantité de calorique qu'elle peut abandonner à l'air, en se condensant, et de la facilité avec laquelle on peut la transporter et la distribuer à distance.

La quantité de chaleur fournie par un poids de vapeur déterminé est celui de la chaleur totale de cette vapeur, déduction faite de celle de l'eau de condensation évacuée. Cette quantité, passant au travers des parois de tuyaux pour chauffer une enceinte, est, dans la pratique, sensiblement indépendante de l'épaisseur et de la nature du métal de ces parois.

Si la transmission de la chaleur, à l'air, a lieu par l'intermédiaire de tuyaux de vapeur, à température sensiblement constante, cette transmission est la somme des chaleurs transmises par radiation et par contact :  $R + A$ .

La chaleur émise par rayonnement dépend de la nature du radiateur et de la différence entre la température du corps rayonnant et celle de l'atmosphère ambiante :

D'après Péclet,  $R = 124,72 K a^t (a^{T-t} - 1)$ .

$a$  est un coefficient constant dont la valeur est 1,0077;

Et  $K$ , est un coefficient variable, dont la valeur est, pour les enveloppes usuelles :

Laiton poli : 0,258 ;

Tôle ordinaire : 3,36 ;

Fonte neuve : 3,17 ;

Fonte oxydée : 3,36.



On peut prendre  $K = 3,36$ , pour les tuyaux de chauffage noircis, ordinairement employés.

La chaleur transmise par contact est donnée par :

$$A = 0,552 K' (T - t)^{1,233}.$$

Pour les cylindres verticaux,  $K'$  est donné par le tableau suivant :

DIAMÈTRE		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
		cal.	cal.	cal.	cal.	cal.
Hauteur des tuyaux.	0,50 m. . . . .	3,55	3,22	3,15	3,05	3,01
	1,00 . . . . .	3,20	2,90	2,85	2,75	2,72
	2,00 . . . . .	2,95	2,68	2,60	2,54	2,50
	3,00 . . . . .	2,84	2,57	2,50	2,44	2,41

Pour les cylindres horizontaux,  $K' = 2,058 + \frac{0,0764}{D}$ .

Pour les diam.  $D = 0,05 - 0,08 - 0,10 - 0,12 - 0,15 - 0,18 - 0,20 - 0,25$

$K' = 3,59 - 3,02 - 2,82 - 2,70 - 2,57 - 2,50 - 2,44 - 2,36$

—  $D = 0,30$

$K' = 2,30$

Si ( $N^{\circ} 95$ ),  $T = 100^{\circ}$  et  $t = 16^{\circ}$ ,

$T - t = 84^{\circ}$ .

Des formules précédentes, on tire :

$$R = 430 \text{ calories.}$$

et

$$A = 131,05 \times K'.$$

D'où l'on peut déduire les quantités de chaleur émises par mètre carré de radiateur horizontal et par heure :

Pour tuyau de 50 mm. de diamètre. . . . .	890 calories.
— 80 — . . . . .	818 —
— 100 — . . . . .	803 —
— 120 — . . . . .	788 —
— 150 — . . . . .	768 —
— 180 — . . . . .	760 — <sup>1</sup>
— 200 — . . . . .	753 —
— 250 — . . . . .	743 —
— 300 — . . . . .	735 —

Pour une différence  $T - t$ , dépassant  $84^{\circ}$ , la quantité de chaleur

<sup>1</sup> Dans le cours de cet ouvrage, pour le calcul des chauffages à vapeur, nous prendrons, pour base — sauf indications contraires, — des radiateurs de 180 mm. émettant 760 calories par mètre carré.



transmise est augmentée proportionnellement à cette différence.

Ces quantités, qui sont exactes pour des milieux calmes, ne sont plus applicables dès que l'air est en mouvement :

D'après les expériences de M. Ser (Physique Industrielle), l'augmentation du coefficient de transmission, pour un tuyau de vapeur contre lequel l'air est lancé, est proportionnelle à la racine carrée de la vitesse de cet air.

Pour les grandes vitesses d'air cette augmentation paraît un peu forte; pratiquement, dans celles qui ne dépassent pas 5 à 6 mètres par seconde, nous ne comptons que sur une augmentation moyenne de 25 p. 100 de la chaleur de contact, par mètre de vitesse.

Cette transmission devient :  $R + A + (A \times 0,25 V)$ .

Il en résulte que, dans un chauffage déterminé, l'on obtient une transmission de chaleur plus considérable, en projetant l'air sous vitesse, au moyen de procédés mécaniques de pulsion, contre des surfaces radiantes.

Cette augmentation de chaleur transmise est beaucoup plus grande, à surface équivalente, pour l'eau chaude et la vapeur, que pour les gaz chauds.

**97. Surfaces radiantes nervées.** — On a avantage à ce que la périphérie des surfaces radiantes présente des formes nervées, afin de concentrer, sous un volume réduit, une surface de chauffe considérable.

Dans le cas de radiateurs cylindriques, ces nervures présentent la forme de disques minces, concentriques aux tuyaux, saillants de 5 à 6 centimètres et espacés de 3 à 4 centimètres (fig. 33).

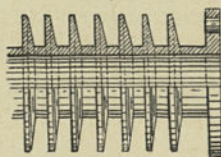


Fig. 33.

Ces tuyaux ont, à égalité de surface, une intensité de radiation moindre, — les 6/10, — que celle des tuyaux lisses. S'ils sont en contact avec de l'air projeté par pulsion, cet air circulant difficilement entre les nervures, l'augmentation de chaleur est plus réduite que pour les tuyaux lisses et n'atteint que 10 p. 100 environ de la chaleur de contact, par mètre de vitesse.

La transmission de chaleur, par heure et par mètre carré, est :

$$[R + A + (A \times 0,10 V)] 0,60.$$



98. Applications des formules précédentes. — Pour fixer les idées sur ces calculs d'échange de températures, dans le cas d'un chauffage à vapeur, supposons, par exemple, un radiateur horizontal de 0,180 de diamètre, contenant de la vapeur à 4 kilogrammes = 150°; la température de la salle étant 16°.

En air calme, si  $T = 100^\circ$  et  $t = 16^\circ$ ,

$$R + A = 430 + (131,05 \times 2,50) = 760 \text{ calories par m}^2.$$

Si l'air a une vitesse de 3 mètres,

$$R + A = 760 + (131,05 \times 2,50 \times 0,25 \times 3) = 1\,005 \text{ calories.}$$

Si  $T = 150^\circ$  et  $t = 16^\circ$ ,

en air calme :

$$R + A = \frac{760 (150 - 16)}{(100 - 16)} = 1\,220 \text{ calories.}$$

en air à 3 mètres de vitesse :

$$R + A = \frac{1\,005 (150 - 16)}{8\frac{1}{2}} = 1\,600 \text{ calories.}$$

Dans le cas de tuyaux à nervures :

$$R + A = 1\,220 \times 0,60 = 730 \text{ calories, en air calme,}$$

et

$$960 \text{ calories, en air agité.}$$

99. Radiateurs. — Un chauffage à vapeur est composé d'une série de tuyaux de gros diamètre, lisses ou nervés, ou de poêles

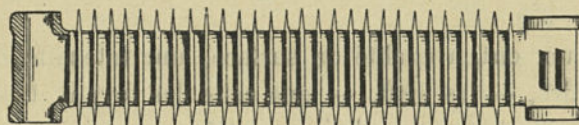


Fig. 34.

radiants de diverses formes, en fonte ou en fer, qui reçoivent la vapeur à une de leurs extrémités et évacuent, par l'autre, les eaux condensées (fig. 34). Ces eaux de condensation doivent circuler dans la même direction que la vapeur et être ramenées, par la



gravité, aux points bas de l'ensemble ; toutes les parties du chauffage sont disposées pour avoir une pente minimum de 3 à 5 millimètres par mètre.

Il convient d'éviter, en quelque point que ce soit, les poches d'eau, c'est-à-dire les parties en contre-bas formant siphons renversés ; les eaux de condensation, s'amassant en ces points, pourraient provoquer des coups de bélier dangereux pour la solidité des conduites.

100. Tuyauterie d'alimentation et d'extraction. — Les radiateurs sont alimentés de vapeur par les tuyaux métalliques *m* qui vien-

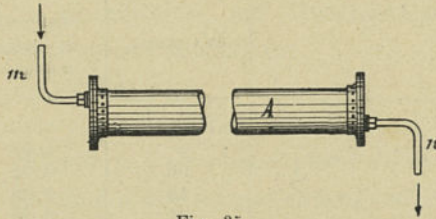


Fig. 35.

nent des générateurs. Les tuyaux *n* d'évacuation, placés aux points bas de ces appareils, recueillent et emmènent les eaux de condensation.

La section de ces tuyaux est donnée par le volume de vapeur utilisé et la vitesse d'écoulement ; cette dernière est déduite de la formule :  $V = \sqrt{2gh}$ , dans laquelle *h* est la différence de pression de la vapeur, — en mètres d'eau, — entre son départ à la chaudière et sa sortie des radiateurs.

101. Enveloppes mauvaises conductrices. — Les gaz, transportant la chaleur à distance, perdent une partie de celle-ci au travers de leurs enveloppes. Pour diminuer ces pertes, on les entoure de substances mauvaises conductrices de la chaleur : liège aggloméré, pailles, bourres, et quelquefois une couche d'air enfermée entre deux parois.

MM. Burnat et Royet<sup>1</sup> ont fait, à Mulhouse, des essais sur des enveloppes mauvaises conductrices appliquées à des tuyaux de vapeur, dont voici les résultats :

<sup>1</sup> Ser. *Physique Industrielle*.



	CONDENSATION de vapeur par m <sup>2</sup> et par heure.	RAPPORT
	kg.	
Fonte nue . . . . .	2,840	1,00
Paille . . . . .	0,980	0,345
Terre et paille . . . . .	1,120	0,394
Coton et toile . . . . .	1,390	0,482
Feutre caoutchouté . . . . .	1,530	0,538

M. Brull a aussi étudié l'effet produit par divers isolants :

	ÉPAISSEUR	RAPPORT de chaleur transmise.	COEFFICIENT de conductibilité.
	mm.		
Métal nu. . . . .	—	1,00	—
Plastique . . . . .	50	0,62	0,652
Liège aggloméré . . . . .	15	0,36	0,067
— — . . . . .	21	0,29	0,094
Feutre. . . . .	20	0,32	0,075
Paille . . . . .	25	0,31	0,090
Ouate minérale. . . . .	40	0,26	0,113

De ces tableaux, il résulte que les meilleurs isolants sont la paille et les déchets de liège ; ces derniers paraissant préférables sous le rapport de la durée et de l'incombustibilité.

102. Isolement des conduites de vapeur. — Les conduites de vapeur qui alimentent les machines ou qui distribuent la vapeur



Fig. 36.

aux radiateurs des chauffages, doivent toujours être enveloppées de substances isolantes (fig. 36).

Une conduite de vapeur, convenablement enveloppée, ne condense environ qu'un kilogramme de vapeur, par mètre carré de surface de tuyaux et par heure. Dans les conduites non enveloppées, cette



quantité atteint facilement, suivant le degré d'agitation de l'air, de 2,500 kg. à 3,500 kg. de vapeur, pendant le même temps.

Les surfaces en contact avec l'air et les pertes qui en résultent, augmentent parfois avec l'épaisseur des substances isolantes ; dans leur emploi, il faut tenir compte non seulement de leur conductibilité, mais encore de cette épaisseur qu'il ne faut pas exagérer, surtout pour les conduites de petit diamètre.

## § 2. — CHAUFFAGE A L'AIR CHAUD

**103. Calorifères.** — Le chauffage par l'air chaud consiste dans le transport et la distribution, par l'intermédiaire de l'air, de calories prises à une source de chaleur.

Ce chauffage est réalisé :

Soit, par le poêle-calorifère placé dans le local à chauffer ;

Soit, par un calorifère à air chaud placé en dehors du local et recevant l'air à chauffer d'une source extérieure.

Dans le premier appareil, l'air prend directement contact avec les parois du foyer et se répand dans la pièce à chauffer.

Dans le second, l'air, mis en mouvement par tirage naturel ou par moyens mécaniques, prend contact avec les parois d'une chambre de chauffe ou utilisateur maintenues à haute température par les gaz de la combustion, s'y échauffe, puis est distribué dans les locaux par une série de canaux ayant à leurs extrémités des bouches de chaleur ; il cède à ce moment le calorique qu'il avait absorbé.

Il y a toujours double tirage ; l'un de gaz et de fumées se rendant à la cheminée, l'autre de l'air de circulation.

Les calorifères à air chaud peuvent être divisés en trois classes :

Les appareils à haute température, dont l'enveloppe du foyer et l'utilisateur sont métalliques.

Les appareils à basse température, tout en maçonneries.

Les appareils mixtes, dans lesquels le foyer est entouré de substances céramiques et l'utilisateur est métallique.

**104. Transmission de la chaleur entre deux fluides en mouvement.** — Cette quantité de chaleur dépend :

1° De la conductibilité et de l'étendue des surfaces chauffées.



La quantité de chaleur transmise varie sur toute la longueur des parois des appareils de transmission ; les produits de la combustion se refroidissant pendant que l'air s'échauffe jusqu'à ce qu'il n'y ait plus échange de température. Il est inutile d'augmenter la surface de chauffe au delà de cette limite.

On comprend immédiatement qu'il y a un sérieux avantage à

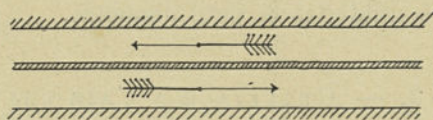


Fig. 37.

faire mouvoir les gaz en sens inverse l'un de l'autre (fig. 37), de façon à ce que, en chaque point de contact, il y ait le plus grand écart possible de température.

2° De l'intensité de marche et de la disposition du foyer.

Dans les calorifères à haute température de radiation, qui possèdent des foyers à parois métalliques pouvant rougir facilement, avec une surface de chauffe réduite, — environ 1 mètre carré à 1,20 m<sup>2</sup>, par kilogramme de combustible brûlé —, la moyenne de la température des parois peut atteindre de 4 à 500° et ils peuvent dégager, par mètre carré, par heure et par degré d'écart :

Par le rayonnement, en tenant compte des pertes diverses.	5 calories.
Par le contact de l'air	—                      —                      6 —
Soit au total. . . . .	11 calories.

Dans les appareils mixtes, ayant leurs foyers enveloppés de maçonneries réfractaires et une surface de chauffe de 1,30 m<sup>2</sup> à 1,50 m<sup>2</sup>, par kilogramme de combustible brûlé, la température moyenne des parois est de 300 à 350°, il se dégage :

Par le rayonnement . . . . .	3 calories.
Par le contact . . . . .	5 —
Soit au total. . . . .	8 calories.

Dans les calorifères céramiques, la chaleur émise, par mètre carré de radiateur, est de 4 à 5 calories seulement.

3° De la vitesse de l'air de circulation.

<sup>1</sup> Une variation de la surface de chauffe fait peu varier les résultats, car elle ne porte que sur les parties de cette surface les moins utilisées.



Ainsi que cela a lieu pour les chauffages à vapeur, une variation dans la vitesse de l'air insufflé modifie, — dans d'assez faibles proportions, — la quantité de chaleur échangée.

On peut compter, pour des vitesses ne dépassant pas 5 à 6 mètres par seconde, sur une augmentation de 5 à 6 p. 100, par mètre d'augmentation de vitesse.

**105. Quantités de chaleur fournies par mètre carré d'utilisateur.** — Dans le cas d'appareils à haute température, les parois de l'utilisateur ont une moyenne de 400° environ. Si l'air est pris à 0° et chauffé à 90°, la transmission étant comptée à 10 calories par mètre carré, la quantité transmise par m<sup>2</sup>-heure est de :

$$\left(400 - \frac{90}{2}\right) 10 = 3\,500 \text{ calories.}$$

Dans le cas d'appareils mixtes, à foyers céramiques, que nous avons étudiés plus spécialement, la température moyenne des parois d'utilisateur est de 325°; celle de l'air, à la sortie des chambres de chauffe, varie, d'après diverses expériences, de :

a) 90°, en cas de ventilation thermique provoqué par le contact des parois de l'utilisateur ;

b) 65°, si l'air est refoulé par pulsion dans les calorifères, à une vitesse d'environ 3 mètres.

Si l'air est pris à l'extérieur à 0°, les quantités de chaleur fournies, par mètre carré d'utilisateur, sont :

$$a) \quad \left(325 - \frac{90}{2}\right) 8 = 2\,240 \text{ cal.}$$

$$b) \quad \left(325 - \frac{65}{2}\right) 8 = 2\,340 \text{ cal.}$$

Si la vitesse de l'air atteignait 6 mètres par seconde, ce qui est une vitesse extrême, la quantité de chaleur fournie serait :

$$2\,340 + (0,18 \times 2\,340) = 2\,800 \text{ cal.}$$

En pratique, pour les calculs de chauffages, on fait varier la quantité de chaleur à fournir, par mètre carré d'utilisateur, entre ces deux chiffres, 2 300 et 2 800 calories, suivant l'élasticité que l'on veut donner aux appareils, les conditions climatériques, etc.



Lorsqu'il s'agit de calorifères céramiques, la quantité de chaleur émise, par mètre carré d'utilisateur et par heure, varie de 1 000 à 1 500 calories.

**106. Calculs des pertes de chaleur par les parois des bâtiments.** — Quand on veut élever la température d'une enceinte, on la chauffe progressivement; les corps qu'elle contient, ainsi que ses parois, absorbent de la chaleur, ces dernières en perdent une partie en la transmettant à l'extérieur. Cette perte s'élève à mesure que s'élève la température du milieu et, si la source de chaleur est constante, il arrive un moment où il y a équilibre entre la chaleur absorbée et la chaleur perdue; le régime de chauffe est établi.

Pour connaître la quantité de chaleur à fournir dans un local, quand ce régime est établi, il est nécessaire de déterminer, d'une part, les causes qui tendent à abaisser la température de ce local, et, d'autre part, celles qui tendent à l'échauffer.

**107. Causes d'élévation de température.** — Dans un atelier en fonctionnement, plusieurs causes tendent à en élever la température :

- a) La chaleur dégagée par le personnel;
- b) La chaleur restituée par le travail des machines en service;
- c) La chaleur résultant de l'éclairage par des appareils brûleurs.

Cette dernière est négligeable dans le cas d'éclairage par l'électricité.

a) La chaleur dégagée par l'ouvrier est variable et dépend de l'intensité de son travail :

D'après M. A. Gauthier, dans son ouvrage de *l'Alimentation*, la perte moyenne de chaleur, au repos, rapportée à un adulte de 66 kilogrammes, vivant dans un air à 15°, est d'environ 2 792 calories par vingt-quatre heures, soit 116 calories par heure.

Il produit, en même temps, de 45 à 80 grammes de vapeur d'eau par les poumons et la respiration cutanée; en moyenne 63 grammes.

Si cette vapeur ne se condense pas, il faut tenir compte de la chaleur nécessaire à sa vaporisation qui est d'environ : 0,612 calories par gramme d'eau; soit, par personne :  $0,612 \times 63 = 38,5$  calories.



Un ouvrier fournit donc, en moyenne, par heure, à l'atmosphère de l'atelier,  $416 - 39 = 77$  calories.

b) Le travail dégagé par les machines en service est presque entièrement converti en chaleur, on peut l'évaluer à 630 calories environ par HP ; mais, comme une grande partie de cette chaleur est contenue dans les marchandises ouvrées et emportée avec elles à leur sortie des ateliers, il convient de ne tenir compte que pour moitié de cette source de température.

c) La chaleur fournie par les appareils brûleurs dépend de la nature de ces appareils ; les plus utilisés sont les becs de gaz de 100 litres qui dégagent environ 5 000 calories par mètre cube, soit 500 calories, par bec et par heure d'éclairage.

**108. Causes d'abaissement de la température.** — Les causes qui tendent à abaisser la température des ateliers sont : les pertes par les parois, et celles produites par l'échappement à l'extérieur, d'une partie de l'air chaud qui y est contenu.

Les parois refroidissantes comprennent : les murs, les vitrages et les portes ; le sol et les plafonds.

Dans les bâtiments à étages, sauf l'étage supérieur et le rez-de-chaussée, les pertes par les plafonds et les planchers sont négligeables, les températures étant sensiblement les mêmes sur les deux faces.

Les pertes par les parois dépendent de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur, ainsi que de la qualité et de l'épaisseur des matériaux, généralement mauvais conducteurs.

Ces pertes peuvent être modifiées par l'orientation des locaux et leur situation plus ou moins abritée du soleil et des vents froids.

Suivant Péclet, la perte de température au travers d'un corps mauvais conducteur, terminé par des faces planes, est donnée par la formule :

$$\text{Pertes } M = \frac{C \times Q (t - t')}{2C \times Q e} \text{ par m}^2\text{-heure.}$$

dans laquelle :

$e$ , épaisseur des parois ;

$(t - t')$ , différence de température entre les deux faces ;

$C$ , coefficient de conductibilité de la matière, qui peut être évaluée à :



1,70 pour la pierre à bâtir ;

0,52 — le plâtre ;

0,75 — le verre ;

0,25 — le bois ;

0,14 — le liège ;

et  $Q = K + K'$ .

K est la chaleur perdue par le rayonnement = 3,60 pour pierre à bâtir ;

3,60 — plâtre ;

2,91 — verre ;

3,50 — bois.

K', chaleur perdue au contact de l'air, est variable suivant la hauteur des parois, = 2,21, pour une hauteur de 2 mètres ;

2,13 — 3 —

2,08 — 4 —

2,05 — 5 —

Ces résultats ne sont applicables que quand l'air est calme ; son degré d'agitation peut augmenter ces pertes, jusqu'à 25 p. 100, suivant sa vitesse.

Cette formule donne approximativement pour la valeur de M, s'appliquant aux divers matériaux dont on fait usage en construction, les chiffres des paragraphes suivants, qui indiquent les pertes en calories, par mètre carré, par heure et par degré de différence, entre l'intérieur et l'extérieur des locaux :

d) *Murs*. — Pour des maçonneries et cloisons de différentes épaisseurs, la perte, par mètre carré de surface de murs, est donnée par le tableau suivant :

ÉPAISSEURS	D'APRÈS M. SER.		D'APRÈS REDENBATCHER	
	Maçonneries.	Briques.	Maçonneries.	Briques.
mètres.	cal.	cal.	cal.	cal.
0,10	4,00	2,82	—	—
0,20	3,22	1,92	—	—
0,30	2,66	1,45	2,84	1,57
0,40	2,28	1,17	2,44	1,27
0,50	2,00	0,98	2,15	1,07
0,60	1,77	0,84	1,91	0,91
1,00	1,21	0,54	1,31	0,60



e) *Vitres.* — Le degré d'agitation de l'air a une très grande influence sur les pertes par les vitrages :

Air calme . . . . .	$M = 2,45$ cal. par $m^2$ ;
Vitesse de 0,50 m. . . . .	$= 3,07$ —
— 1,00 — . . . . .	$= 3,76$ —
— 2,00 — . . . . .	$= 4,40$ —
— 4,00 — . . . . .	$= 4,86$ —

Quand la paroi est formée de deux vitres parallèles séparées par une couche d'air, la transmission est sensiblement réduite.

Péclet a trouvé les résultats suivants :

Une seule vitre,  $M = 3,66$  cal. par mètre carré ;

Une vitre recouverte d'un rideau de mousseline,  $M = 3$  calories ;

2 vitres espacées de 0,02 à 0,04,  $M = 1,70$  cal.

On peut adopter pour les vitrages doubles, avec déplacement d'air de 2 à 3 mètres de vitesse, une perte de 2,20 calories.

f) *Plafonds.* — Si la paroi est exposée aux froids extérieurs, on peut assimiler un plafond à un mur de briques de 0,30 m. d'épaisseur.

S'il y a au-dessus un grenier enduit, ou si la couverture est disposée avec doubles parois séparées par un matelas d'air, on peut la considérer comme composée d'un mur de briques de 0,50 à 0,60 m. d'épaisseur.

Si, à ce matelas d'air vient s'ajouter une paroi en liège, on peut compter l'ensemble comme équivalent à un mur de briques de 1 mètre.

g) *Planchers.* — Si le plancher est établi sur un sol sec ou sur un hourdis dont le dessous est fermé, sans renouvellement d'air, on peut l'assimiler à un mur de briques de 0,50 m.

S'il y a renouvellement de l'air au-dessous du plancher, à un mur de 0,30 m.

h et h') *Ventilation.* — A ces pertes diverses, il faut ajouter celles produites par l'évacuation, à l'extérieur, de l'air chaud de ventilation.

Quand la ventilation est naturelle ou thermique, le volume d'air évacué, par heure, est sensiblement les 0,15 du volume  $Q$  de l'enceinte à chauffer, et les pertes :  $0,15 Q \times 0,307 = h$ .

Dans la ventilation par pulsion, le volume d'air évacué varie



ordinairement de  $1/2 Q$  à  $Q$ ; et les pertes, de  $0,50 Q \times 0,307$  à  $Q \times 0,307 = h'$ .

Pour simplifier les calculs, on prend généralement, pour la valeur de  $h'$ , de 0,20 à 0,25 des pertes totales par les parois.

**109. Puissance des appareils de chauffe.** — Lorsque le régime est établi, la quantité de chaleur qui doit être fournie, dans un local à maintenir à une température déterminée, dépend de deux facteurs :

Le premier, dont nous venons de donner les calculs d'établissement, est la somme des pertes par les parois des ateliers à chauffer; murs, planchers, etc., auxquelles il faut ajouter les pertes par ventilation et desquelles il faut retrancher la chaleur dégagée par le personnel, le travail mécanique et les appareils d'éclairage.

Le second facteur est la différence maximum de température entre l'intérieur des locaux et l'extérieur. Il est représenté par  $t - t'$ ;  $t$ , pour les salles de travail varie de  $14^\circ$  à  $17^\circ$ , et  $18^\circ$  à  $20^\circ$  pour les bureaux et certains ateliers (n° 95);  $t' = -10^\circ$  à  $-14^\circ$ ; ce dernier chiffre pour des usines, en pays de montagne. Les températures inférieures à  $-14^\circ$  sont rarement atteintes dans nos régions; elles sont d'ailleurs assez courtes et n'ont que peu d'influence sur la température intérieure; l'ensemble des bâtiments, de l'outillage et des marchandises, formant réserve, restituent les calories emmagasinées et maintiennent les locaux à un degré suffisant.

La capacité des appareils de chauffage, en calories à fournir, dans les deux cas de ventilation naturelle et de ventilation mécanique, est donnée par les deux expressions :

$$[(d + e + f + g + h) - (a + b + c)] (t - t') = P$$

et

$$[(d + e + f + g + h') - (a + b + c)] (t - t') = P'.$$

**110. Surface radiante des chauffages.** — Nous calculerons, en premier lieu, la surface radiante d'un calorifère à vapeur placé dans l'enceinte à chauffer, dont les tuyaux lisses ont un diamètre de 180 millimètres.

Supposant (n° 95) que  $T = 150^\circ$ ;

—  $t = 16^\circ$ ;

—  $t' = -10^\circ$ .



Les radiateurs à 100° dégageant 760 calories par mètre carré ;  
— à 150°, en dégageront :

$$760 (150 - 10) \frac{1}{84} = 1\,220 \text{ calories, en air calme.}$$

Le mouvement de l'air autour des tuyaux étant toujours appréciable, on pourra compter sur une température émise, par m<sup>2</sup>-heure, d'environ 1 350 calories, et la surface radiante sera :

$$S = P : 1\,350, \text{ en tuyaux lisses,}$$

et 
$$S = \frac{P}{1\,350 \times 0,60} = P : 810, \text{ en tuyaux à nervures.}$$

Si le chauffage était à l'extérieur des salles et recevait l'air de ventilation à une vitesse V (n° 96 et 97), la surface :

$$S = \frac{P}{[760 + (131,5 \times 2,50 \times 0,25 V)] \frac{T-t}{84}} = \frac{P}{1220 + 131 V}$$

en tuyaux lisses, et

$$S' = \frac{P}{0,60 [760 + (131,5 \times 2,50 \times 0,10 V)] \frac{T-t}{84}} = \frac{P}{730 + 31,4 V}$$

en tuyaux nervés.

En second lieu, pour le calcul des surfaces radiantés d'un calorifère à air chaud, si T = 325° et t' = — 10° :

$$(N^{\circ} 105) \quad S = P' : 2\,300 \text{ à } P' : 2\,800$$

suivant la vitesse de l'air de ventilation.

**111. Dépenses de combustible.** — Connaissant la température moyenne de l'hiver, t<sup>2</sup>, qui est ordinairement comprise, dans nos climats, entre + 3° et + 5° ; la période de chauffage, de 180 à 220 jours par saison, d'une moyenne de 10 heures ; il est possible de calculer, d'une façon *approximative*, la quantité de combustible à brûler, qui est donnée par :

$$[(d + e + f + g + h \text{ ou } h') - (a + b + c)] (t - t^2) \times 200 \times 10 = \text{M cal.}$$

Si chaque kilogramme de combustible développe utilement 4 000 calories, le poids du combustible à brûler sera donné par :

$$M : 4\,000,$$

quantité qui varie suivant la température moyenne de la saison, l'état d'entretien des calorifères, la qualité du combustible, etc.



## CHAPITRE VI

### VENTILATION ET HUMIDIFICATION

#### § 1. — VENTILATION

112. — La ventilation a pour objet le renouvellement de l'air vicié dans des locaux fermés et quelquefois la dessiccation de produits industriels.

De la pureté de l'air dans les usines dépendent, en grande partie, la santé du personnel, son activité et, par suite, l'intensité de sa production.

Les causes d'altération de l'atmosphère sont multiples : respiration et transpiration humaines ; éclairage et chauffage, émanations de matières brutes ou préparées, etc. L'insalubrité des ateliers est d'autant plus grande qu'ils sont plus exigus.

La ventilation s'opère en provoquant un afflux d'air extérieur venant remplacer une égale quantité d'air évacué de l'intérieur.

113. **Composition de l'air.** — L'air est un mélange d'environ 21 parties d'oxygène et 79 d'azote ; il contient une quantité d'acide carbonique comprise entre quatre et cinq dix millièmes et une fraction variable de vapeur d'eau. On y trouve aussi quelques traces d'ammoniaque, d'hydrogène sulfuré et de matières organiques et inorganiques en suspension.

L'acide carbonique est, comme l'azote, un gaz inerte qui n'agit pas directement sur l'organisme ; mais, quand il se trouve dans l'air en notables proportions, il peut apporter des troubles dans la respiration. D'après les expériences de M. Leblanc qui ont eu pour objet de déterminer la dose d'acide carbonique correspondant à l'extinction d'une bougie allumée, celle-ci s'éteint dans une atmosphère qui contient de 4 à 5 p. 100 de ce gaz. On peut considérer



cette quantité comme dangereuse pour l'organisme humain.

Cependant ces proportions de gaz inerte, mélangé à l'air, peuvent sensiblement être augmentées si l'intensité de l'éclairage est considérable :

D'après les expériences du D<sup>r</sup> Ried, un mélange de gaz étranger à l'air influe diversement, suivant que le local est bien ou mal éclairé. Un homme peut supporter, dans l'atmosphère d'un local très vivement éclairé, un mélange de 7 à 8 p. 100 d'acide carbonique, alors qu'il y a commencement d'asphyxie dans un local sombre.

**114. Air confiné.** — L'atmosphère confinée est surtout dangereuse à respirer par la présence des germes ou micro-organismes produits par les exhalaisons pulmonaires et cutanées du personnel. Le degré de nocivité des substances organiques, contenues dans l'air confiné, augmente continuellement jusqu'à ce que l'air soit renouvelé.

L'air vicié agit presque toujours lentement sur l'organisme et exerce à la longue une intoxication qui détermine l'anémie ; si le sujet continue à rester soumis à cette atmosphère, des accidents graves peuvent survenir.

Le dosage et la séparation de ces émanations présentant de trop grandes difficultés pour pouvoir être opérés dans une rapide analyse ; on admet que, dans l'air impur d'une salle ventilée, les germes morbides qui vicent cet air sont en rapport constant avec la quantité d'acide carbonique dégagé en même temps. Comme le dosage de ce dernier peut être assez facilement déterminé, en maintenant, à un maximum défini, la proportion d'acide carbonique devant être tolérée dans les ateliers ventilés, on limite ainsi sa nocivité.

**115. Influence de la respiration et des autres causes de viciation.** — D'après Dumas, un homme adulte a de 16 à 17 aspirations par minute, de chacune  $\frac{1}{3}$  à  $\frac{1}{2}$  litre ; le volume de l'air expiré est donc sensiblement  $0,400 \text{ m}^3$  par heure ; cet air renferme de 4 à 5 p. 100 d'acide carbonique.

Si l'air pouvait se renouveler directement, à mesure de son



expiration, et s'il n'avait pas d'autre cause de viciation, il suffirait, pour le maintenir dans son état normal, d'un appel de l'air extérieur de 0,400 m<sup>3</sup> par personne et par heure.

Mais l'air expiré, mélangé aux produits de la respiration et des transpirations, se répand dans l'atmosphère et s'élève à la partie supérieure des locaux, en raison de la température de l'exhalaison qui est celle du corps humain, 37° environ. L'air, chargé d'émanations, se mélange ensuite intimement avec l'atmosphère ambiante, ce qui est facilité par la multiplicité des points d'émission, par le brassage des organes mécaniques et l'agitation créée par le personnel.

Quelles que soient les quantités de ces éléments de viciation de l'air, ils sont en proportion sensiblement égales, en chacun des points des ateliers, et non en couches stratifiées de différents dosages.

La ventilation ne peut donc procéder par refoulement direct de l'air vicié, mais par une sorte d'entraînement ascensionnel des couches délétères et aussi par diffusion dans l'ensemble. Ces deux actions simultanées, dont la dernière est de beaucoup la plus importante, — le mélange de l'air expiré dans la masse est presque immédiat, — ramènent le milieu à un degré de pureté qui dépend de la quantité d'air frais envoyé par l'appareil de ventilation, et du mode de distribution de cet air.

Cet envoi d'air frais doit être constant et sans à-coups qui pourraient provoquer, dans les ateliers, des courants dangereux pour la santé des ouvriers et nuisibles à la fabrication.

**116. Quantité d'air nécessaire à la ventilation.** — La meilleure des ventilations est celle qui assurerait un renouvellement suffisant pour que l'atmosphère intérieure des salles fût de même composition que l'air extérieur. Pour atteindre ce résultat, il faudrait produire, au travers des locaux, une telle ventilation qu'ils en seraient inhabitables; de plus, en hiver, les frais de chauffage deviendraient considérables, car ils augmentent avec le volume d'air insufflé. On peut donc tolérer, dans les salles, une proportion d'acide carbonique plus élevée que celle de l'atmosphère, mais cependant assez faible pour qu'elle ne soit jamais dangereuse.



Pécelet indique que la quantité d'air à fournir, par tête et par heure, dans un local habité, doit être celle pouvant dissoudre la vapeur d'eau qui résulte de la respiration et de la transpiration des occupants. Cette quantité de vapeur d'eau varie, comme nous l'avons vu, n° 107, de 45 à 80 grammes par heure, suivant la constitution des sujets, leurs conditions de travail, etc.; nous prendrons comme moyenne, 60 grammes.

Un mètre cube d'air saturé, à la température de 16°, renferme environ 13 grammes d'eau; s'il n'est qu'à moitié saturé, ce qui se rapproche de la réalité, le volume d'air pouvant dissoudre cette vapeur sera de  $\frac{60}{6,5} = 9,200 \text{ m}^3$ , par heure.

Cette quantité est notoirement insuffisante; elle ne conviendrait qu'au cas où l'air vicié, emportant les produits de la respiration et de la transpiration, serait entraîné pour faire place à l'air pur, sans se mélanger avec lui.

Il semble plus logique de prendre, pour base de calculs, un maximum d'acide carbonique qui ne doit pas être dépassé.

Nous avons vu, au n° 115, que la quantité d'air expiré, par tête et par heure, était de  $0,400 \text{ m}^3$  et qu'il contient environ 4 p. 100 d'acide carbonique. Le volume de ce dernier est de  $0,400 \times 0,04 = 0,016$ .

Comme l'atmosphère contient environ 0,0004 d'acide carbonique, le tableau suivant indiquera la quantité d'air frais qu'il faudra envoyer à l'intérieur, pour maintenir la teneur de l'acide carbonique à un degré déterminé. Par exemple, pour que l'air ne contienne que 0,0005 d'acide carbonique, il faudra envoyer, par personne et par heure :

$$\frac{0,016}{0,0005 - 0,0004} = 160 \text{ m}^3.$$

Pour un volume contenant :	0,00055	= 140 m <sup>3</sup>
—	0,0006	= 80 —
—	0,0007	= 50 —
—	0,00075	= 45 —
—	0,0008	= 40 —
—	0,00085	= 35 —
—	0,0009	= 30 —
—	0,0010	= 25 —
—	0,0015	= 14 —



Les quantités d'air pour la ventilation doivent varier naturellement suivant l'emploi des locaux à ventiler :

Pour des salles d'hôpitaux, asiles de vieillards ou d'indigents, le chiffre de 110 mètres cubes, par personne et par heure, n'a rien d'exagéré.

Ce chiffre peut être abaissé à 70 ou 80 mètres cubes, dans des locaux où sont traitées des matières insalubres; réduit à 60 mètres cubes pour les prisons, salles de réunion, etc., et enfin, à 30 ou 40 mètres cubes, dans les ateliers, bureaux, magasins, lorsque le personnel ouvrier est important.

**117. Ventilation partielle** — Des ventilations partielles viennent aussi, dans des cas spéciaux, s'ajouter à la ventilation générale, quand celle-ci est insuffisante :

Aspirations supplémentaires dans les salles de maladies épidémiques, les water-closets et les salles de pansements des hôpitaux; aspiration de poussières, fumées et vapeurs nauséabondes, dans certaines usines, au moyen d'appareils dont nous donnerons plus loin l'exposé, etc.

**118. Distribution de l'air.** — Nous avons vu plus haut que la diminution de la teneur en acide carbonique est obtenue par l'envoi,

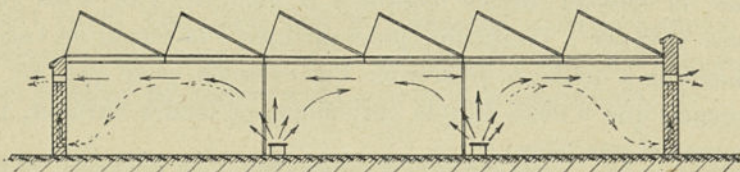


Fig. 38.

dans l'atmosphère, d'un air pur et frais et par l'entraînement mécanique produit par le mouvement de l'air de ventilation.

Comme le mélange gazeux, expiré par chaque individu, possède une température supérieure à celle du milieu, et qu'il tend à monter aux parties élevées du local, au point de vue de la quantité d'air à fournir et de la pureté de l'atmosphère, on doit faciliter ce mouvement, avant qu'il ne soit dilué dans la masse; pour cela, il



suffira que les orifices d'arrivée de l'air extérieur soient multipliés et placés dans la zone inférieure. L'air frais refoulera, en quelque sorte, l'air vicié dans les parties supérieures où des issues assureront son écoulement au dehors.

La figure 38 donne deux dispositions du mouvement de l'air, suivant que l'évacuation a lieu à la partie supérieure ou à la partie inférieure des locaux. La première est la plus rationnelle ; dans la seconde, il y a diffusion immédiate de l'air frais dans l'atmosphère de l'enceinte à ventiler et il en résulte l'obligation d'augmenter la quantité d'air de ventilation, pour atteindre le degré de pureté cherché.

**119. Vitesse de l'air.** — L'expérience a montré qu'aux orifices de distribution de l'air dans un local, sa vitesse pouvait atteindre, sans qu'elle fût perceptible, de 0,60 m. à 0,80 m. par seconde, et de 0,80 m. à 1 mètre, dans un milieu où règne un certain mouvement. C'est donc dans ces limites que doit varier, en hiver, la vitesse de rentrée d'air dans les ateliers.

En été, le personnel éprouvant un certain bien-être à l'augmentation de la quantité d'air frais qui lui est fournie, on pourra atteindre de 1,20 m. à 1,40 m.

La nécessité du renouvellement de l'air dans les usines étant établie, son volume et sa vitesse étant déterminés, il reste à examiner les meilleures méthodes et les appareils les mieux appropriés aux résultats à atteindre.

Pour fournir d'air pur les salles de travail d'une usine, on peut faire appel, soit à la ventilation naturelle, soit à la ventilation thermique, soit enfin, à la ventilation mécanique.

**120. Ventilation naturelle.** — La ventilation naturelle est produite par des variations d'équilibre entre l'atmosphère extérieure et l'atmosphère intérieure d'un local.

Dans les bâtiments à étages, pourvus de fenêtres sur deux façades, ces variations suffisent, en été, pour assurer la ventilation ; le volume d'air passant par une ouverture de 3,20 m<sup>2</sup> de section, à la vitesse presque insensible de 0,25 m. par seconde, atteint



2 700 mètres cubes à l'heure ; quantité d'air suffisante pour assurer une large ventilation à un local de plus de 1 000 mètres cubes de capacité.

Mais en hiver, toutes les issues étant fermées, les rentrées d'air ne s'opèrent que par l'ouverture accidentelle des portes où par des fissures, dont le rôle, peu important, ne donne lieu qu'à des courants désagréables. De quelque façon que l'air s'introduise dans les locaux, il n'y a ventilation que si pareille quantité en est en même temps expulsée.

Dans les bâtiments en rez-de-chaussée, la ventilation naturelle est peu efficace, par suite de la grande surface et du cloisonnement des locaux. En été, l'ouverture des châssis d'aération placés dans les vitrages orientés au Nord, n'assure que des renouvellements d'air partiels, dont l'action est limitée et intermittente, étant modifiée par les changements de direction et d'intensité des vents. En hiver, tout renouvellement d'air est radicalement supprimé ; pour éviter les déperditions de chaleur, non seulement on ferme les issues au passage de l'air, mais on les calfeutre.

**121. Ventilation thermique.** — La ventilation thermique s'opère par une cheminée d'appel, dans laquelle le mouvement de la masse gazeuse est provoqué par un foyer placé ordinairement à la base de cette cheminée. L'air, en se dilatant, forme un vide partiel qui produit une aspiration dans le local à ventiler.

Pour que cette ventilation soit assurée dans de bonnes conditions, il faut que la section de la cheminée d'appel et sa hauteur soient proportionnées au cube à enlever et à la résistance au mouvement de l'air.

Dans les locaux industriels, surtout ceux en rez-de-chaussée, l'installation de la ventilation, par cheminée d'appel, présente quelques inconvénients :

L'air, au travers des salles de travail recouvertes par des toitures en dents de scies et divisées par des cloisons, éprouve les plus grandes difficultés à circuler et on ne peut donner au tirage, par un seul appareil, la vitesse et l'énergie nécessaires. Il faut multiplier les cheminées d'aération qui sont encombrantes et



risquent de créer, d'une part, des mouvements locaux qui traversent la masse sans s'y mélanger et sans entraîner l'air vicié, et, d'autre part, des renversements de courants facilités par la direction des vents et l'irrégularité de la marche des foyers.

Le rendement de ce mode de ventilation est très faible.

**122. Ventilation mécanique.** — Ce système de ventilation modifie l'équilibre d'un milieu soit par une augmentation, soit par une diminution de la pression; il est produit par l'aspiration ou par le refoulement de l'air contenu dans l'enceinte à ventiler.

Les dispositifs d'appareils mécaniques pour la ventilation sont assez nombreux : machines à pistons, vis pneumatiques, ventilateurs à force centrifuge, etc.

Pour l'aération de locaux d'une certaine importance, où il est nécessaire d'assurer une ventilation constante, les ventilateurs sont presque exclusivement employés, quand on peut disposer, pour leur commande, ce qui est le cas dans la plupart des usines, d'une force motrice : vapeur, électricité. Ce sont des appareils simples et robustes qui peuvent fournir, sous une assez forte pression, parfois plusieurs centimètres d'eau, un cube d'air considérable et l'envoyer à grande distance.

La ventilation mécanique est beaucoup plus économique, à puissance égale, que celle opérée par cheminées d'appel :

D'après Pécelet, le rapport entre le travail effectif pouvant mettre, par des organes mécaniques, une colonne d'air en mouvement, et celui de l'ascension de cette même colonne d'air, dans une cheminée d'appel, est donné par l'expression :

$$R = \frac{2,12 (1 + at)^2}{Ha},$$

dans laquelle  $a = 0,00365$  et  $t$  est l'excès de la température du bas de la cheminée, sur l'air extérieur.

En supposant une hauteur de cheminée de 20 mètres et  $t = 40^\circ$ ;  $R$  devient égal à 38; c'est-à-dire que le travail d'élévation de l'air, exprimé en unités de chaleur, est, dans le cas d'une cheminée d'appel de 20 mètres, trente-huit fois plus considérable que celui du même mouvement d'air effectué par procédés mécaniques.



De l'examen des divers modes de ventilation qui précèdent, on peut conclure que l'emploi des cheminées d'appel doit être écarté de toute aération industrielle un peu importante. On donnera la préférence soit à la ventilation naturelle, simple et économique d'installation, bien qu'elle soit irrégulière en été et insuffisante en hiver; soit à la ventilation mécanique qui répond mieux aux nécessités hygiéniques.

## § 2. — CHAUFFAGE ET VENTILATION SIMULTANÉS

123. — L'air en mouvement pouvant être le véhicule de calories prises à une source de chaleur, on peut, en élevant convenablement sa température, le faire servir simultanément au chauffage et à la ventilation; dans ce cas, il faut le traiter au préalable en lui faisant prendre contact avec des radiateurs chauffés, avant de l'envoyer dans les canaux qui le distribuent dans l'usine.

Les services de chauffage et de ventilation deviennent alors solidaires les uns des autres et, si les bâtiments s'y prêtent, on devra les grouper dans le même local, afin de faciliter leur entretien et leur surveillance. Cette disposition rationnelle est fréquemment employée.

Il est à remarquer cependant que, tout en pouvant ne former qu'un même ensemble d'appareils, ces services doivent avoir une marche indépendante; car, si la ventilation est constante, au cours d'une même saison, le chauffage est sujet à des modifications importantes d'intensité, qui correspondent aux variations de la température extérieure.

124. **Ventilation pratique des ateliers.** — Les quantités d'air de ventilation que nous avons indiquées, au n° 116, de 30 à 40 mètres cubes par tête et par heure, sont suffisantes quand, dans les ateliers, le nombre d'ouvriers en travail est élevé par rapport au volume occupé.

Cette quantité doit toujours être augmentée si le personnel est peu nombreux, soit, parce qu'elle serait insuffisante pour assainir des locaux dans lesquels, à la viciation de l'air par les respirations cutanées et pulmonaires, viennent s'ajouter les odeurs



des huiles de graissage et les poussières des matières en traitement ; soit, parce que l'air étant le véhicule de la chaleur, la quantité correspondante à un petit nombre d'ouvriers devrait être portée à une trop haute température, pour compenser les pertes des parois, et pourrait ainsi créer une source de dangers pour les appareils de chauffe ou les organes de distribution.

Tout en maintenant, dans les locaux encombrés, cette limite inférieure de 30 à 40 mètres cubes par tête, le volume d'air pour la ventilation d'un local en hiver, dans des conditions normales de chauffage à air chaud, est donné par l'expression :

$$\frac{P}{(65 - t) 0,237 \times 1,293} \text{ en mètres cubes d'air. par heure,}$$

dans laquelle  $P$  est la chaleur à fournir, en calories, pour compenser les pertes totales et  $t$ , la température de la salle à chauffer, ordinairement  $+ 16^{\circ}$ .

Cette quantité d'air est un peu élevée ; elle correspond, par heure, à environ un renouvellement et quart à un renouvellement et demi de la capacité à chauffer.

En été, ce volume peut être sensiblement augmenté.

**125. Quantité de chaleur à fournir à l'air de ventilation par mètre cube de capacité.** — On conçoit qu'il soit assez difficile de déterminer exactement cette quantité de chaleur, car elle doit être plutôt dépendante de l'étendue des surfaces de refroidissement et de la nature des parois des locaux à chauffer, que de leur volume.

Cependant, pour les bâtiments en sheds, construits dans les conditions ordinaires, on peut, sans écarts trop importants, rapporter la quantité de chaleur à fournir à la capacité à chauffer. Dans ces bâtiments, la nature des matériaux, l'épaisseur des murs, et les hauteurs de plafonds n'ont pas de variations bien sensibles ; le rapport de la surface des parois au volume contenu, se maintient aussi dans des limites peu étendues.

Quand il s'agit d'un chauffage à vapeur installé dans un local, avec ventilation naturelle comptée à 15 p. 100 de la capacité, la température  $t$  étant égale à  $16^{\circ}$  et  $t'$ , à  $- 10^{\circ}$  ; les pertes de cha-



leur, les jours les plus froids, pour des locaux de 4,50 à 5 mètres de hauteur, 20 000 et 4 000 mètres cubes de capacité, varient, par mètre cube, de 19 calories, pour le premier, à 24 calories, dans le second.

Dans le cas de ventilation par pulsion d'un air chauffé au préalable, le nombre de calories à recevoir des appareils de chauffe, peut être calculé par le tableau suivant :

Renouvellement de l'air, par heure.	0,4 fois	0,5 fois	0,75 fois	1 fois	1 fois <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	
Nombre de calories perdues par m <sup>3</sup> de capacité, heure et degré, pour une enceinte d'environ 5 mètres de hauteur.	4 000 m <sup>3</sup>	0,96cal.	0,99cal.	1,07cal.	1,15cal.	1,30cal.
	20 000 —	0,795 —	0,83 —	0,91 —	0,97 —	1,10 —
Nombre total de calories, par m <sup>3</sup> -heure, si t — t' = 26.	4 000 m <sup>3</sup>	25 —	26 —	28 —	30 —	34 —
	20 000 —	19 —	20 —	22 —	24 —	28 —

Ces chiffres, qui correspondent aux pertes les plus élevées, peuvent servir de base à des calculs approximatifs de la puissance des appareils de chauffe et de ventilation.

**126. Ventilation des locaux à température variable.** — Un problème se présente parfois, dans certaines industries ; tanneries, fabriques de tulle, de chapeaux, etc., où des opérations particulières de matières à traiter nécessitent, dans divers locaux, une température supérieure à celle de l'ensemble de l'usine.

Quand les différences de chaleur à fournir dans les salles à surchauffer ne sont pas importantes, on peut en faire varier la température, en modifiant le volume d'air insufflé <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Comme une augmentation de la quantité d'air de ventilation ne donne pas une augmentation proportionnelle de la température, il faut, pour chacun des locaux que l'on veut maintenir à une température différente de celle du reste des bâtiments, calculer le volume d'air qu'il doit recevoir, en tenant compte de tous les facteurs habituels qui tendent à modifier cette température :

Le réchauffement par le personnel et le travail développé ;  
Le refroidissement par les parois et la chaleur emportée par l'air de ventilation.



Le réchauffement d'un local, par ce moyen, a une limite extrême, c'est le degré de température de l'air, à son introduction, en admettant que le volume lancé soit indéfini.

Si la température que doivent atteindre ces salles surchauffées est plus élevée que cette limite, et surtout si les besoins de la fabrication sont tels, qu'ils nécessitent des variations dans les quantités d'air fournies par la ventilation, il est préférable d'opérer ce surchauf-

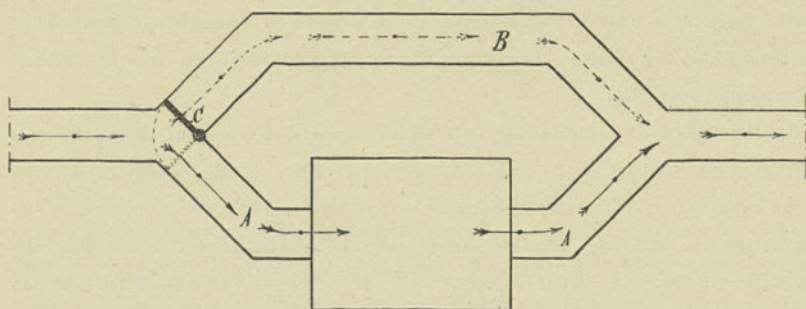


Fig. 39.

fage au moyen d'appareils spéciaux placés dans la salle elle-même, ou à proximité, pour que le personnel, ayant sous la main les organes de distribution, puisse en surveiller les conditions de marche.

On dispose pour cela, à l'entrée des salles à surchauffer, un double branchement de l'air de ventilation, l'un recevant une batterie de radiateurs, dont on peut faire varier la chaleur émise, et l'autre se rendant directement dans le local. Suivant les qualités des marchandises à traiter et d'après les indications des appareils de contrôle, on fait passer, par l'intermédiaire de registres ou de vannes C, tout ou partie de l'air insufflé, soit dans la gaine A, comportant les radiateurs, soit dans celle B, se rendant directement dans la salle; de façon à modifier, suivant les besoins, la température de l'air (fig. 39).

Il est bon d'avoir, pour ces appareils, des excès de puissance, car ils doivent être suffisants, même dans les cas les plus défavorables.

#### 127. Ventilation et chauffage de bâtiments de grand volume. —

Dans certains bâtiments en rez-de-chaussée disposés en halls



simples ou accolés, éclairés par des ciels ouverts ou des lanternons, les surfaces de refroidissement sont quelquefois très importantes relativement au cube de ce bâtiment, et le personnel, peu nombreux, par rapport au volume à chauffer.

La fourniture principale, dans ces grandes constructions, doit donc être la chaleur, car la quantité d'air de ventilation est presque toujours en excès.

En reprenant, dans le local chauffé, la totalité ou une partie de l'air qui passe par le ventilateur; on arrive à maintenir aisément la température dans ces vastes enceintes, tout en les chauffant économiquement.

Cette marche est assurée en prolongeant le canal d'aspiration de ce ventilateur par deux branchements, l'un communiquant avec l'enceinte à chauffer, l'autre venant du dehors. Des registres permettent, suivant les besoins de la ventilation, d'aspirer un volume constant, fourni partie en air chaud pris à l'intérieur, et partie en air frais, venant de l'extérieur.

L'intensité du chauffage doit être naturellement modifiée suivant les variations dans l'appel de l'air.

### § 3. — HUMIDIFICATION

**128. État hygrométrique de l'air.** — C'est le rapport entre la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air, à une température et une pression déterminées, et la quantité qui s'y trouverait, à l'état de saturation.

On constate ce degré d'humidité au moyen de l'hygromètre; le 0 de cet instrument correspondant à un air privé de vapeur et le degré 100, à un air complètement saturé.

Le tableau suivant indique la fraction de la tension maximum de la vapeur d'eau contenue dans un mètre cube d'air à 15°, par chaque degré de l'hygromètre.

Le degré hygrométrique de l'air ne dépend pas de la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère, mais de la plus ou moins grande distance à laquelle il se trouve de son point de saturation.



DEGRÉS de l'hygromètre.	HUMIDITÉ relative.	DEGRÉS de l'hygromètre.	HUMIDITÉ relative.
0	0,000	60	0,362
5	0,022	65	0,414
10	0,046	70	0,472
15	0,070	72	0,498
20	0,094	75	0,538
25	0,120	80	0,612
30	0,148	83	0,662
35	0,177	85	0,696
40	0,208	88	0,753
45	0,241	90	0,791
50	0,274	95	0,891
55	0,318	100	1,00

A température fixe, l'état hygrométrique varie suivant la quantité de vapeur contenue dans l'air. A quantité d'humidité constante, l'état hygrométrique dépend de sa température ; il s'abaisse, à mesure de l'élévation de cette température, et s'élève, dans le cas contraire.

#### 129. Humidification des ateliers où l'on travaille les textiles.

— Les causes qui peuvent élever le degré hygrométrique des salles de travail sont : la respiration des ouvriers et les appareils d'humidification.

L'humidification à un degré élevé, dans certaines usines, présente, sans danger pour le personnel, des avantages au point de vue de l'augmentation dans la production ; ces avantages sont surtout appréciables dans les industries textiles ; filatures, cardages, peignages et tissages :

L'humidité maintient, engagés dans les fibres, des filaments et des poussières qui resteraient à l'état libre dans l'air sec ; de plus, dans une atmosphère humide, ces fibres présentent une plus grande résistance.

Dans son rapport de 1888, à la Société industrielle d'Amiens, M. E. Farcot estime que, dans une salle de filature, suivant l'état hygrométrique et la température de l'air, il y a une différence, en qualité et quantité de marchandises fabriquées, de 10 à 15 p. 100.

Dans une filature de laine, où l'on a appliqué l'humidification,



on a fait rendre à une machine, sans déchet, du fil n° 38, alors que, sans appareil d'humidification et avec les mêmes matières, on n'a pu obtenir que du fil n° 26 1/2, avec 2 p. 100 de déchets.

M. Jacquel<sup>1</sup> reconnaît qu'une certaine humidité répandue dans les salles de filatures, facilite la fabrication en rendant le fil moins sec, celui-ci se tord mieux et casse moins souvent; il ajoute que les chaînes posées sur rouleaux sont plus ou moins rugueuses, suivant le degré d'encollage des fils et que cette rugosité a de fâcheux effets : les fils glissent moins facilement sur la dent du peigne. Une buée, introduite dans la salle de tissage, assouplit l'apprêt et rend au fil son élasticité.

D'après les expériences faites par M. Dobson, sur des fibres travaillées dans une atmosphère à 35 p. 100 et à 60 p. 100 d'humidité, correspondant à 58° et 79° de l'hygromètre, l'échantillon produit dans l'atmosphère la plus sèche, présentait une certaine irrégularité d'épaisseur et un nombre de fibres folles beaucoup plus élevées que l'échantillon travaillé dans l'air plus humide. La résistance de ce dernier s'était sensiblement accrue, et il ne s'est rompu que sous une charge de 49,930 kg., pendant que le premier n'a résisté qu'à celle de 17,660 kg.

**130. Rôle de l'électricité dans le traitement des textiles.** — En temps sec, l'électricité produite par les glissements des courroies et les frottements des organes mécaniques, ne peut s'écouler dans l'atmosphère qui est mauvaise conductrice.

La présence de l'électricité est décelée par l'attitude des filaments en suspension dans l'air qui se déposent sur les parties métalliques, en se hérissant comme les soies d'une brosse. Dans les fils en travail, l'électricité produit une répulsion entre fibres voisines dont les extrémités, qui ne sont pas engagées, tendent à rayonner; elle occasionne ainsi un ralentissement dans la production, par suite de déchets et mal-façons.

Dans ces conditions, l'humidification des ateliers de filature et de tissage joue un rôle bienfaisant en rendant l'atmosphère meilleure conductrice de l'électricité et en faisant dégager cette dernière, à mesure de sa formation.

<sup>1</sup> *Bulletin technique des anciens élèves des Ecoles d'arts et métiers.*



Ces considérations imposent presque toujours cette humidification dans les ateliers de travail des textiles; une augmentation de production, aussi faible soit-elle, étant d'importance vitale dans ces industries, où le fabricant est obligé de produire le plus économiquement possible.

**131. Degré d'humidification des locaux.** — Dans la plupart des industries, le degré d'humidité de l'air n'ayant pas d'importance pour la fabrication, on se tient ordinairement entre 50° et 70° de l'hygromètre soit 30 à 50 p. 100 d'humidité.

Dans les usines où l'on travaille les textiles, ce degré d'humidité doit être plus grand; il varie suivant la nature des matières à traiter :

Dans les filatures de laine, la proportion d'humidité la plus avantageuse semble être de 65 à 70 p. 100, par rapport à la saturation, ce qui correspond au degré hygrométrique, 82-85°;

Dans les filatures de coton, ce degré diffère selon que l'on traite des trames un peu floches, pour lesquelles 60 p. 100 sont suffisants, ou des chaînes, fortement tordues, qui nécessitent pour se bien comporter 70 p. 100 environ;

Dans les tissages en général, soies, cotons ou laines, les conditions de fabrication paraissent d'autant meilleures que le taux d'humidification est plus grand. On peut atteindre 75 p. 100 d'humidité, limite à laquelle il convient de s'arrêter.

Le maintien, dans les salles de travail des textiles, d'un degré hygrométrique déterminé, est facilité parce qu'il se produit constamment, dans la masse des substances en travail, des phénomènes d'absorption et de condensation d'humidité extrêmement complexes et dépendants de causes extérieures et intérieures : action plus ou moins desséchante des matières à traiter, direction des vents, etc.

Ces échanges, des fils textiles à l'atmosphère, compensent certaines irrégularités du degré hygrométrique des ateliers et permettent de ne modifier les proportions d'humidité dans l'air de ventilation, que lors de changements importants dans l'état hygrométrique extérieur. D'ailleurs, des variations dans les proportions d'humidité indiquées plus haut, même si elles atteignaient de 5 à



40 p. 100, n'ont pas une influence bien sensible sur la fabrication; aussi ne doit-on modifier les conditions de marche des humidificateurs, que lorsqu'il se produit des différences notables dans l'état hygrométrique général.

**132. Dispositions diverses d'humidification.** — Elles peuvent se classer ainsi :

1° Emploi de la vapeur vive projetée directement dans l'air de ventilation ou dans les salles à humidifier.

Ce procédé, très employé en Angleterre dans les usines travaillant les fils de coton, a plusieurs inconvénients :

Il surchauffe, en été, l'air des locaux;

Il accentue, dans les salles, les dégagements d'électricité dont on connaît le rôle fâcheux ;

Enfin, si cette vapeur est envoyée en trop grande abondance, elle se dépose parfois sous forme de condensations qui peuvent oxyder les parties métalliques.

2° On humidifie fréquemment par des arrosages sur les planchers ou par de l'eau s'écoulant dans des rigoles placées sur le sol des ateliers.

Ces deux procédés ne doivent pas être employés: le premier est intermittent, il peut occasionner la pourriture des planchers et souiller les marchandises; quant aux rigoles, elles deviennent le réceptacle des ordures et des déchets de fabrication.

3° L'humidification s'opère par l'emploi de pulvérisateurs d'eau placés soit sur le parcours de l'air de ventilation, soit dans les salles à humidifier.

Ce système d'humidification est très efficace, mais ne paraît pas sans inconvénient pour les usines où sont fabriquées des marchandises délicates : le brouillard produit par ces pulvérisateurs, entraîne presque toujours une certaine quantité d'eau à l'état de gouttelettes extrêmement fines, n'apportant, contrairement à ce que l'on croit, aucune amélioration à la fabrication, mais qui, par contre, peuvent se déposer sur les tissus ou sur les parties métalliques des machines.

4° Humidification par insufflation de l'air de ventilation au travers d'une pluie artificielle ou d'un tissu humecté au préalable.



Cette disposition présente l'avantage de filtrer et d'épurer cet air, tout en l'humidifiant; elle s'installe sur les conduites de refoulement de la ventilation des ateliers.

Quand les dispositions locales s'y prêtent, on groupe les appareils de ventilation, d'humidification, et de chauffage dans une même salle, afin d'assurer leur marche simultanée et leur surveillance.

**133. Humidification à l'eau froide et à l'eau chaude.** — Pour l'humidification, on doit employer de préférence l'eau chaude en hiver et l'eau froide en été.

La quantité de vapeur émise augmentant avec la température de l'eau mélangée à l'air de ventilation, il est utile, en hiver, de se servir d'eau chaude pour cet usage. D'après des expériences faites au tissage de la Foudre<sup>1</sup>, l'eau d'humidification étant réchauffée de 15° à 37° par les vapeurs d'échappement, l'emploi de cette eau chaude a augmenté de 32 p. 100 le débit des appareils, en eau évaporée.

En été, à mesure que la température extérieure s'élève et qu'elle arrive à égaler et quelquefois à surpasser celle de l'intérieur des ateliers, cette élévation de température permet à l'eau de s'évaporer, en plus grande quantité, et de réagir, à son tour, sur l'air, en le refroidissant.

#### § 4. — RAFRAÎCHISSEMENT DES ATELIERS

**134.** — L'excès de chaleur, dans un atelier, est préjudiciable non seulement à la production de l'ouvrier, mais encore à sa santé; dans une atmosphère surchauffée, il s'anémie et son endurance faiblit. On doit donc combattre, autant que possible, les excès de température.

Le rafraîchissement s'obtient en enlevant, d'une enceinte close, une quantité de chaleur égale à celle qui y est produite :

<sup>1</sup> Congrès international de Rouen, 1899. *Hygiène et production dans les manufactures textiles.*



1° Par la conductibilité des parois et le rayonnement à l'intérieur;

2° Par l'insolation de certaines parties;

3° Par la chaleur dégagée par le personnel, le travail mécanique, etc.

Le problème du rafraîchissement des ateliers est très complexe et aucune des solutions étudiées jusqu'à ce jour n'apparaît comme satisfaisante :

Celle qui se présente immédiatement à l'esprit, est le rafraîchissement de l'air par le contact d'un appareil producteur de froid. Cette disposition fonctionnerait pour enlever à l'air des calories, comme le chauffage, pour lui en fournir; mais elle exigerait, pour diminuer de façon appréciable la température d'un local important, tout un ensemble d'appareils compliqués et coûteux, peu en rapport avec les résultats à atteindre.

Une autre solution consisterait dans le refroidissement de l'air, par son barbotage au travers d'une certaine quantité d'eau froide, ou par échange de température le long des parois d'une tuyauterie réfrigérante; mais elle nécessiterait, dans le premier cas, une énorme quantité d'eau et, dans le second, une grande surface de tuyaux.

M. Deny<sup>1</sup>, directeur des usines de Metzviller, indique, dans cet ordre d'idées, que, pour un abaissement de température de 34° à 27°, dans deux salles de 2 000 mètres cubes de capacité chacune, avec ventilation à trois renouvellements d'air par heure, il a été nécessaire d'employer, pendant ce temps, 7 900 kilogrammes d'eau prise à 12°; la transmission de la chaleur se faisant dans un appareil à mélange.

Si cette transmission avait eu lieu par échange de température, en faisant circuler l'air autour d'une tuyauterie d'eau froide, 4 540 kilogrammes d'eau auraient été suffisants; mais, dans ce dernier cas, il aurait fallu employer 4 200 mètres carrés de surface de tuyaux.

On pourrait encore faire passer l'air au travers de caves placées sous le sol; il faudrait disposer d'une très grande

<sup>1</sup> Congrès international de Rouen, 1899. *Hygiène et production dans les manufactures textiles.*



longueur de galeries et, malgré cela, il serait difficile d'empêcher l'échauffement de leurs parois, après quelques heures de marche.

Cependant, d'après des renseignements fournis par M. Mehl<sup>1</sup>, directeur des filatures d'Augsbourg, à la Société industrielle de Mulhouse, le refroidissement au travers de caves peut s'opérer en maintenant froide la température du milieu, par l'évaporation d'une certaine quantité d'eau. Voici les dispositions employées :

Dans une cave, à proximité de l'atelier à rafraîchir, on établit un massif de briques poreuses au travers duquel l'air de ventilation est insufflé ; ce massif est disposé pour être arrosé d'eau froide, en été, et d'eau chaude, en hiver. Ces briques sont creuses, afin d'augmenter les surfaces de contact.

On procède, au travers de ces empilages, à une circulation méthodique ; l'air se mouvant en sens contraire de l'eau.

Rapporté à un volume d'air insufflé de 1 000 mètres cubes, et en tenant compte du renouvellement horaire de l'air, la surface mouillée des briques doit être la suivante :

39 m <sup>2</sup> de surface mouillée, par 1 000 m <sup>3</sup> .	5 renouvellements.
73 — — — —	4 — —
140 — — — —	2 — —

Le rafraîchissement est sensible ; dans une installation montée au tissage de la Société cotonnière mulhousienne, on a obtenu les résultats suivants :

Volume de la salle, 12600 mètres cubes ;

720 métiers et 355 ouvriers ;

Force absorbé dans l'atelier 240 HP ;

État hygrométrique en été, 62,4 p. 100, soit 80° à l'hygromètre ;

Température extérieure 27° 86 ;

Température intérieure 24° 68 ;

On a constaté que les variations brusques de l'extérieur, soit thermométriques, soit hygrométriques, n'avaient presque pas de répercussion à l'intérieur.

En résumé, à moins de posséder, en un point rapproché des ateliers, de vastes caves dans lesquelles on peut faire circuler l'air de la ventilation, il est à peu près impossible de créer, de toutes

<sup>1</sup> Congrès international de Rouen. 1899.



pièces, une installation réfrigérante d'une certaine puissance, qui soit, en été, la contre-partie du chauffage d'hiver et qui en possède l'élasticité.

Dans nos climats, où les très fortes chaleurs sont rarement prolongées, on pourra se contenter des palliatifs suivants, presque toujours suffisants :

Aspirer l'air de ventilation en des points abrités des rayons solaires ;

Le faire circuler dans des sous-sols ou dans des galeries, si l'on en possède à proximité ;

Enfin, lui faire traverser un humidificateur à eau froide de disposition quelconque, mais de la plus grande surface possible, avant de l'envoyer aux ateliers<sup>1</sup>. Malgré la faible quantité d'eau évaporée au passage de l'air dans l'humidificateur, le rafraîchissement peut être sensible, la chaleur de vaporisation de l'eau étant considérable, plus de 600 calories par kilogramme.

Aux effets produits par les aménagements particuliers que nous venons d'indiquer, vient se joindre, en cas de ventilation par pulsion, un léger abaissement de température produit par la détente de l'air aux orifices de sortie dans les ateliers ; il diminue de vitesse et emprunte, aux corps voisins, une quantité de chaleur équivalente à celle qui a servi à sa mise en mouvement et qu'il a perdue par son passage dans les conduites de distribution.

Pour les mêmes raisons, l'emploi de l'air comprimé, dans certains pulvérisateurs, peut ajouter son action à celle de l'évaporation de l'eau.

Dans tous les cas, comme le refroidissement de l'air est d'autant plus grand que l'évaporation est plus rapide, par suite de son renouvellement, il sera avantageux d'augmenter, en été, la quantité d'air de ventilation qui passe au travers de l'humidificateur.

<sup>1</sup> Aux usines de Charlieu que nous décrivons plus loin, on a abaissé la température des ateliers à 27°3, celle extérieure étant à 30°, par le passage de l'air dans les sous-sols peu importants de l'usine, et au travers d'un humidificateur, avec toiles de sparterie, fortement humectées d'eau froide. La surface des toiles est de 30 m<sup>2</sup>.



## CHAPITRE VII

### APPAREILS DE CHAUFFAGE

Nous allons étudier, dans ce chapitre, différents appareils qui correspondent aux données indiquées dans notre étude générale du chauffage.

Les appareils utilisés par l'industrie, à ses débuts, étaient des poêles installés dans les enceintes à chauffer. Ils se composaient d'un foyer surmonté d'une cloche métallique avec un tuyau sur le côté, pour l'évacuation des fumées. Ces poêles étaient alimentés au bois ou à la houille et leur tirage renouvelait peu l'air des pièces à chauffer. On y apporta ensuite quelques améliorations, en les disposant pour une alimentation continue, puis, en les armant de nervures ou de parties ondulées, pour augmenter les surfaces de contact.

Ces appareils étaient d'une construction simple, peu coûteuse, et leur effet utile était élevé, puisque leurs seules pertes résultaient de l'entraînement des gaz brûlés dans la cheminée ; mais ils avaient de graves inconvénients :

Répartition inégale de la chaleur dans les locaux, dégagement de poussières salissantes et d'odeurs désagréables, et enfin, dangers d'accidents et d'incendie.

Ces poêles ont été abandonnés par la grande industrie ; en plus de ces défauts, ils étaient insuffisants dans les bâtiments en rez-de-chaussée recouverts de toitures légères, où la perméabilité des parois et les surfaces de rayonnement sont considérables.

Ils ont été remplacés par les chauffages à vapeur et les chauffages à air chaud.

Cette substitution du chauffage à vapeur a été surtout déterminée par la facilité d'emprunter de la vapeur aux générateurs



alimentant les machines motrices. Plus tard, dans nombre d'installations, des chaudières spéciales ont été affectées à ces chauffages.

### § 1. — CHAUFFAGES A VAPEUR

135. — Un chauffage à vapeur comporte une série de radiateurs lisses ou à nervures, alimentés par des tuyaux partant des générateurs et dans lesquels la vapeur se condense en dégageant une partie de sa température propre et sa chaleur latente. D'autres tuyaux recueillent les eaux de condensation des radiateurs et les ramènent aux chaudières ou les évacuent, à l'extérieur, par des purgeurs.

Ces chauffages peuvent se diviser :

En appareils à haute pression, dans lesquels la pression de la vapeur dépasse 3 kilogrammes par centimètre carré ;

En appareils à moyenne pression, de 1 à 2,500 kg. ;

Et enfin, en chauffages à basse pression, inférieure à 1 kilogramme.

136. **Chauffages à haute pression.** — Ce sont ceux qui sont alimentés par de la vapeur prise directement aux générateurs.

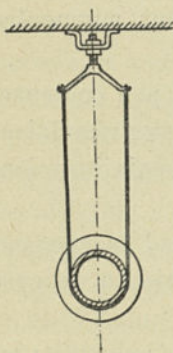


Fig. 40.

Les parties radiantes de ces chauffages sont composées d'une série de tuyaux, en fonte ou en fer, assemblés bout à bout par des joints plats et suspendus ordinairement au-dessus du sol, à une hauteur suffisante pour que l'on puisse passer au-dessous (fig. 40).

Ces radiateurs sont disposés avec une légère pente sur toute la longueur des salles de travail ; la vapeur arrive aux points hauts et les eaux de condensation s'écoulent, aux points bas, par des tuyaux de petit diamètre.

Comme l'ensemble des chauffages peut être sujet, par la dilatation, à d'importantes variations de longueur, les plus grandes précautions doivent être prises pour en atténuer les effets qui pourraient provoquer des ruptures. L'allongement des tuyaux, pour une différence seulement de 100°, dépasse un millième de leur longueur.



Afin de rendre inoffensifs les mouvements produits par la dilatation, on suspend les radiateurs par des cadres et tringles aux plafonds et aux charpentes des ateliers; les tuyaux qui les alimentent de vapeur et écoulent les eaux de condensation sont pourvus de coudes flexibles à grand rayon.

Pour le chauffage de bureaux et magasins, on peut employer les poêles à vapeur, de dispositions diverses, placés dans les locaux à chauffer. Les radiateurs, pour cette application, sont formés de serpentins ou d'une série d'éléments tubulaires nervés, qui sont reliés à la double canalisation de vapeur et de condensation des ateliers. Ces radiateurs sont recouverts d'enveloppes en tôle ajourée.

**137. Chauffages à moyenne pression et chauffages par les vapeurs d'échappement.** — Le chauffage à pression moyenne, de 1 kilogramme à 2,500 kg., s'emploie surtout lorsque le générateur alimente, concurremment avec les chauffages, d'autres appareils qui ne peuvent supporter une pression élevée. Un détendeur de vapeur abaisse cette pression à la sortie de la chaudière.

Les dispositions de chacune des parties sont sensiblement les mêmes que celles des chauffages à haute pression, et les mêmes observations leur sont applicables.

Pour les chauffages à pression moyenne, on utilise quelquefois les vapeurs d'échappement. On doit cependant éviter de faire emploi de l'échappement des machines motrices des ateliers, — sauf dans les cas visés par le n° 20 —, car les compressions à l'échappement s'augmentant de toute la pression d'écoulement de cet échappement dans le chauffage, la machine à vapeur fonctionne dans de mauvaises conditions; de plus, la quantité de vapeur échappée est très rarement en concordance avec celle exigée par le chauffage : si elle est inférieure, il faut y ajouter un apport de vapeur directe, si elle est supérieure, tout en maintenant la même compression à l'échappement, on doit en rejeter une partie à l'extérieur<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Ces inconvénients sont en partie atténués quand les vapeurs d'échappement sont envoyées dans un aéro-condenseur. Dans cet appareil, l'air est utilisé comme agent de condensation, puis, après s'être échauffé au contact des parois, comme agent de chauffage et de séchage.

Il se compose de deux compartiments fermés réunis par un faisceau de tubes ver-



**138. Eaux de condensation.** — Lorsque les chauffages sont installés dans les étages supérieurs des bâtiments, on peut employer une disposition économique qui consiste à ramener naturellement aux chaudières, les eaux de condensation qui ont conservé une grande partie de leur chaleur. Comme ces eaux ne peuvent s'introduire dans le générateur que si elles ont une pression plus élevée que la pression intérieure, il faut installer, avec le plus grand soin, les tuyaux de retour, leur donner une pente constante et éviter les coudes brusques.

Dans les bâtiments de grande surface, en rez-de-chaussée, les eaux de condensation s'écoulent, par des tuyaux, vers les parties basses de la conduite où se trouvent placés des réservoirs avec appareils d'alimentation les refoulant aux chaudières, ou des purgeurs automatiques, les rejetant à l'extérieur.

**139. Purge d'air.** — Afin de faciliter l'échange des températures et augmenter la puissance d'action des radiateurs, il est nécessaire d'expulser l'air des appareils de chauffage à vapeur, au moment de la mise en route, sans quoi, par suite de la différence de densité de l'air et de la vapeur d'eau, cette dernière ne serait que partiellement en contact avec les parois radiantes. Cette expulsion s'opère au moyen d'un robinet placé aux parties hautes du chauffage.

**140. Avantages et inconvénients des chauffages à vapeur.** — Les chauffages à vapeur, à haute et moyenne pression, offrent des avantages qui, dès leur apparition, les ont fait rapidement adopter :

La vapeur est un intermédiaire souple, facilement réglable, pouvant transporter la chaleur à de grandes distances, par des conduites de faible diamètre, et la répartir dans les salles à chauffer ;

Sa puissance d'action est plus élevée que celle de l'eau et de l'air chaud ; 1 kilogramme de vapeur à 100° peut développer, par sa condensation, plus de 500 calories, pendant que 1 kilogramme

ticaux à minces parois et de petit diamètre. L'un des compartiments est en communication avec l'échappement d'un moteur à vapeur, l'autre avec une pompe à air.

Un ventilateur projette contre le faisceau tubulaire une quantité d'air qui condense la vapeur circulant dans les tubes.

Toutes les fois que la disposition des ateliers se prête à l'utilisation de l'air chaud, cet appareil paraît préférable à la condensation par mélange, n° 20.



d'eau ou d'air, portés à  $100^{\circ}$ , ne possèdent, le premier, que 100 calories et le second, moins de 24.

Mais à côté de ces qualités, les chauffages à vapeur présentent de sérieux inconvénients :

Ces appareils nécessitent l'entretien permanent d'un grand nombre de joints qui, tirillés par les secousses et contractions de la vapeur et par la dilatation, répandent parfois de l'eau souillée sur les machines et les marchandises environnantes ;

Ils encombrant les salles de travail et surchauffent les parties élevées des locaux ;

Ils ne peuvent fonctionner que pendant la marche des chaudières qui les alimentent, ce qui fait que, sauf les cas assez rares d'usines marchant constamment, le chauffage est intermittent et ces interruptions font tomber, pendant les nuits et les arrêts hebdomadaires, la température des salles à chauffer ;

L'hiver, pendant ces arrêts, les tuyaux sont sujets à geler et à se rompre.

**141. Chauffage à vapeur et ventilation combinés.** — Pour remédier à une partie des inconvénients que nous venons de signaler, les chauffages à vapeur, à haute et moyenne pression,

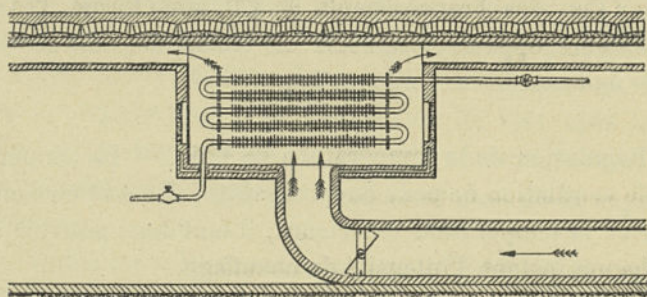


Fig. 41.

peuvent s'établir sous forme de faisceaux placés en dehors des salles à chauffer ; ils sont traversés par l'air de ventilation, dont on veut élever la température.

On emploie assez fréquemment la disposition suivante :

Un faisceau de tuyaux horizontaux superposés reçoit la vapeur par leur partie supérieure et écoule, au bas, les eaux condensées (fig. 41). On établit, à la suite les unes des autres, autant de séries



d'appareils qu'il est nécessaire pour atteindre le maximum de température à obtenir, et l'ensemble, logé dans une enveloppe en tôle ou en maçonnerie, est traversé par l'air qui s'échauffe au contact des divers éléments, avant de se rendre dans les locaux.

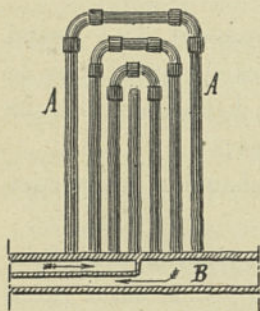


Fig. 42.

La section de passage de l'air, entre les tuyaux, doit être au moins double de celle des orifices du ventilateur et, afin d'augmenter les contacts, les faisceaux sont disposés pour que les tuyaux se masquent les uns les autres.

Pour ce chauffage, on emploie aussi deux autres dispositions de radiateurs :

Dans la première, les tubes verticaux, fermés à leur extrémité supérieure, sont vissés sur un socle en fonte. Il se produit, dans chacun d'eux, pendant la marche, un courant ascendant de vapeur et un courant descendant d'eau condensée.

Dans la seconde, les tubes sont vissés, par leur partie inférieure, sur le socle en fonte B; ils sont réunis, deux par deux, à leur partie supérieure, par des raccords filetés (fig. 42). La vapeur rentre par l'un des branchements de l'U ainsi formé, l'eau sort par la branche opposée. Le socle est cloisonné, afin de séparer la vapeur de l'eau de la condensation.

**142. Régulation de la température de l'air.** — La température de l'air de ventilation ne peut être constante, elle doit être en harmonie avec la température extérieure; il faut donc pouvoir modifier, à chaque instant, l'intensité du chauffage.

Deux procédés sont employés pour cela :

1° On fait varier la quantité de vapeur introduite dans les radiateurs, en manœuvrant un robinet ou un détendeur placé à l'entrée du chauffage.

2° On fait varier les quantités d'air lancées dans l'appareil de chauffe de la façon suivante :

La conduite d'arrivée est divisée en deux branchements, l'un pénètre dans le chauffage, l'autre le contourne; tous les deux se réunissent ultérieurement. Un registre, dont les mouvements peu-



vent être commandés automatiquement par un appareil à dilatation, modifie l'ouverture des sections de passage, sans changer le volume total.

Le mélange de l'air chaud et de l'air froid, dans des proportions déterminées, donne la température qu'on veut obtenir.

## § 2. — CHAUFFAGES A BASSE PRESSION

143. — Ce sont ceux dans lesquels la pression de la vapeur n'excède pas de 2 à 3 mètres d'eau. On pourrait les considérer comme des chauffages mixtes, puisqu'on y utilise, à la fois, l'eau chaude et la vapeur.

Ce chauffage se compose d'un générateur alimenté, d'une façon continue, par le combustible d'un magasin à trémie surmontant le foyer; d'une colonne montante qui dessert un certain nombre de radiateurs; et d'une colonne descendante.

Il fonctionne ainsi :

La vapeur produite par la chaudière s'élève dans la colonne montante, pénètre dans les radiateurs, s'y condense en élevant la température des chambres. L'eau de condensation s'écoule par la colonne descendante qui la ramène à la chaudière.

Le générateur est pourvu d'un régulateur automatique de combustion qui, sous l'influence des variations de pression, fait mouvoir une soupape qui règle l'admission de l'air sous la grille; ralentissant ou augmentant l'intensité de la combustion, suivant que se ralentit ou s'augmente la condensation de la vapeur dans les radiateurs.

Pour alimenter le foyer, on se sert ordinairement de combustible maigre: lignite, anthracite, etc.

Dans les calculs d'établissement de ces appareils, on tient compte, pour les sections de passage et l'étendue des surfaces radiantés, de la faible pression de la vapeur et de sa température peu élevée.

144. **Chauffages à eau chaude.** — La circulation de l'eau, dans les chauffages à eau chaude, résulte de la différence de densité



entre celle qui sort, à haute température, de la chaudière et celle qui y revient, après refroidissement dans les radiateurs (fig. 43).

Les dispositions de ce chauffage sont les mêmes que celles du chauffage à basse pression que nous venons de décrire :

Une chaudière à eau chaude A, avec magasin de combustible dont la marche est réglée par un régulateur de tirage soumis aux

variations de température du liquide chauffé ; un tuyau ascendant B, des radiateurs C, C, pour le chauffage des locaux, et enfin, un circuit D, de retour à la chaudière.

Cette installation comporte un vase d'expansion E, placé à la partie supérieure du système. Celui-ci est destiné, au début du chauffage, à l'introduction de l'eau dans l'appareil ou au dégagement de l'air ; et, pendant la marche, à l'expansion de l'eau chauffée et

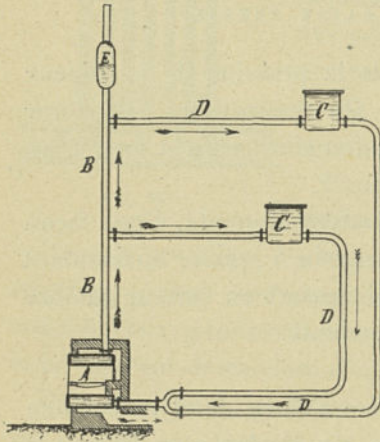


Fig. 43.

à l'échappement de la vapeur qui pourrait être produite, par suite d'un excès d'activité du générateur.

La température extrême de l'eau, à la sortie de la chaudière, ne peut dépasser  $100^{\circ}$  ; la température de retour varie de  $30^{\circ}$  à  $50^{\circ}$ . Comme la circulation dans l'ensemble n'est produite que par la différence de densité de l'eau, résultant de la différence de ces deux températures, la force mettant en mouvement la masse d'eau est très faible et le rayon d'action de la chaudière, limité ; il faut que toute la tuyauterie de circulation soit de grand diamètre, sans coude brusque, afin d'éviter les pertes de charge.

Ces conditions étant remplies, le chauffage à eau chaude est un appareil qui présente certaines qualités :

La marche en est régulière et la surveillance, facile ;

Les variations dans l'activité du foyer n'ayant, par suite de la chaleur spécifique de l'eau, que peu d'influence sur sa température, le chauffage peut se continuer pendant la nuit, avec un faible ralentissement, même après l'extinction du foyer ;



La température de l'ensemble varie dans de légères proportions et on n'a pas à craindre les effets de la dilatation, d'autant plus dangereux que ces appareils étant pleins d'eau, toute fuite pourrait avoir des conséquences graves.

**145. Applications des chauffages à eau chaude et à basse pression.** — Les appareils à basse pression et ceux à eau chaude se sont surtout répandus pour le chauffage d'hôtels privés, de maisons à loyer, de châteaux, etc., dont les locaux à chauffer sont divisés en étages. On a simplifié le plus possible et rendu automatique le service de ces appareils, afin que la marche des générateurs puisse être assurée par des personnes inexpérimentées.

Ces deux dispositions de chauffage ont reçu peu d'applications industrielles :

Pour un effet utile déterminé, leurs dimensions sont beaucoup plus importantes que celles des chauffages à vapeur à haute et à moyenne pression ; ces appareils sont aussi plus coûteux de premier établissement.

Enfin, ils présentent l'inconvénient d'être exposés à se rompre sous l'action des gelées.

**146. Chauffage à eau chaude à haute pression.** — Le chauffage à eau chaude, à haute pression, diffère du précédent en ce que l'eau est chauffée à de hautes températures, 180 à 200°, correspondant à 12-15 kilogrammes de pression ; le retour se fait aux environs de 100°.

L'ensemble se compose de tubes épais, de petit diamètre ; il n'y a ni vase d'expansion, ni chaudière, une partie de la conduite étant recourbée en serpentín et exposée directement à l'action d'un foyer.

Bien que cet appareil ait une certaine élasticité, comme il nécessite une surveillance spéciale, il a reçu très peu d'applications industrielles.

### § 3. — CHAUFFAGES A AIR CHAUD

**147. Chauffage de l'air de ventilation.** — Les chauffages à vapeur à haute et à moyenne pression peuvent, ainsi que nous



l'avons vu aux n<sup>os</sup> 141 et 142, se disposer pour chauffer l'air de la ventilation générale de l'usine; mais ils ont, pour cet usage, de sérieux inconvénients d'entretien, de réglage et de dépenses :

D'entretien, car pour qu'ils puissent être traversés par le courant de ventilation, on les dispose par éléments superposés en batteries, dans des caves, des galeries inférieures, où les joints, peu abordables, sont difficiles à réparer et à surveiller.

De réglage, car la disposition du n<sup>o</sup> 140, utilisable pour des services particuliers, est impraticable pour des ensembles de bâtiments. Il faudrait alors, pour suivre d'aussi près que possible les variations de la température extérieure, — la réserve de chaleur de la masse de ce chauffage étant faible, — modifier fréquemment l'intensité de la radiation. Divers moyens peuvent être employés pour augmenter ou diminuer cette intensité : tantôt modifier l'admission de la vapeur par des robinets réglables, à lentille ou à pointeau; tantôt laisser accumuler dans les radiateurs une plus ou moins grande quantité d'air; tantôt fractionner les radiateurs dont on ouvre ou ferme certaines parties. Ces opérations de réglage sont toujours délicates, souvent impossibles et ne peuvent d'ailleurs se faire dans les salles à chauffer.

Enfin, de dépenses, soit de premier établissement, si des générateurs spéciaux doivent être installés pour alimenter ces chauffages; soit d'exploitation, car on ne peut brûler dans ces appareils que des combustibles de choix.

Aussi, lorsque l'organisation de la ventilation est apparue comme une nécessité dans la plupart des usines, a-t-on cherché à la compléter au moyen des dispositions de chauffages que nous allons décrire.

**148. Poêles calorifères.** — Dans les locaux de peu d'étendue, bureaux, magasins, on se sert, depuis un certain nombre d'années, de poêles calorifères qui ne diffèrent des anciens poêles qu'en ce que leur foyer est entouré d'une enveloppe métallique percée, pour la circulation de l'air, d'ouvertures supérieures et inférieures (fig. 44).

Ces dernières communiquent parfois avec la salle à chauffer, mais fréquemment, avec une prise d'air extérieure.



Le chargement de ces appareils s'opère par le haut et le combustible descend, à mesure de sa combustion, sur une grille ordinairement mobile, qui facilite la tombée des résidus dans le cendrier. Les produits de la combustion s'évacuent par une cheminée latérale.

Ces poêles donnent un assez bon rendement; ils sont d'un entretien facile et concourent à la ventilation des pièces qu'ils sont appelés à chauffer. Aussi, en augmentant leurs dimensions et modifiant leurs dispositions, a-t-on cherché à les employer à chauffer l'air de ventilation; on a ainsi créé le calorifère à air chaud, à haute température.

**149. Calorifères à air chaud à haute température.** — Ils se composent d'un foyer entouré d'une enveloppe en fonte ou en tôle, d'où partent des groupes de tuyaux ou de caissons que traversent la fumée et les gaz de combustion, avant de se rendre à la cheminée.

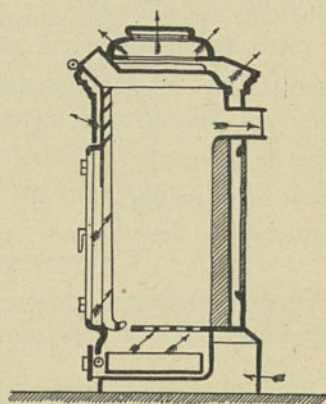


Fig. 44.

L'air circule dans une chambre de chauffe entourant le foyer et les tuyaux; il s'échauffe par le contact des parois, puis se rend dans les conduites de distribution.

**150. Disposition des calorifères.** — Le mouvement de l'air dans les calorifères à air chaud peut être produit, tantôt par appel thermique et tantôt par pulsion d'air, au moyen de ventilateurs.

Si l'entraînement est produit par appel thermique, l'air s'échauffe au contact des parois du calorifère et se rend dans un collecteur principal, d'où partent les ramifications de distribution. Ce mouvement, s'établissant à l'aide d'une légère dépression, est assez faible; pour le faciliter, on donne aux branchements une pente ascendante, aussi prononcée que possible, sans coudes brusques, ni étranglements.

Pour que la distribution de l'air puisse se faire également dans toutes les salles à chauffer, ce calorifère doit s'installer à la partie



la plus centrale des bâtiments et au-dessous de ces salles. Il sera placé d'autant plus bas que la distance horizontale à parcourir par l'air chaud, pour sa distribution, sera plus grande. Comme l'air tend à s'écouler par les passages de moindre résistance, à l'origine de chacune des conduites secondaires de distribution, on ménagera des registres qui serviront à le répartir aussi uniformément que possible.

Si la distribution de l'air chaud est assurée par une ventilation mécanique, les sections de passage sont réduites et les conduites peuvent affecter des formes et des directions diverses. Dans ce cas, la position du calorifère n'a plus la même importance, et il peut être installé dans un local quelconque, même au niveau des bouches de distribution.

Ces calorifères ont des formes variées; nous allons décrire quelques-uns des plus employés :

**151. Calorifères à tuyaux verticaux ou horizontaux.** — Dans ces deux dispositions, le foyer est surmonté d'une cloche A, portant un cylindre transversal qui sert de point de départ à des séries de tuyaux

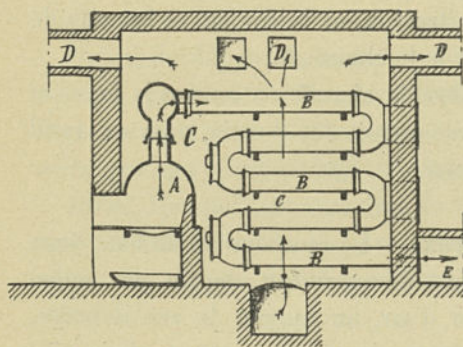


Fig. 45.

verticaux ou horizontaux B (fig. 45), en fonte, dans lesquels les gaz de la combustion circulent, en descendant, pour se rendre à la cheminée, par la galerie E. L'air extérieur pénètre dans la chambre de chauffe C, par un ou plusieurs orifices inférieurs,

s'élève en s'échauffant au contact des tuyaux et du foyer, pour s'échapper par des canaux supérieurs D, qui débouchent dans les locaux à chauffer.

Le chauffage est méthodique, l'air se mouvant en sens contraire des gaz de la combustion.

*Calorifères à coffrages.* — Dans la disposition de la figure 46,



les gaz de la combustion circulent dans une série de coffrages B, reliés par des tuyaux en tôle, puis se rendent à la cheminée. L'air pénètre par la partie supérieure de la chambre de chauffe C, et

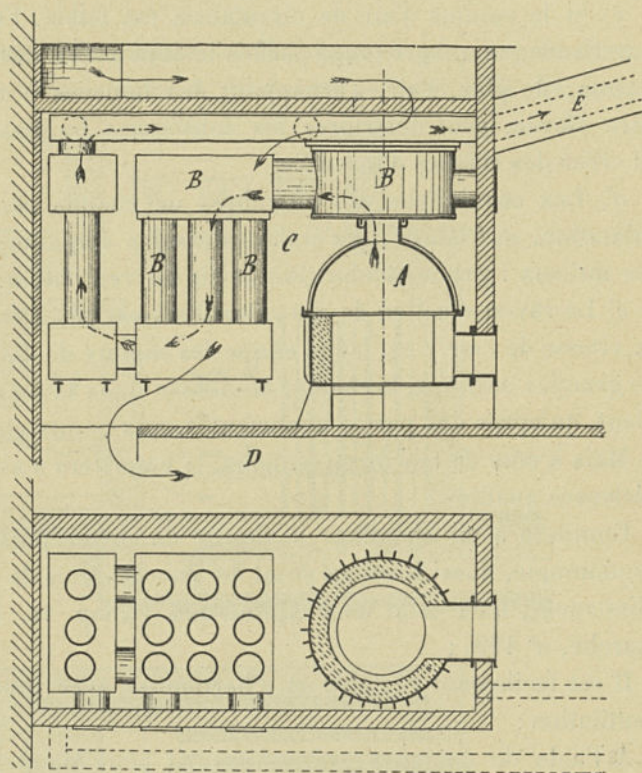


Fig. 46.

s'évacue dans un collecteur D, d'où partent les canaux de distribution d'air.

Le nettoyage intérieur des tuyaux se fait par les tampons de ramonage placés aux extrémités.

**152. Avantages et inconvénients des calorifères à haute température.** — Ces calorifères ont un certain nombre de défauts qui ont fait que leur emploi ne s'est pas généralisé :

- a) L'utilisation du combustible dans les foyers est imparfaite, par suite du refroidissement rapide produit par les parois métalliques.
- b) Les parois du foyer et celles du départ de l'utilisateur sont



souvent portées au rouge; d'où, irrégularité dans la marche et distribution d'un air desséché, brûlé, qui possède une odeur désagréable et caractéristique.

c) Si le volume d'air de circulation est faible, l'utilisateur se surchauffe, ce qui provoque parfois la destruction des joints et des parois; de plus, l'air, s'échappant des bouches à une température élevée, peut détériorer les substances fragiles avoisinantes et créer des risques d'incendie.

d) Les enveloppes des chambres de chauffe peuvent, par la dilatation, se fissurer; il s'établit alors des communications entre les milieux : gaz de combustion et air de ventilation.

e) Le rayon d'action de ces calorifères est peu étendu. Lorsque la vitesse de l'air y est faible et que les canaux de distribution ont de grandes sections, la chaleur se diffuse dans la masse et ne parvient, qu'après des pertes importantes, aux points éloignés.

Mais à côté de ces inconvénients, le calorifère à air chaud a de sérieuses qualités :

Comparé à un chauffage à vapeur de même puissance, il est économique, aussi bien au point de vue des frais de premier établissement, qu'à celui de l'exploitation (Chap. ix. Résultats de marche, n° 199) ;

Il est facilement réglable et s'harmonise avec tout système de ventilation ;

A l'aide de quelques précautions, il peut maintenir dans les ateliers, pendant la nuit et les arrêts de chômage, une certaine température.

Aussi les constructeurs se sont-ils efforcés de parer aux inconvénients de ces appareils et les ont-ils transformés à diverses reprises :

En premier lieu, ils ont garni les enveloppes des foyers d'un revêtement en terre réfractaire.

Cette disposition a amélioré l'utilisation des foyers, mais elle a augmenté la température des gaz circulant dans l'utilisateur et les dangers en résultant. La marche du calorifère n'en fut pas modifiée.

Divers constructeurs ont ensuite imaginé le calorifère céramique, à basse température, complètement en poteries et matériaux



réfractaires, qui remédiait à la plupart des inconvénients du calorifère à haute température.

Nous allons donner la description de l'un de ces appareils :

**153. Calorifères céramiques.** — Cet appareil est composé d'un foyer en briques réfractaires A, prolongé par une série de con-

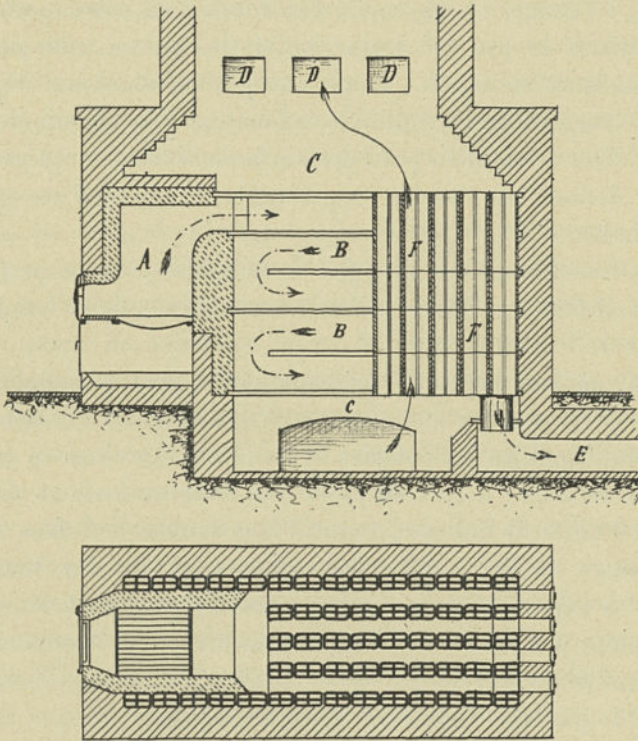


Fig. 47.

duites en terre cuite B, dans l'intérieur desquelles les gaz circulent, avant de se rendre à la cheminée par la conduite E (fig. 47).

L'air pénètre par une ouverture inférieure dans la chambre C, s'échauffe en suivant les gaines verticales F, puis se rend dans un collecteur supérieur d'où partent les canaux de distribution D, dans les ateliers.

**154. Avantages et inconvénients des calorifères à basse température.** — A la bonne utilisation des foyers de ces appareils,



vient s'ajouter un abaissement notable de la température de l'air de circulation; on n'a plus à craindre ni l'altération de cet air, ni les risques d'incendie.

Cet appareil présente aussi l'avantage d'emmagasiner, par sa masse, une quantité de chaleur assez considérable, qu'il restitue quand la combustion se ralentit ou est arrêtée.

Mais, à l'usage, ces appareils ont donné lieu à des mécomptes :

En raison du peu de conductibilité des parois, une partie des gaz chauds est inutilisée; ils ne sont pas suffisamment dépouillés de leur température, avant leur évacuation à la cheminée;

Pour tirer le meilleur parti des surfaces radiantes, on est obligé de leur donner une étendue considérable, ce qui rend ces appareils encombrants;

Leur fonctionnement manque de souplesse, on ne peut facilement modifier leur allure, selon les variations de la température extérieure;

Enfin, on leur reproche principalement leur perméabilité qui résulte de ce que les alternatives de chauffage et de refroidissement font fendiller les poteries et les joints des cloisons qui séparent les milieux; il se crée alors des communications entre les canaux d'air et de fumée. Comme il faut donner de faibles sections au passage de l'air, entre les cloisons, et que les frottements contre les parois rugueuses ralentissent l'écoulement de cet air et provoquent des pertes de charges sensibles, les renversements de tirage qui déversent les gaz de la combustion, par les fissures des canaux de passage d'air, sont assez fréquents.

**155. Calorifères mixtes.** — En réalité, dans la création des précédents calorifères, complètement en matériaux réfractaires, les constructeurs avaient dépassé le but poursuivi et ils ont dû revenir à une plus saine appréciation des conditions de marche de ces appareils, en construisant un type de calorifère que nous pouvons appeler mixte, car il tient de l'une et l'autre disposition : foyer céramique de grande capacité, à combustion lente, et utilisateur métallique.

On voit ainsi, comment s'est opérée logiquement la série de transformations des calorifères à air chaud :



Le point de départ a été le vulgaire poêle en fonte, auquel on a ajouté une chemise extérieure de circulation d'air, pour créer le poêle calorifère ;

On a ensuite agrandi les dimensions de ce dernier et modifié ses canaux de circulation de fumées, pour arriver au calorifère métallique, à haute température ;

Puis, les parois en métal du foyer et de l'utilisateur, jugées trop perméables, ont été remplacées par des parois réfractaires, et l'on a obtenu le calorifère céramique, à basse température.

Enfin, de ces dispositifs, on a formé l'appareil mixte pourvu d'un foyer céramique, à combustion lente, et d'un utilisateur métallique.

Si dans ces deux derniers calorifères, les inconvénients résultant de la mauvaise utilisation des foyers et du surchauffage des parois et de l'air de circulation, n'existaient plus, il restait encore ceux provenant du fissurage (*d*) et du faible rayon d'action (*e*), n° 152, auxquels on a apporté les remèdes que nous allons décrire :

*d*) L'emploi de la ventilation par pulsion donne une légère pression dans les passages de l'air, et empêche ainsi la pénétration des gaz de la combustion dans l'air chaud.

Dans le cas de ventilation thermique, on doit prendre les précautions suivantes : donner en surabondance l'air de ventilation et ménager une section suffisante, pour le passage des fumées, tout en n'introduisant que le minimum d'air nécessaire à la combustion ; en un mot, disposer la double circulation d'air et de fumée pour qu'il y ait toujours appel naturel des canaux d'air frais, vers les carneaux de fumée.

*e*) On évite les pertes directes de chaleur par rayonnement, en entourant le massif du calorifère d'une double enveloppe dans laquelle circule l'air, avant son entrée dans les chambres de chauffe. Pour augmenter, dans de fortes proportions, le rayon d'action de ces calorifères, on donne une grande vitesse à l'air chaud insufflé qui circule dans des conduites de faibles sections, isolées de la masse par des parois doublées de substances mauvaises conductrices de la chaleur.

156. Calorifères à étages. — L'un des calorifères mixtes les



plus employés est une modification du calorifère inventé par Michel Perret, dont voici la description :

Il se compose d'un foyer à étages A, en matières réfractaires, entouré d'une enveloppe en maçonnerie de briques et surmonté d'une chambre de chauffe. Les parois de ce foyer supportent une série de dalles réfractaires, légèrement cintrées, placées au-dessus d'un cendrier (fig. 48). La façade de ce foyer est percée d'ouver-

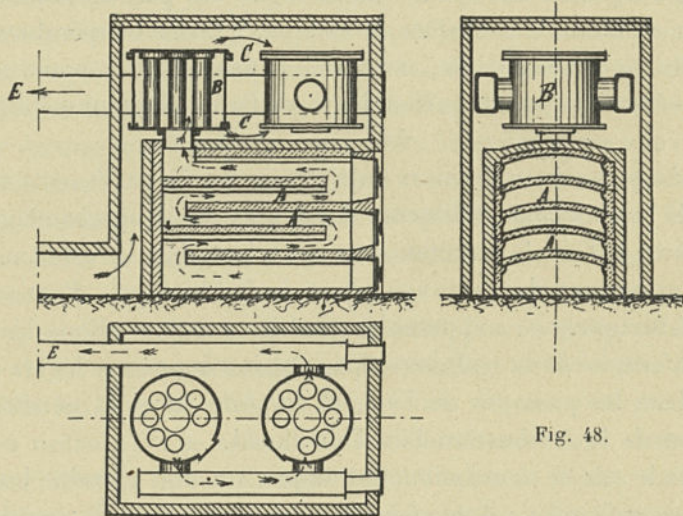


Fig. 48.

tures superposées qui permettent d'introduire et de disposer le combustible sur les dalles chauffées et d'extraire les cendres.

Le combustible est étalé, sous mince épaisseur, pour faciliter la circulation de l'air dont le volume dépend du nombre de chargements et de l'allure de la combustion. Cet air s'échauffe progressivement, en partant de l'étage inférieur où il rencontre le combustible le plus appauvri, pour atteindre l'étage supérieur où se trouve le combustible riche qui, de son côté, s'appauvrit à mesure de sa descente, pour arriver au cendrier complètement épuisé.

Des registres règlent l'entrée de l'air : si la quantité introduite est trop grande, le combustible s'épuise rapidement et les dalles s'assombrissent ; si elle est insuffisante, la température des dalles s'élève, elles deviennent blanches ; celle de l'utilisateur s'abaisse.

Les produits de la combustion s'échappent du foyer et se rendent



dans l'appareil radiateur ou utilisateur placé dans la chambre supérieure C. Cet appareil est composé d'un faisceau de tuyaux métalliques E, entre lesquels circule l'air à chauffer.

Les manœuvres pour la marche de ces calorifères sont assez simples. Pour l'allumage, qui ne doit avoir lieu qu'au commencement de la saison, on garnit les dalles de combustible et on fait du feu de bois ou de houille dans le cendrier, jusqu'à ce que la dalle inférieure commence à rougir; l'incandescence se communique de l'une à l'autre, jusqu'à la dalle supérieure. Il suffit ensuite d'entretenir la combustion, par des charges espacées, suivant l'intensité de la température extérieure;

A chaque chargement, on fait descendre le combustible d'étage en étage jusqu'au cendrier; la dalle supérieure, devenue libre, est à nouveau chargée.

Les foyers à étages permettent de brûler les combustibles les plus pauvres: menus et poussières de charbons maigres, d'antracite et de coke; résidus de forges, de générateurs ou de fours contenant encore de 25 à 30 p. 100 de matière combustible.

Deux modifications principales ont été apportées aux dispositions primitives de ces calorifères:

La première consiste en ce que, au moyen d'une double enveloppe en briques, entourée d'une armature métallique pour atténuer les effets de la dilatation, on assure la circulation de l'air de ventilation autour du massif du foyer et au-dessus de la chambre de chauffe. Cet air récupère, avant son entrée dans le calorifère, une partie de la chaleur perdue par le rayonnement extérieur du foyer.

La deuxième modification consiste à organiser une circulation naturelle de l'air chaud, en l'absence de fonctionnement du ventilateur. Cette circulation a un double but, elle refroidit les parois de contact de l'utilisateur et elle entretient, dans les ateliers, pendant la nuit, une température sensiblement constante, au moyen du foyer qui reste incandescent.

C'est ce calorifère, fonctionnant avec ventilation par pulsion, qui nous a donné les rendements les meilleurs et les plus économiques.

**157. Rayon d'action d'un calorifère à air chaud.** — Si la ventilation a lieu par cheminée d'appel, il est difficile de trans-



porter pratiquement l'air chaud, à plus de 15 à 20 mètres du calorifère; même si toutes précautions d'isolement des conduites étaient prises et si les canaux de distribution étaient disposés avec une certaine pente, facilitant les mouvements de l'air.

Si la ventilation a lieu par pulsion, avec des gaines en maçonnerie, cette distance peut être portée de 40 à 50 mètres.

Quand ces gaines sont isolées des masses avoisinantes par des enduits calorifuges intérieurs : doubles parois, panneaux de liège, etc., cette distance peut atteindre de 70 à 80 mètres. Les calorifères ainsi disposés peuvent, dans de bonnes conditions de rendement, chauffer des locaux ayant une surface couverte de 10 à 12 000 mètres carrés.

**158. Régulation de la marche des chauffages.** — Comme nous l'avons indiqué précédemment, si la quantité d'air à envoyer dans les locaux doit être constante, pendant la même saison, il n'en est pas de même de la quantité de chaleur.

Dans le cas d'un chauffage à vapeur, nous avons vu que son réglage peut se faire, en modifiant, dans les radiateurs, au moyen de robinets, la pression de la vapeur, ou en y laissant accumuler une plus ou moins grande quantité d'air.

Pour les calorifères à cloche et les calorifères céramiques, on fait varier l'intensité de combustion de leurs foyers, suivant les variations de la température extérieure.

Enfin, quand il s'agit de calorifères à étages, selon l'importance de l'usine à chauffer et le degré de chaleur qui y est exigé, on les dispose en groupes ou en batteries, composés ordinairement de 2 à 6 foyers. Dans ces conditions, la régulation de la marche de ces appareils, en cours de saison, s'opère en allumant un ou plusieurs de ces foyers et en diminuant ou augmentant, le nombre et l'importance des chargements journaliers de combustible. Ce nombre peut varier de trois par jour, à un, tous les deux jours.

**159. Considérations générales sur les appareils de chauffage.** — Dans nos régions, où les variations de température ne sont généralement ni rapides ni importantes, on peut, en tenant



compte des observations des paragraphes précédents, régler assez facilement le chauffage des ateliers ; on est aidé, en cela, par le rayonnement qui fait que murs, planchers, machines et marchandises restituent, lorsqu'il y a abaissement de température, une partie de la chaleur qu'ils avaient absorbée lorsqu'elle était en excès.

La seule difficulté à vaincre est le refroidissement résultant de l'arrêt du chauffage, pendant la nuit et les jours de chômage.

Au moment de la suspension du travail, la température des locaux est toujours plus élevée que celle de l'extérieur ; dès que cette température s'abaisse, des courants s'établissent, l'air froid descendant des vitrages vient s'échauffer au contact des machines et marchandises et, après leur avoir emprunté une partie de leurs calories, remonte à ces vitrages se refroidir à nouveau. Ce mouvement d'échange se poursuit et va diminuant, à mesure que la température de la salle se met en équilibre avec la température extérieure.

Si, pendant les arrêts, les masses des calorifères, ou bien les foyers alimentant les chauffages, continuent à fournir un peu de chaleur aux ateliers, l'abaissement de la température est fort lent.

Quand on emploie les calorifères à haute température ou les appareils céramiques, on doit, aux arrêts, fermer les registres d'arrivée d'air et couvrir les feux de cendres ; au départ, pour ramener rapidement la température à un degré normal, il suffit d'ouvrir ces registres et d'activer le feu.

Quand ce sont des appareils à étages, la combustion est maintenue, pendant la nuit et les jours de chômage, sans qu'on ait à s'en occuper ; les rechargements pouvant n'avoir lieu que tous les deux jours.

Il n'en est pas de même des chauffages à vapeur ; arrêtés, n'offrant point de masse, ils n'ont qu'une réserve insignifiante, celle du métal dont la chaleur spécifique est faible (0,120). Le rayonnement dans l'atelier est insuffisant et la température tombe rapidement presque au niveau de la température extérieure. Comme il faut que le personnel puisse travailler sans être arrêté par le froid, on est obligé de faire fonctionner ces appareils de chauffe plusieurs heures avant l'ouverture des ateliers.



## CHAPITRE VIII

### APPAREILS DE VENTILATION ET D'HUMIDIFICATION. CANAUX DE DISTRIBUTION

Pour le renouvellement de l'air dans les locaux industriels, la ventilation par cheminées d'appel, ainsi que nous l'avons indiqué dans l'un des chapitres précédents, est très rarement employée ; elle n'est pas assez énergique et subit l'influence des rayons solaires et des vents qui, agissant sur les orifices de sortie, peuvent ralentir ou même supprimer le tirage.

Les procédés les plus en usage sont :

1° La ventilation naturelle effectuée par les portes et les fenêtres, dans les bâtiments à étages, et par les châssis d'aération, dans ceux en rez-de-chaussée ;

2° La ventilation mécanique, par ventilateur.

#### § 1. — VENTILATION NATURELLE

**160. Châssis d'aération.** — Pour la ventilation naturelle des bâtiments en sheds, on dispose des châssis d'aération dans les vitrages des toitures.

Chacun de ces châssis se compose d'un panneau vitré **M**, monté sur cadre mobile en fer **N**, s'articulant à sa partie supérieure et s'ouvrant à l'extérieur. Un système de cordons et contrepoids **P**, équilibre le châssis mobile quand il arrive dans sa position de fermeture ; s'il retombe brusquement, le choc est atténué et n'occasionne aucun bris de verre (fig. 49).

Ce châssis est entouré, vers son articulation, d'un capot en zinc empêchant la pluie de pénétrer dans l'atelier.

Afin de déterminer, avec les châssis d'aération, un courant d'air passant au-dessus de la tête des ouvriers, les murs des salles de



travail sont percés, à leur partie supérieure, d'ouvertures munies,

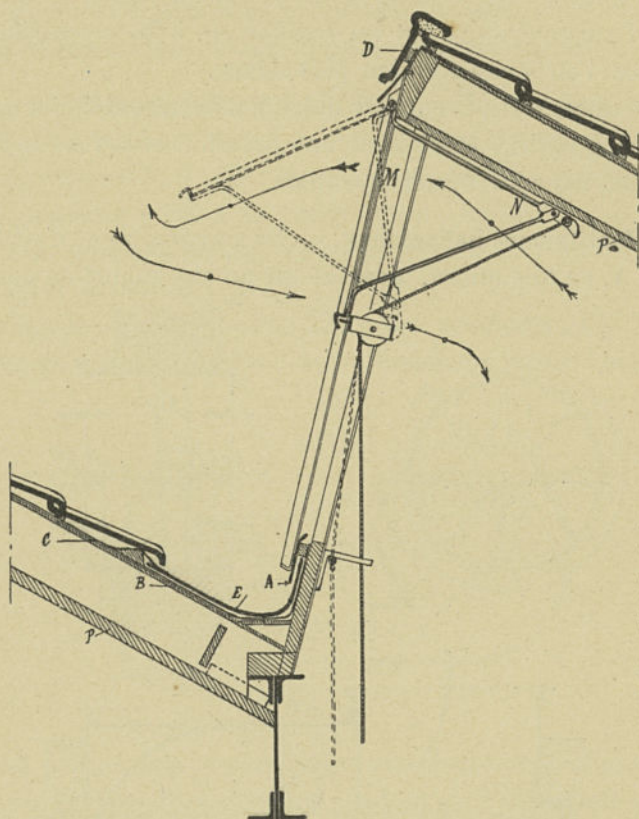


Fig. 49.

à l'extérieur, de persiennes et, à l'intérieur, de panneaux pleins ouverts pendant la belle saison.

## § 2. — VENTILATION MÉCANIQUE

**161. Ventilateurs.** — Lorsqu'il s'agit de transporter l'air de ventilation, à grande distance, on doit recourir aux moyens mécaniques et l'appareil employé, pour cet usage, est le ventilateur actionné tantôt par les transmissions de l'usine, tantôt par un moteur électrique ou à vapeur.

Les ventilateurs se divisent en deux classes : les ventilateurs



hélicoïdaux ou déplaceurs d'air, dans lesquels le volume en mouvement est considérable et la pression de sortie, faible, — 10 millimètres d'eau environ, — et les ventilateurs à force centrifuge qui fournissent l'air à une pression plus élevée.

Les ventilateurs peuvent être indistinctement soufflants ou aspirants; les premiers établissent une pression et les seconds, une dépression, dans les locaux à ventiler.

**162. Ventilateurs hélicoïdaux.** — Ils se composent d'ailes hélicoïdales A, en tôle mince, montées sur un axe auquel on donne un

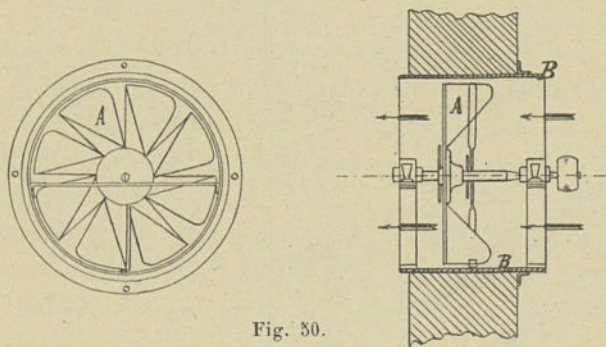


Fig. 50.

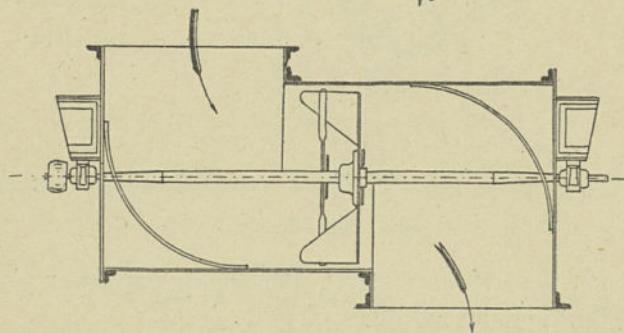


Fig. 50 bis.

mouvement de rotation (fig. 50 et 50 bis). L'ensemble est entouré d'une enveloppe cylindrique B; l'air est aspiré à l'une des extrémités de cette enveloppe et refoulé à l'autre. Afin d'éviter les remous et les pertes de charge du fluide en mouvement, celui-ci doit circuler dans l'appareil, avec une vitesse constante.

Ce type de ventilateur donne le mouvement à un cube d'air important; son rendement varie de 30 à 50 p. 100 du travail moteur, suivant l'installation.



Cet appareil, plutôt destiné à fonctionner par aspiration que par refoulement, s'emploie à la ventilation de locaux de faible capacité ou au renouvellement de l'air dans certains séchoirs.

**163. Ventilateurs à force centrifuge.** — Ces appareils se composent d'un tambour fermé A, dans lequel tourne un cylindre composé d'une série d'aubes B, droites ou courbes, montées sur un axe. Ce tambour porte à sa partie externe un orifice d'évacuation C, et, à sa partie centrale, deux ouvertures ou ouïes D, pour l'aspiration de l'air (fig. 51).

Lorsque le cylindre tourne dans son enveloppe, l'air, mis en mouvement par les palettes, sous l'influence de la force centri-

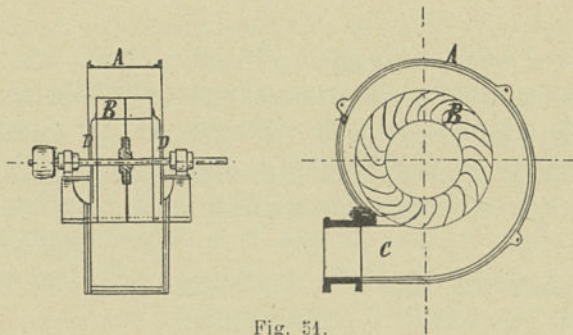


Fig. 51.

fuge, est projeté à la circonférence extérieure du tambour et s'évacue par l'orifice d'écoulement, pendant qu'il se produit un appel autour de l'axe.

Comme dans tous les appareils mettant les fluides en mouvement, les ailettes du ventilateur ainsi que l'enveloppe extérieure devant recevoir l'air et le guider jusqu'à sa sortie, ont une forme appropriée qui en facilite l'écoulement et évite les changements brusques de direction et de vitesse. Le volume d'air débité par les palettes croît jusqu'à l'orifice d'évacuation; pour que la vitesse de l'air reste constante, cette enveloppe devra présenter la forme d'une courbe en spirale qui augmente proportionnellement la section de passage.

En désignant par  $h$  la hauteur d'eau correspondant à une vitesse  $V$ , de l'air, et par  $d$ , la densité de l'air, on a l'expression :

$$h = d \frac{V^2}{2g};$$



à la température de 15°,  $d = 0,00123$  ; d'où :

$$v = \sqrt{\frac{h \times 19,62}{0,00123}} = \sqrt{h \times 16\ 000}.$$

De cette expression il résulte que, pour un même ventilateur, la pression ou la dépression est proportionnelle au carré de la vitesse angulaire ; le volume débité est proportionnel à cette même vitesse, la section de débit restant constante.

Lorsque pour un ventilateur donné, on augmente ou on réduit, à l'aspiration ou au refoulement, les résistances au mouvement de l'air par la manœuvre de registres qui rétrécissent les passages, on modifie en même temps le volume écoulé.

**164. Travail d'un ventilateur.** — Le travail mécanique nécessité pour la commande d'un ventilateur à force centrifuge, se compose du travail de compression ou de dépression de l'air, augmenté des pertes de charge dans l'appareil et des frottements des parties mécaniques en mouvement. Les sections de débit étant ouvertes, il varie proportionnellement au cube de la vitesse angulaire.

Pour tenir compte des pertes de charge et des frottements, on double, dans la pratique, le travail calculé.

En appelant  $Q$  le volume, en mètres cubes, de l'air mis en mouvement,  $P$  la pression ou la dépression en millimètres d'eau ;

Le travail en HP sera donné par l'expression

$$T_m = \frac{Q \times P \times 2}{75}.$$

**165. Ventilation par aspiration.** — L'aspiration produite par un ventilateur met l'air en mouvement, comme dans le cas de cheminée d'appel, par une diminution de pression.

Cette aspiration peut être produite aussi bien par un ventilateur à force centrifuge, que par un ventilateur hélicoïdal ; pour le premier, la conduite aboutit aux ouïes et l'air, aspiré à ces orifices, est rejeté dans l'atmosphère par les palettes du cylindre ; avec le second, les mouvements de l'air se produisant suivant l'axe de l'hélice, la direction de l'aspiration dépendra du sens de marche de cette hélice.

Quand ils sont appliqués à l'aération d'usines, pour que l'air tra-



verse les salles du travail dans toute leur étendue, les ventilateurs aspirants sont placés dans l'épaisseur des murs extérieurs formant l'une des parois des locaux à ventiler, à l'opposé des chauffages ou des orifices de rentrée de l'air, venant de l'extérieur.

La ventilation par aspiration peut fonctionner concurremment avec tous les systèmes de chauffage ; soit à air chaud, soit par la vapeur ou l'eau chaude.

Elle présente cependant, pour les services combinés de chauffage et de ventilation, d'assez nombreux inconvénients :

La dépression détermine toujours, dans une salle chauffée, des rentrées de l'air extérieur par l'ouverture des portes et les fissures. Cet air peut provenir de sources diverses et être vicié par son passage au travers de cabinets d'aisance, d'écuries, de salles de traitement de marchandises insalubres ;

Il se forme au travers des locaux ventilés par aspiration, comme au travers de ceux où l'air est mis en mouvement par cheminées d'appel, des courants directs qui vont, du canal d'entrée jusqu'aux orifices des ventilateurs, en laissant, sans aération, certaines parties des locaux ;

Enfin, l'air aspiré qui pénètre au travers des chauffages s'étale irrégulièrement sur les radiateurs, car il tend à se créer un passage par les chemins où il éprouve le moins de résistance ; certaines parties de la surface de chauffe sont moins utilisées que d'autres.

Mais si la ventilation par aspiration est moins indiquée que celle par refoulement, pour le renouvellement de l'air dans les locaux industriels, elle devient indispensable, comme nous le verrons plus loin, lorsqu'on doit enlever les poussières, fumées ou gaz dégagés par certaines industries.

**166. Ventilation par refoulement.** — Pour la mise en mouvement de l'air par pulsion, on peut utiliser, comme pour la ventilation par aspiration, les ventilateurs hélicoïdaux et les ventilateurs à force centrifuge. Ces derniers, pouvant fournir une pression plus élevée et ayant un meilleur rendement, 60 p. 100 environ du travail absorbé, sont employés de préférence.

Dans l'emploi des ventilateurs à force centrifuge, pour le refou-



lement de l'air, celui-ci est aspiré à la partie centrale de l'enveloppe ; l'air refoulé s'écoule par l'orifice placé sur la circonférence du tambour ; il est ensuite dirigé, suivant le traitement qu'on lui fait subir, dans l'une des deux directions suivantes :

En été, dans les salles à ventiler, soit directement, soit après avoir traversé un humidificateur à eau froide qui le filtre, le rafraîchit et élève son degré hygrométrique ;

En hiver, dans le chauffage, ou dans l'humidificateur et le chauffage, avant d'être réparti dans les locaux à chauffer et à ventiler.

**167. Avantages de la ventilation par pulsion.** — Une salle ventilée ne peut être assainie que si le volume d'air qui y est introduit et qui en est expulsé, après un séjour déterminé, s'est répandu dans tous les points du local.

Si, au contraire, il se produit, entre les orifices d'entrée et de sortie, des courants directs, définis, qui traversent la masse sans s'y mélanger, la ventilation est imparfaite et la salle n'est pas assainie.

L'avantage de la ventilation par pulsion, sur les autres modes de ventilation, est de ne pas former ces courants particuliers et d'envoyer l'air au point précis où sa présence est nécessaire. Comme les orifices d'introduction de cet air sont aussi multipliés que possible et s'ouvrent dans les endroits les plus reculés, cette diffusion, par un grand nombre de points de distribution, maintient l'atmosphère ambiante de la salle à ventiler, au degré de pureté que l'on s'est imposé et à une température sensiblement constante.

Enfin, l'action du ventilateur est positive ; elle met pour ainsi dire les locaux ventilés en vases clos, sous très faible pression, il est vrai, mais cependant suffisante pour refouler les émanations venant de l'extérieur.

**168. Ventilation par aspiration et par refoulement.** — Pour des locaux où l'on recherche la grande pureté de l'air, il est avantageux de combiner les deux systèmes de ventilation, afin d'augmenter leur puissance. A la ventilation générale vient s'ajouter, en des points où elle est insuffisante, l'action d'appareils



aspirateurs placés sur les conduites d'évacuation de l'air vicié.

Cette disposition est à conseiller dans les hôpitaux et les asiles où, à une large ventilation des salles principales, par refoulement de l'air, il est utile de superposer une aspiration dont les prises d'air sont placées dans les cabinets d'aisance, les cabinets à toilette, les salles de pansements, etc.

En industrie, cette combinaison des deux ventilations, se complétant l'une par l'autre, s'applique dans les ateliers où, à la nécessité du renouvellement de l'air, vient s'ajouter celle de l'évacuation d'émanations dangereuses.

### § 3. — CANAUX DE DISTRIBUTION D'AIR

169. — On donne à l'air, mis en mouvement par une ventilation mécanique, une plus grande vitesse qu'à l'air de ventilation thermique; si les pertes de charge qui résultent de cette accélération augmentent un peu le travail mécanique de pulsion, elles sont largement compensées par divers avantages :

1° La section des canaux étant réduite, l'importance et le coût d'établissement de ces canaux sont sensiblement diminués.

2° Les pertes de chaleur dans le parcours sont moindres, par suite de la réduction du temps de contact et la diminution du périmètre de passage.

Les dispositions de ces canaux sont bien différentes, suivant qu'ils sont établis pour desservir des constructions neuves, soit en rez-de-chaussée, sheds ou halls, soit en étages; ou bien d'anciennes constructions.

Nous allons étudier successivement ces différentes dispositions.

170. **Bâtiments en rez-de-chaussée** (fig. 52). — Dans les constructions en rez-de-chaussée, à couverture en sheds, le ventilateur M, installé en sous-sol, refoule l'air dans les calorifères D, puis dans un collecteur B, placé à la sortie de ces calorifères, et enfin, dans les canaux de distribution A, qui rayonnent vers les différentes salles à ventiler et se terminent aux bouches d'air C.



La figure 53 donne une coupe du collecteur et la figure 54, celle d'un canal de distribution.

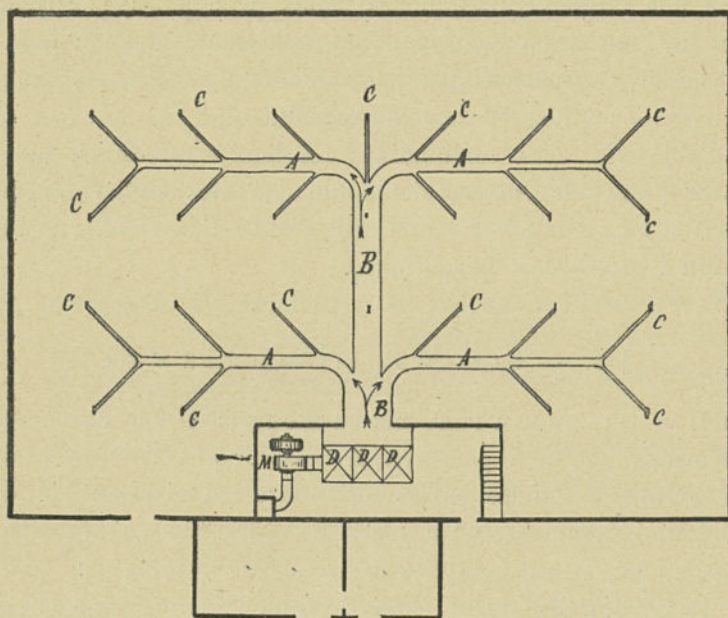


Fig. 52.

La forme de ces galeries est ordinairement rectangulaire; on les recouvre d'une voûte ou d'un hourdis. Elles sont construites en

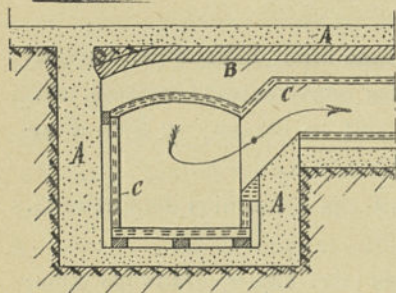


Fig. 53.

maçonneries de béton A, A, couvertes en briques B, et garnies à l'intérieur d'un calorifuge C,

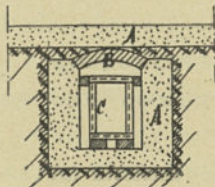


Fig. 54.

destiné à éviter les pertes de chaleur. Ce calorifuge est le plus souvent composé de panneaux de liège aggloméré, de 3 centimètres d'épaisseur<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Le prix actuel de ces panneaux est assez réduit, pour qu'il n'augmente pas sensiblement la dépense générale.



Ces panneaux sont enduits, à l'intérieur, au plâtre lissé, afin de faciliter le passage de l'air.

Dans la construction de ces canaux, on devra éviter les ressauts et les coudes brusques; tous les changements de section seront raccordés par des plans inclinés.

174. **Bâtiments en hall.** — Dans les bâtiments en hall, les canaux de ventilation peuvent rarement se disposer en souterrain,

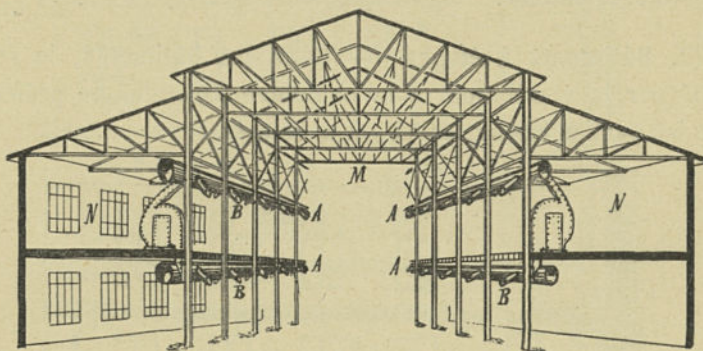


Fig. 55.

au travers des fondations de l'outillage (fig. 55). Ils s'établissent au moyen de tuyaux de tôle galvanisée A, placés le long des murs latéraux ou suspendus aux colonnes supportant la charpente.

Dans ces bâtiments, le volume à chauffer étant toujours important, les appareils de chauffe et de ventilation sont établis en doubles et disposés de chaque côté de la nef centrale, ordinairement surélevée; elle est parcourue par des ponts roulants qui en desservent toutes les parties et empêchent l'accouplement des canalisations.

Pour éviter que, dans ces vastes enceintes, l'air ne surchauffe les parties supérieures, la position des orifices de distribution doit être choisie judicieusement; cette distribution se fait par des bouches alternées B, placées à 2,50 m. ou 3 mètres au-dessus du sol, qui le lancent, d'un côté, dans la partie centrale M, et, de l'autre, dans les nefs latérales N.

La vitesse de l'air est considérable, afin qu'il puisse pénétrer dans une fraction importante de la masse, avant de se diffuser.



Dans ces grands vaisseaux, le renouvellement de l'air étant toujours largement assuré par des rentrées accidentelles, le maintien de la température, à un niveau suffisant, devient l'objectif principal, car les pertes par refroidissement des parois sont considérables. Afin d'y maintenir une température normale, la circulation de l'air est disposée pour pouvoir à volonté se fermer sur elle-même; ce mouvement est réglé par des registres qui permettent de l'aspirer en tout ou partie, soit de l'extérieur, soit de l'enceinte à chauffer.

172. Bâtiments à étages. — Dans ces bâtiments, le groupe formé par la ventilation et le chauffage s'installe de préférence dans les parties basses, caves ou sous-sols.

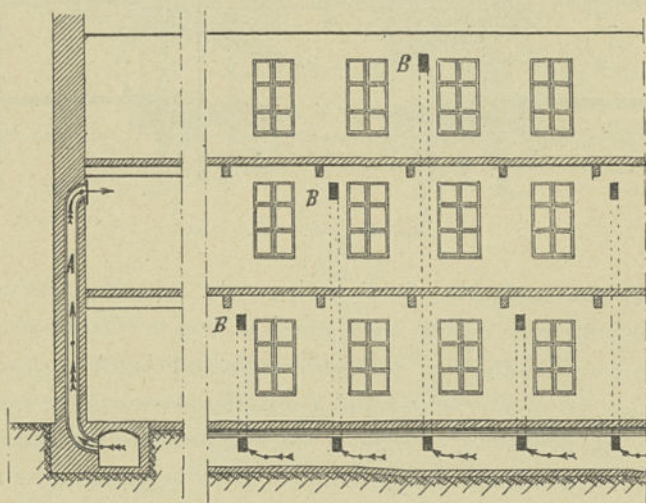


Fig. 56.

L'air chaud est refoulé dans un collecteur établi le long des fondations du mur longitudinal exposé au Nord ou à l'Est, puis dans des canaux verticaux ou gaines placés tantôt dans l'épaisseur des murs, tantôt dans les piliers ou contre-forts du bâtiment.

Sa distribution dans les salles présente les deux dispositions suivantes :

1° Des ramifications, placées à la suite des gaines, peuvent être disposées dans l'épaisseur des planchers, pour aboutir à des bouches d'air, n° 175.



2° On fait pénétrer directement dans les salles, l'air circulant dans les canaux verticaux, par des orifices placés un peu au-dessous des plafonds, quand ils sont lisses, ou un peu plus bas, mais à une hauteur suffisante pour que l'air lancé passe au-

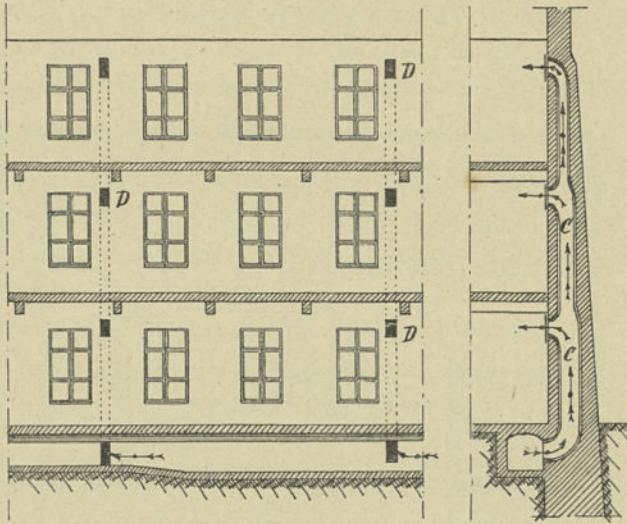


Fig. 57.

dessus de la tête des ouvriers, quand ils sont barrés par des poutres longitudinales.

Pour ne pas affaiblir les murs, si les gaines A, sont placées dans leur épaisseur, on réduit la section des canaux, en donnant à l'air une vitesse élevée et en alternant les orifices de distribution, B, par étage (fig. 56).

Si elles sont établies dans des contreforts ou piliers C, — ce qui permet d'augmenter les sections de passage, sans nuire à la solidité de la construction —, les orifices de sortie D, peuvent être disposés à chaque étage et les canaux qui les alimentent ont des sections décroissantes, depuis le collecteur (fig. 57).

Les parois de ces canaux étant de faible épaisseur, on devra toujours les doubler intérieurement d'un calorifuge évitant les rayonnements extérieurs.

473. Anciens bâtiments. — Les dispositions précédentes sont faciles à ménager dans des constructions neuves ; mais elles doivent



être différentes, si la distribution de l'air chaud est faite dans des locaux anciens où l'on ne peut toucher ni aux bâtiments, ni à l'outillage existant.

Cette distribution se fait ordinairement par des conduites métalliques, en tôle galvanisée, dont les formes sont appropriées aux dispositions architecturales de ces bâtiments.

L'ensemble de la canalisation comporte un collecteur A, qui

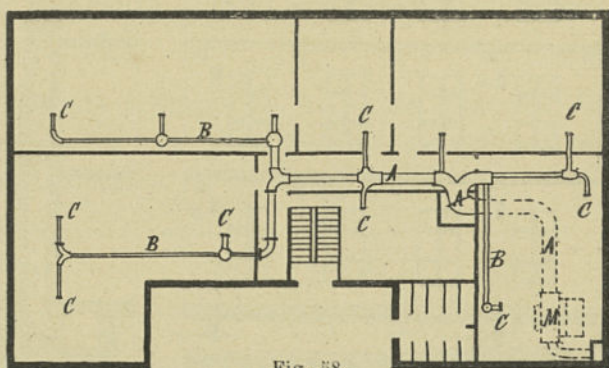


Fig. 58.

reçoit l'air des appareils de chauffe et de ventilation M, disposés dans un local distinct (fig. 58); il est ordinairement fixé le long des murs ou suspendu au plafond et aux charpentes. De ce collecteur partent les branchements B, terminés par des bouches d'air C, qui s'ouvrent à 2,50 m. ou 3 mètres au-dessus du sol des locaux à ventiler.

Les sections de passage vont décroissant, à mesure qu'on s'éloigne du ventilateur.

Comme pour les conduites en maçonnerie, on doit éviter, dans ces tuyaux, les coudes brusques, les branchements à angle droit et tout étranglement pouvant donner lieu à des tourbillons ou à des pertes de pression.

**174. Prises d'air.** — La prise d'air d'un ventilateur ou celle d'un appel thermique, alimentant un calorifère, s'ouvre en dehors des bâtiments.

Pour éviter les germes infectieux, l'air devant être aspiré dans les couches les plus pures de l'atmosphère, ces prises seront placées, autant que possible, au-dessus des toitures.



Le canal de prise d'air est parfois muni d'un branchement spécial communiquant avec les salles à chauffer, ainsi qu'il a été indiqué au n° 174. Au moyen de registres, on peut aspirer la totalité de l'air à l'extérieur, ou partie à l'extérieur et partie dans les salles, suivant la capacité des locaux, la densité du personnel qu'ils contiennent ou la nature des marchandises qui y sont traitées. Ces communications intérieures doivent être ouvertes aux points les plus froids des salles chauffées.

Quelles que soient les précautions employées, l'air étant chargé de poussières et d'impuretés, il est utile de le filtrer dans les usines où l'on traite des marchandises délicates; pour cela, on peut se servir de l'appareil d'humidification en pluie ou à tissu mouillé, dont il a été parlé dans l'un des chapitres précédents.

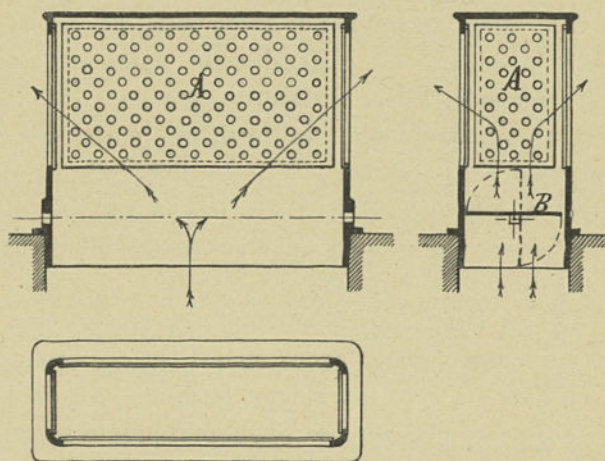


Fig. 59.

**175. Bouches d'air.** — Les bouches d'arrivée d'air, dans les locaux à ventiler, doivent avoir la plus grande section possible et être fermées par des diaphragmes percés d'une quantité de petits orifices qui ralentissent la vitesse de sortie de cet air, et opèrent sa diffusion dans l'atmosphère.

Elles présentent les deux dispositions suivantes :

1° Lorsque les canaux d'air circulent au-dessous du sol, la bouche de sortie la plus employée est celle de la figure 59; c'est une caisse rectangulaire, en tôle ajourée A, munie d'un registre à papil-



lon B, qui règle le débit<sup>1</sup> ; cette bouche est posée en saillie sur le plancher et s'installe en des points où elle ne peut gêner la circulation, le long des murs ou contre les colonnes des bâtiments. On se sert rarement de bouches plates logées dans le parquet, qu'il faut rendre mobiles, afin qu'on les puisse enlever pour débarrasser l'entrée du canal des poussières et détritiques qui s'y accumulent.

2° Lorsque les canaux de distribution d'air débouchent à la partie supérieure des ateliers, au-dessous des plafonds, on emploie des bouches à persiennes qui, en s'ouvrant, offrent à l'air un passage de grande section.

**176. Vitesse de l'air dans les conduites (saison d'hiver).** — Dans les salles à chauffer, où la distribution de l'air est opérée par des bouches de chaleur placées sur le sol, la vitesse de l'air dans la conduite d'aspiration, au travers de la chambre de chauffe et dans le collecteur de départ, est généralement comprise entre 3 et 5 mètres par seconde. Elle s'abaisse un peu dans les canaux de distribution, 2 à 4 mètres ; enfin, au sortir des bouches de chaleur, si l'on veut que cette vitesse soit insensible, elle ne doit pas dépasser 0,60 m. à 0,80 m. Dans des locaux industriels où l'air est agité par les pièces mécaniques en mouvement, elle peut varier, à la sortie, de 0,80 m. à 1 mètre.

Quand l'air est lancé horizontalement au travers des locaux, disposition qui, comme nous l'avons vu, est surtout applicable aux bâtiments en hall et à ceux en étages, on donne, à l'air de sortie, une vitesse beaucoup plus grande pour qu'il puisse traverser une partie des salles avant son mélange. Elle peut atteindre 4 à 5 mètres par seconde, aux bouches de sortie, et de 8 à 12 mètres dans les collecteurs et les conduites, sans autre inconvénient qu'un supplément de travail mécanique.

**177. Vitesse de l'air (saison d'été).** — Sous l'action d'un renouvellement abondant de l'air, le personnel supporte aisément une température plus élevée que celle qui l'incommoderait si l'air n'était pas renouvelé.

Fréquemment, en été, on renouvelle l'air des ateliers jusqu'à

<sup>1</sup> Ce registre une fois réglé ne doit plus être touché.



deux fois et même trois fois par heure. La vitesse de sortie aux bouches peut atteindre 1,40 m. par seconde.

Pour cette augmentation de quantité d'air, on accroît la vitesse du ventilateur et, au moyen de registre, on modifie, à l'aspiration, la section de passage de l'air.

**178. Dimensions des conduites.** — Les sections des conduites d'aspiration et de refoulement sont déterminées par le volume d'air qui doit être débité dans l'unité du temps.

Appelant S, la section de passage et Q, le volume d'air à débiter par heure :

$$S = \frac{Q}{3600 \times V}$$

**179. Canaux d'évacuation de l'air vicié.** — Ainsi que nous l'avons indiqué dans l'un des chapitres précédents, les orifices d'évacuation de l'air vicié doivent être placés à la partie supérieure des salles à ventiler ; on doit les multiplier et les disposer de préférence dans les angles des locaux, à l'opposé des bouches d'arrivée d'air. Ces orifices sont en communication avec des gaines rectangulaires verticales disposées dans les murs et débouchant au-dessus des toitures.

La section des canaux d'évacuation peut être plus faible que celle des conduites d'arrivée, car non seulement la vitesse de sortie de l'air vicié peut être quelconque, mais encore, une partie notable de cet air est évacuée par les fissures et l'ouverture des portes.

On dispose quelquefois les orifices d'évacuation à de faibles hauteurs au-dessus du sol ; il faut alors ménager, sur la gaine de sortie, une seconde ouverture placée près du plafond. Au moyen de registres, on ouvre l'un ou l'autre orifice et l'on modifie, à volonté, le mouvement de l'air dans la salle à ventiler, pour lui faire balayer, tantôt les parties supérieures, tantôt les parties inférieures.

#### §. 4. — APPAREILS D'HUMIDIFICATION

**180.** — L'humidification des locaux industriels s'obtient par l'emploi de divers appareils :



Les pulvérisateurs d'eau.

Les humidificateurs à contact, dans lesquels la saturation de l'air est produite par son passage au travers de tissus, d'éponges, de jones, de sparteries, mouillés.

Les humidificateurs en pluie, dans lesquels l'air traverse des gouttelettes ou une lame d'eau.

**181. Pulvérisateurs.** — Dans ces appareils, l'air se charge, à son passage, d'une poussière d'eau, sous forme de brouillard qui se dissout, à mesure de son expansion, dans l'atmosphère environnante.

Ces pulvérisateurs sont disposés, soit dans les galeries traversées par le courant de ventilation, soit dans les salles à humidifier où ils sont suspendus au plafond et répartis régulièrement.

Ils peuvent se diviser en pulvérisateurs par jets d'eau sous pression et en pulvérisateurs par l'air comprimé.

**182. Pulvérisateurs par l'eau sous pression.** — Dans ces pulvérisateurs, l'eau s'échappe sous une pression élevée, de 2 à 5 kilo-

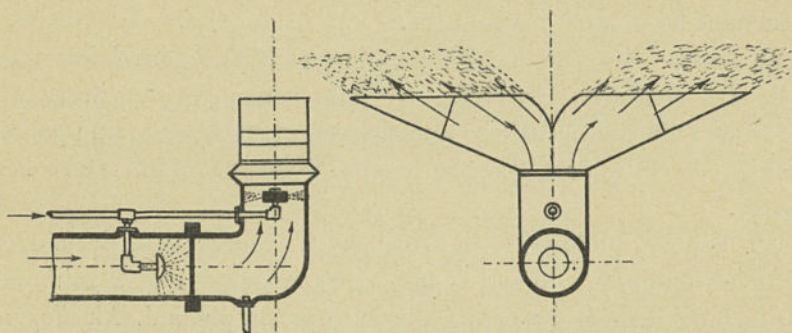


Fig. 60.

grammes par centimètre carré, au moyen d'ajutages de formes diverses qui la divisent, en lui imprimant quelquefois, à la sortie, des mouvements giratoires qui achèvent de la réduire en poussière (fig. 60).

Il est utile de disposer des chicanes, pour arrêter les gouttelettes en suspension, et des caniveaux et tuyères, pour évacuer les eaux en excès.



183. Appareil Drosophore<sup>1</sup>. — La pulvérisation, dans cet appareil, est produite par le choc de deux jets d'eau, à haute pression, sortant

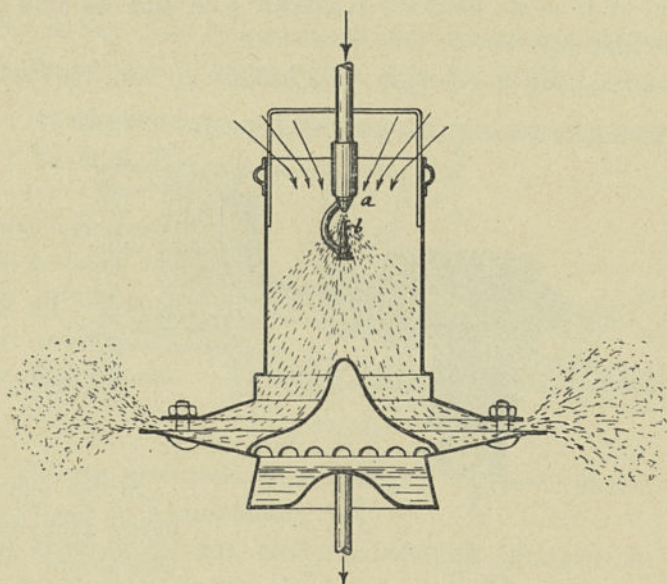


Fig. 61.

de leurs ajutages, *a* et *b*, placés verticalement au-dessus l'un de l'autre. Le brouillard formé est entraîné par un appel d'air descendant de la partie supérieure (fig. 61).

184. Pulvérisateur des vignes. — Un appareil simple, qui peut rendre de bons services pour l'humidification, tout en étant d'un prix modique, est l'ajutage des pulvérisateurs dont on se sert pour le traitement des vignes (fig. 62). Il s'emploie dans les galeries d'évacuation de fumée ou d'air vicié de certains ateliers, pour rabattre les poussières, les déchets filamenteux, les suies etc. dont le rejet, à l'extérieur, pourrait incommoder le voisinage.

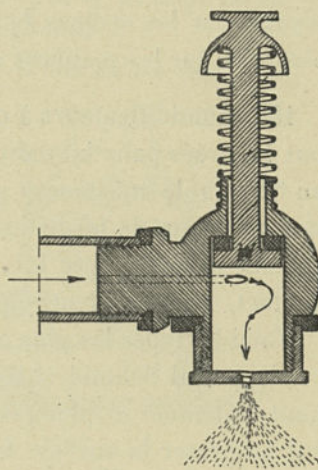


Fig. 62.

<sup>1</sup> *Revue technique.*



**185. Pulvérisateurs par l'air comprimé.** — Dans ces appareils, la pulvérisation de l'eau résulte de la rencontre de jets d'air sous pression et de petits filets d'eau sortant d'un tube ou d'un orifice de très faible diamètre.

En s'échappant avec vitesse, l'air produit un vide dans le tube ;

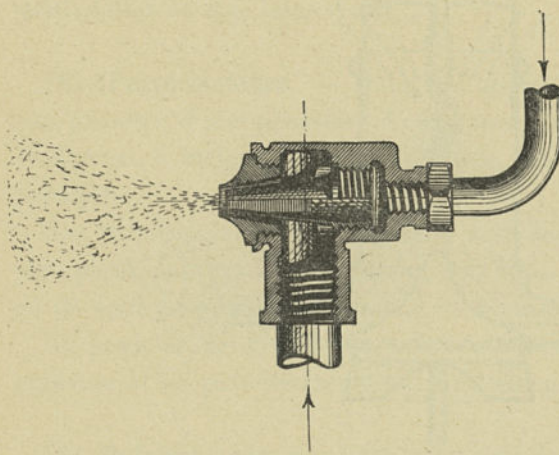


Fig. 63.

le liquide est entraîné, puis projeté au dehors, sous forme de poussière d'eau, dont une partie se dissout dans l'air (fig. 63).

Un robinet règle la quantité d'eau entraînée.

Si les eaux utilisées dans les pulvérisateurs ne sont pas pures ou filtrées

avant leur entrée dans ces appareils, il importe que les ajutages de distribution puissent être démontés facilement pour leur nettoyage, car les orifices de sortie étant très petits, sont facilement obstrués par les matières en suspension dans l'eau.

**186. Humidificateurs à contact.** — Un grand nombre d'appareils ont été créés pour humidifier l'air de ventilation par son passage au travers de substances poreuses imbibées d'eau. Cette circulation provoque la formation d'une certaine quantité de vapeur que cet air entraîne avec lui; son degré hygrométrique s'élève à ce contact, en même temps qu'il se filtre et se refroidit.

Voici les types les plus employés de ce genre d'humidificateurs :

L'appareil Schmid et Kœchlin se compose d'un tambour tournant lentement et plongeant partiellement dans l'eau, la rotation fait humecter la surface formée de tissus spongieux; l'air entre par l'un des fonds de ce tambour et traverse l'enveloppe, en se chargeant d'humidité;

Dans l'humidificateur Hauser et Merzfeld, l'air traverse une



colonne d'éponges, constamment imbibées d'eau, dont la base est plongée dans une cuvette.

Nous avons assez fréquemment employé un humidificateur qui comporte des toiles en sparterie, à larges mailles, formant une

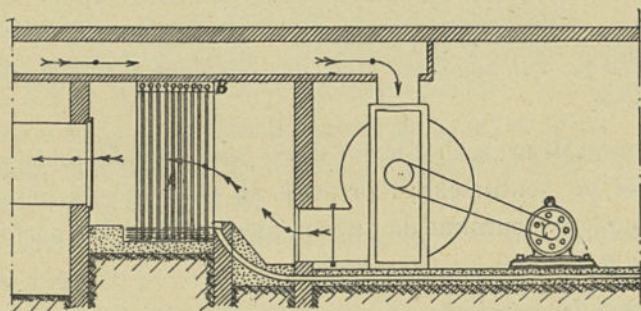


Fig. 64.

série d'écrans verticaux, A, en nombre variable, au travers desquels passe l'air à humidifier.

Ces écrans reçoivent, d'une distribution supérieure B, un filet d'eau qui les humecte (fig. 64).

187. Humidificateurs en pluie. — Dans les appareils destinés à humidifier l'air par barbottage direct ou par le passage de cet air au travers d'une pluie artificielle, on peut citer :

L'humidificateur Garlandat, composé d'une caisse métallique à

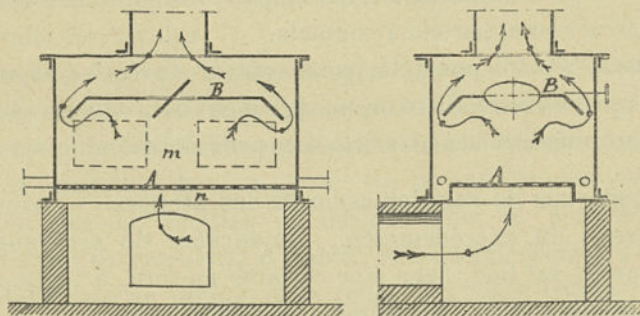


Fig. 65.

deux compartiments *m* et *n*, séparés par une tôle perforée A, sur laquelle coule une mince couche d'eau réglée par un robinet; l'air, refoulé au moyen d'un ventilateur dans la capacité inférieure de la caisse, passe au travers de la lame d'eau, en se char-



geant d'humidité (fig. 65). Dans le compartiment supérieur, le mélange est tourmenté par des tôles B qui retiennent les gouttelettes entraînées ;

L'appareil Lavalée, qui est un récipient contenant de l'eau dont le niveau est maintenu constant ; une brosse, tournant à 1200 tours par minute, vient effleurer sa surface et projette des gouttelettes qui se brisent sur une arête vive, des chicanes arrêtent l'eau non pulvérisée ;

L'appareil Mertz, qui est formé d'une caisse métallique à laquelle est adapté un ventilateur ; l'air passe au travers de la pluie d'eau lancée par une couronne de pulvérisateurs placés à la partie supérieure de la caisse.

*Résultats de marche.* — Nous pourrions multiplier les exemples d'appareils humidificateurs ; mais, quoiqu'ils diffèrent les uns des autres comme dispositions et même comme principes d'établissement, ils donnent des résultats à peu près équivalents et le choix doit en être fait d'après les facilités d'installations.

Dans tous les systèmes de pulvérisation, quelle que soit la pression de l'eau ou de l'air qui la produit, le pouvoir pulvérisateur est limité et l'extrême division des gouttelettes ne les fait pas se diffuser plus rapidement dans le milieu à humidifier ; en outre, le degré hygrométrique de l'air n'éprouve pas de variation sensible, suivant le mode d'humidification employé : évaporation à air libre ; pulvérisateurs ou appareils à contacts.

M. Dobson<sup>1</sup> a même constaté, par des mesures précises, prises dans le voisinage d'un pulvérisateur, que la vapeur naturelle est plus facilement assimilée que la poussière d'eau produite mécaniquement.

**188. Appareils de rafraîchissement des ateliers.** — Ainsi que nous l'avons dit précédemment, l'endurance du personnel, les jours chauds, est liée, dans une certaine mesure, à l'importance de la ventilation et de l'humidification des locaux.

Si l'on n'emploie que la ventilation naturelle, la température des ateliers est presque toujours, en été, légèrement plus élevée que celle de l'extérieur, puisqu'elle subit l'influence de la chaleur dégagée par le personnel et les machines en mouvement ;

<sup>1</sup> *Mémoires* 1894,-95,-97. Congrès international d'hygiène de Rouen.



aussi, certains jours, est-elle pénible et devient-il nécessaire d'employer la ventilation artificielle afin d'envoyer mécaniquement dans les locaux une abondante quantité d'air.

Cette ventilation est surtout efficace, si l'on peut, avant de distribuer cet air, le faire circuler dans les caves, sous-sols, et dans le calorifère éteint (ce qui évite l'oxydation des parois).

Il est encore avantageux, — sauf quand le genre de fabrication impose à l'air un faible degré hygrométrique, — d'ajouter à la ventilation l'effet d'un humidificateur de grande surface : appareil Garlandat, Kœchlin, en sparterie ; ou ceux à empilage de briques poreuses, du système Mehl.

Cet emploi simultané de la ventilation et de l'humidification, semble donner, à l'heure actuelle, les résultats les meilleurs et les plus pratiques, surtout si les parois des ateliers sont assez imperméables pour ne pas laisser pénétrer, à l'intérieur, la chaleur d'insolation.

Certes, l'abaissement de la température est peu considérable, au plus, de 2 à 4° sur l'ambiance ; mais il paraît suffisant pour soulager le personnel travaillant et nous ne croyons pas qu'il faille provoquer un abaissement plus important. Les appareils frigorifiques qui sembleraient devoir être employés pour cela, assèchent l'atmosphère par la condensation des vapeurs qui se produit contre leurs parois, ce qui est non seulement nuisible au personnel ouvrier, mais interdit l'emploi de ces appareils dans les usines où l'on traite les textiles.

Quand il s'agit de locaux un peu vastes, ils sont insuffisants ; seraient-ils plus puissants et pourraient-ils abaisser, par exemple, de 10 à 12°, la température des salles de travail, que nous hésitions à conseiller de s'en servir. On ne saurait, les jours extrêmement chauds, résister au désir d'avoir de plus en plus de fraîcheur et on risquerait d'établir, entre l'extérieur et l'intérieur, une différence de température telle, que toute entrée ou sortie, serait dangereuse à la santé. Sous le prétexte d'apporter une amélioration au bien-être de l'ouvrier, on ne ferait qu'ajouter une cause de plus à sa réceptivité pour les affections pulmonaires.



## CHAPITRE IX

### CONSTRUCTION D'USINES. — APPLICATIONS

Nous avons construit, ces dernières années, un certain nombre d'usines que nous nous sommes efforcés de placer dans les meilleures conditions d'hygiène et de sécurité.

Nous allons en décrire quelques-unes, prises comme types, et nous indiquerons les améliorations successives que nous avons apportées à leurs dispositions et à leurs aménagements. L'utilité de ces améliorations nous a été peu à peu démontrée par l'étude économique concernant la construction des bâtiments et le fonctionnement de l'outillage, et par la recherche des moyens propres à augmenter la sécurité et le bien-être du personnel ouvrier.

A côté des renseignements généraux sur la construction et l'outillage de ces usines, nous mettrons en relief la recherche des éléments de calcul de leur chauffage et de leur ventilation.

Ces calculs déterminent :

1° La quantité de chaleur et le volume d'air de ventilation qui doivent être fournis pour compenser les pertes par les parois et le renouvellement d'air des locaux à chauffer ;

2° L'importance du matériel de chauffe et de ventilation qui doit suffire pour maintenir, à peu près constante, la température des salles de travail, aussi bien pendant l'été, que dans les jours les plus froids.

---

Les bâtiments en rez-de-chaussée, qui sont beaucoup plus perméables que les bâtiments en étages, subissent tout particulièrement, pendant la saison chaude, les influences des variations de la température ; à l'insolation des parois, vient s'ajouter la chaleur émise par le personnel et parfois celle des marchandises en trai-



tement. Aussi, certains jours de l'année, malgré l'ouverture de châssis d'aération, le séjour dans ces ateliers est-il pénible.

C'est pour cela que, bien que la ventilation des ateliers fût encore regardée, en 1891, plutôt comme un article de luxe que comme une nécessité, nous avons été appelés à étudier, à cette époque, un système de ventilation et d'humidification dans un tissage de soierie, à Saint-Paul en Cornillon (Loire).

Le fonctionnement de ces appareils avait surtout pour but de relever le degré hygrométrique de l'air et d'abaisser, en même temps, la température des salles de tissage, pendant les grosses chaleurs.

Pour que cette ventilation pût s'effectuer toute l'année, nous avons dû réchauffer l'air de ventilation, pendant l'hiver, en nous servant des chaleurs inutilisées des générateurs.

Ces premières dispositions n'ont pas donné tous les résultats qu'on en attendait, elles étaient d'ailleurs assez rudimentaires ; on a dû les modifier et les compléter, dans les usines construites ultérieurement, au fur et à mesure de l'expérience acquise.

**189. Tissage de Saint-Paul en Cornillon.** — Le local à ventiler était une salle de tissage de soierie, en rez-de-chaussée, formée d'une série de petites nefs accolées, avec toitures à deux pentes, de 5,25 m. de portée, reposant sur colonnes.

Surface de la salle à ventiler. . . . .	3 175 m <sup>2</sup>
Volume — — . . . . .	44 500 m <sup>3</sup>

Le chauffage de cette salle existait depuis la construction de l'usine, en 1882 ; il était à vapeur à haute pression, et comportait trois rangées longitudinales de tuyaux en fonte, à ailettes concentriques de 60/170, d'une longueur totale de 190 mètres, et 65 mètres de tuyaux lisses de 80 millimètres. Ces tuyaux étaient suspendus par des étriers, aux charpentes de la salle, à une hauteur moyenne, au-dessus du sol, de 2,30 m.

(Fig. 66). La ventilation nouvelle a été assurée par un ventilateur à force centrifuge A, de 0,80 m. de tambour, pouvant refouler 42 000 mètres cubes d'air à l'heure, sous une pression de 10 millimètres d'eau.

Pour qu'il soit moins froid, l'air aspiré, en hiver, passe d'abord



dans une conduite en tôle C, de 0,75 m. de diamètre, disposée en fer à cheval et plongée dans la galerie M, d'évacuation des gaz

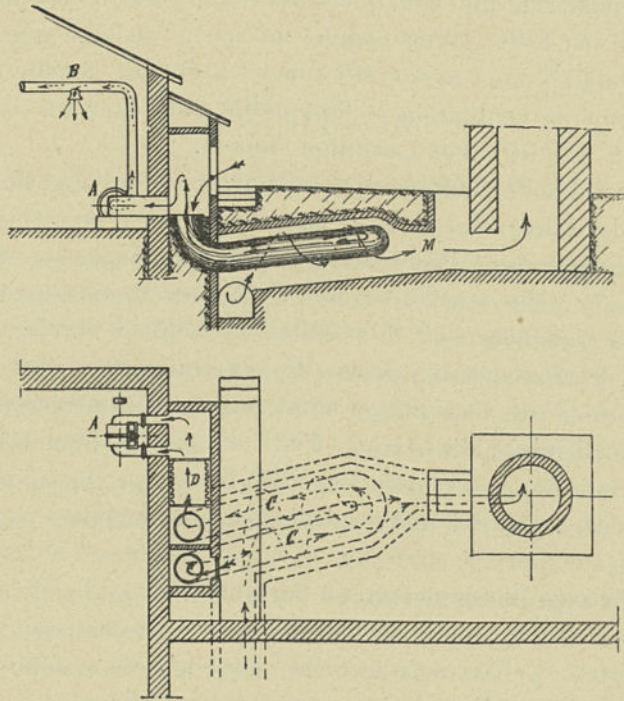


Fig. 66.

chauds, allant des générateurs à la cheminée de l'usine; puis ensuite, dans un humidificateur.

En été, des registres font passer l'air directement dans cet humidificateur.

L'air est refoulé dans une conduite en tôle galvanisée, de section décroissante, qui longe une des parois de la salle de tissage et dont le diamètre est de 650 millimètres, au départ, et 200 millimètres, à l'autre extrémité. Cette conduite comporte 13 tuyaux cylindriques de sortie d'air, de 200 millimètres, espacés de 5,25 m. et placés au centre de chacune des travées du bâtiment.

Le volume d'air affluent est de 12 000 mètres cubes :  $3\,600 = 3,350 \text{ m}^3$  par seconde.

Ce débit correspond à une vitesse de 10 mètres, à l'entrée des tuyaux de refoulement et de 8 mètres, à la sortie des tuyères.



L'humidificateur D se compose d'une série de toiles en sparterie, à larges mailles, formant dix écrans, d'une surface totale de 18 mètres carrés, au travers desquelles l'air est obligé de passer avant de se rendre dans le ventilateur.

Ces toiles sont humectées par une distribution d'eau supérieure au moyen de laquelle on règle le degré hygrométrique de l'air, en augmentant ou en diminuant la quantité d'eau affluente et en mouillant un plus ou moins grand nombre d'écrans.

190. Usine de Vizilles. — Fabrique de soieries construite en 1893, comprenant : Une seule salle de tissage et de dévidage, à chauffer, ventiler et humidifier.

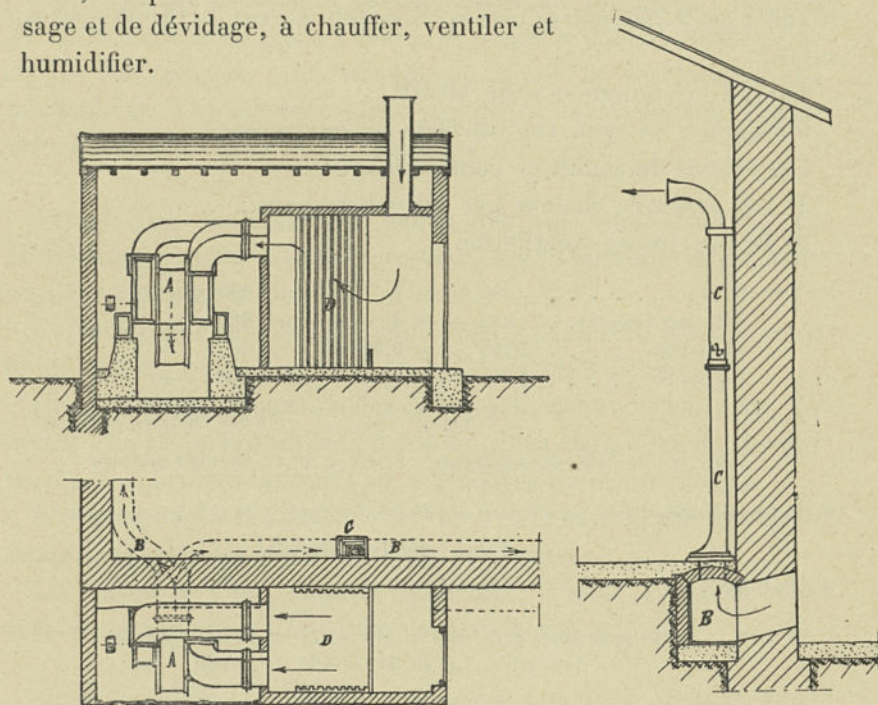


Fig. 67.

Usine en rez-de-chaussée, couverte en sheds, avec charpente en bois sur colonnes en fonte; hauteur sous entrails : 3,60 m. Le voligeage est recouvert de carton bitumé sur lequel repose la tuile ; les plafonds sont sur lattis ; les vitrages simples, en verres martelés. Les murs, en moellons, ont 0,50 m. d'épaisseur.



L'orientation des bâtiments est Est-Ouest ; les vitrages étant tournés au Nord.

Températures prévues : à l'intérieur 16° ; à l'extérieur, un minimum de — 10. Plus grande différence, 26°.

Le chauffage à vapeur installé est à moyenne pression, il se compose de tuyaux lisses suspendus aux charpentes par des étriers.

Le ventilateur et l'humidificateur ne fonctionnent que l'été (fig. 67) ; on humidifie, en hiver, avec de la vapeur.

*Calculs de chauffage.* — La surface approximative de la salle à chauffer est 2 750 mètres carrés. Son volume est de 13 000 mètres cubes.

Travail mécanique moyen, 40 HP.

Personnel, environ 140 ouvriers ou ouvrières.

Les calculs du chauffage comprennent :

1° Les pertes de chaleur par refroidissement ;

2° Les pertes par ventilation.

(N° 108) 1° Murs. . . . .	680 m <sup>2</sup> × 2	cal. = 1 360 calories.
Vitrages simples.	820 — × 4	— = 3 280 —
Planchers. . . . .	2 750 — × 0,98	— = 2 700 —
Plafonds . . . . .	2 750 — × 0,84	— = 2 300 —
		Total . . . . . 9 640 calories par degré.

Pour 26° de différence extrême : 9 640 × 26 = 250 600 calories.

2° Pertes par ventilation, pour 0,15 Q = 13 000 m<sup>3</sup> × 0,15 × 26 × 0,307 = 15 500 cal.

Total : 266 100 calories.

à déduire :

(N° 107).	240 personnes à 77 cal. = 240 × 77 = 48 000 calories.
	Travail = 1/2 40 HP × 630 = 12 600 —
	Total . . . . . 30 600 calories.
	Différence . . . . . 235 500 calories.

Le chauffage à vapeur est composé de radiateurs de 180 millimètres de diamètre, raccordés par des tuyaux de 50 millimètres, qui partent d'un collecteur muni d'un détendeur de vapeur. Ce dernier abaisse la pression de la vapeur à 4 kilogrammes par centimètre carré, correspondant à 150°.



La surface de chauffe totale est de 175 mètres carrés.

Un mètre carré de tuyaux, dans ces conditions, doit laisser passer :  $\frac{760 \text{ cal. } (150^\circ - 16^\circ)}{84} = 1\,220$  calories (n° 96).

Soit au total :  $1\,220 \times 175 = 215\,000$  calories, quantité un peu faible.

Le rapport de la surface de chauffe au volume, est de, 175 : 13 000 = 1/75, rapport aussi un peu faible, surtout pour une usine en pays de montagne ; mais on a compté, pour parfaire la différence, sur le chauffage supplémentaire donné par l'éclairage au gaz de cette usine :

Cet éclairage est assuré par 300 becs de 100 litres, débitant 30 mètres cubes de gaz à l'heure, et pouvant donner  $5\,000 \times 30 = 150\,000$  calories, soit, suivant la durée de l'éclairage, une moyenne de 30 à 40 000 calories par heure, qui viennent s'ajouter aux 215 000 calories du chauffage.

*Ventilation.* — L'air est fourni par un ventilateur A, de 10 000 mètres cubes à l'heure, installé, avec l'humidificateur, dans un petit bâtiment extérieur.

Ce ventilateur refoule l'air dans deux galeries B, placées sous le sol, le long des murs Nord et Sud de la salle de tissage.

Ces galeries sont surmontées de buses C, avec bouches d'air, au nombre de 18, se faisant face deux par deux dans l'axe de chaque travée. Ces tuyères lancent l'air à 3 mètres au-dessus du sol.

L'évacuation, à l'extérieur, de l'air vicié, se fait par quelques ouvertures latérales fermées par des persiennes.

La vitesse de l'air, dans le collecteur, atteint 10 mètres par seconde et 8 mètres, à la sortie des bouches d'air.

*Humidification.* — L'air aspiré, avant son entrée dans le ventilateur, passe au travers d'un humidificateur D, semblable à celui de la précédente usine ; il est formé par dix écrans ayant une surface totale de 30 mètres carrés.

Comme nous l'avons indiqué précédemment, la ventilation ne fonctionne pas en hiver, l'humidification est assurée, dans cette saison, par de la vapeur. Cette disposition a donné lieu à quelques



mécomptes : courant décembre 1893, par des froids secs, le dégagement d'électricité par les frottements des organes mécaniques a été tel, qu'il faisait se hérissier les brins de soie, à leur passage dans certaines machines et rendait le travail difficile.

Ces dégagements étaient surtout importants entre les purgeurs et les tambours des ourdissoirs ; il fallut disposer des contacts pour écouler l'électricité produite.

Il eût été préférable d'humidifier l'atmosphère, sans le secours de la vapeur qui augmentait plutôt la tension électrique du milieu ; malheureusement, cette humidification n'était possible qu'avec l'aide de la ventilation à l'air froid ; que le personnel ne pouvait supporter.

**191. Usine de Faverges (Savoie).** — Tissage de soieries construit en 1896 et comprenant une grande salle de métiers à tisser et d'ourdissoirs, qui doit être chauffée, ventilée et humidifiée.

Cette usine est couverte par une toiture en sheds, avec charpente en bois montée sur colonnes ; les vitrages sont simples, en verres martelés. Les murs, de 0,50 m. d'épaisseur, sont en béton de gravier. L'orientation des bâtiments est de l'Est à l'Ouest ; les vitrages étant tournés au Nord.

Température intérieure + 16°, température minimum extérieure — 14°. Différence 30°.

Le chauffage à vapeur à haute pression est composé de tuyaux lisses suspendus aux charpentes. La ventilation et l'humidification ne fonctionnent que l'été.

*Transmission d'énergie.* — Chacun des métiers à tisser et des ourdissoirs contenus dans le bâtiment construit, est actionné par un petit moteur triphasé, monté sur articulation, de 1/3 à 1/2 HP, marchant à la tension de 110 volts ; il tend, par son poids, une courte courroie donnant le mouvement au métier.

La force motrice commandant l'outillage est fournie par une machine à vapeur, à détente variable et condensation, qui actionne une génératrice triphasée de 60 kilowatts et son excitatrice.

*Calculs de chauffage.* — Surface de la salle à chauffer : 1 200 mètres carrés. Volume approximatif : 6 000 mètres cubes.



Personnel : 100 ouvriers et ouvrières.

Travail absorbé : 20 HP.

1° Pertes par refroidissement :

(N° 118) Murs . . . . .	710 m <sup>2</sup> × 2	cal. = 1 420 calories.
Vitrages simples . . . . .	315 — × 4	— = 1 260 —
Planchers . . . . .	1 200 — × 0,98	— = 1 680 —
Plafonds. . . . .	1 200 — × 0,84	— = 1 000 —
	Total . . . . .	4 180 calories, par degré.

Pour 30° de différence de température,  $4\,180 \times 30 = 125\,400$  cal.

2° Pertes par ventilation :  $6\,000 \times 0,15 \times 30 \times 0,307 = 8\,500$  —

Total . . . . . 134 300 cal.

(N° 107). A déduire : 100 pers. =  $100 \times 77 = 7\,700$

Tm. =  $1/2 \ 20 \times 630 = 6\,300$

14 000

Différence . . . . . 140 300 calories par heure.

Le chauffage comporte 98 mètres carrés de tuyaux de 220 mil limètres de diamètre ;

Et 14 mètres carrés de tuyaux de 50 et 70 millimètres.

Pression moyenne, 5,500 kg., correspondant à 161°.

Nombre de calories, par mètre carré de tuyaux, =  $\frac{760(161 - 16)}{84}$   
= 1 320 calories (n° 96).

Au total,  $112 \text{ m}^2 \times 1\,320 = 147\,700$  calories, compensant largement les pertes.

Le rapport entre la surface de radiation, et le volume à chauffer est de  $100 : 6\,000 = 1/60$ , qui est plutôt élevé, mais que l'on a cru devoir maintenir, l'usine étant installée en pays froid.

*Ventilation.* — Elle fonctionne au moyen d'un ventilateur de 8 000 mètres cubes à l'heure, soit, 1,400 m<sup>3</sup> par seconde, qui envoie l'air dans un collecteur placé sous le sol, le long du mur Sud de la salle à ventiler. Sur ce collecteur, sont branchées des buses verticales qui débouchent dans chacune des travées des bâtiments, à 3,50 m. au-dessus du sol.

La vitesse de l'air atteint 10 mètres par seconde, dans le collecteur, et 8 mètres, à la sortie des bouches d'air.



L'évacuation de l'air vicié se fait par des ouvertures latérales, fermées par des persiennes.

Comme dans l'usine précédente, avant son entrée dans le ventilateur, l'air passe au travers d'un humidificateur composé de toiles en sparterie, d'une surface approximative de 15 mètres carrés.

**192. Modifications ultérieures.** — Les dispositions de ventilation et d'humidification qui ont été appliquées aux usines que nous venons de décrire, étaient une amélioration sensible par rapport à celles où la ventilation n'était effectuée que par l'ouverture des portes et quelques châssis ou cheminées d'aération ouverts en été.

Elles présentaient cependant des imperfections :

1° Le chauffage, assuré par les appareils à vapeur répartis dans les salles de travail, avait les inconvénients qui ont été signalés dans le paragraphe n° 140.

2° La ventilation à l'air froid augmentait les courants d'air glacé qui se forment au contact des vitrages, et était mal supportée, en hiver, par le personnel qui l'avait apprécié en été. On fut obligé, pendant la mauvaise saison, de supprimer cette ventilation et on perdit ainsi le bénéfice de l'aération des ateliers ;

3° L'humidificateur ne pouvant fonctionner en l'absence de ventilation, le degré hygrométrique de l'air était maintenu par un apport de vapeur vive qui augmentait la tension électrique de l'atmosphère, et rendait parfois difficile le travail des textiles.

Ces nouvelles dispositions ne remplissaient donc pas complètement le rôle qui leur était assigné, car elles n'assuraient pas la ventilation des ateliers, pendant la mauvaise saison, lorsqu'elle eût peut-être été la plus utile ; à ce moment, toutes les issues de passage à l'air étant closes, pour éviter des déperditions de chaleur.

Dans nos premiers essais, nous avons pu nous convaincre que la ventilation s'appliquait aussi bien au renouvellement de l'air, qu'au transport de calories, et que, dans les locaux industriels, il était relativement facile de réunir, aux appareils de pulsion et à l'humidificateur qui avaient donné quelques résultats, un chauffage pouvant élever la température de l'air, avant son entrée et sa répartition dans les ateliers. Aussi, lors de la construction du tissage de soieries de Chabons, où toute latitude nous avait été laissée



pour l'emploi et le groupement du chauffage, de l'humidification, et de la ventilation, avons-nous adopté la solution du transport de la chaleur, par l'air de circulation.

Ce principe étant admis, l'échauffement préventif de l'air de ventilation nous a conduit à changer son mode de distribution :

Il paraissait rationnel, tant au point de vue économique que pour obtenir l'égalité de température dans les diverses couches de l'atmosphère, de distribuer cet air par de multiples orifices inférieurs, plutôt que de le lancer horizontalement, par quelques bouches de grande section, à la partie supérieure des locaux à ventiler. Avec ce mode de distribution, l'air chaud se mélangeait moins aux produits viciés des salles de travail ; il aidait, au contraire, en raison de sa légèreté relative, à leur mouvement ascensionnel vers les orifices d'évacuation.

D'un autre côté, la distribution de l'énergie électrique semblait, à l'époque où s'est créée cette dernière usine, vouloir entrer dans la pratique courante. On commençait à entrevoir, comme prochaine, la suppression, dans un certain nombre d'établissements industriels, des moteurs à vapeur et de leurs chaudières, ce qui obligeait à prévoir des générateurs spéciaux pour l'alimentation des chauffages à vapeur.

Ces diverses considérations orientèrent notre attention du côté des calorifères à air chaud :

L'étude de quelques-uns de ces calorifères, — installés antérieurement pour un service d'apprêts, dans une fabrique de tulle, — nous avait convaincu que le discrédit dans lequel, à une certaine époque, ils étaient tombés, tenait plus à ce qu'on s'était servi d'appareils mal conçus, irrationnels, qu'au principe lui-même, et que ce calorifère peut rendre d'excellents services, lorsqu'on prend les précautions élémentaires que nous avons indiquées au chapitre traitant du chauffage (n° 155).

Des divers types de calorifères à air chaud existants, nous avons choisi l'appareil à étages, de Michel Perret, en lui apportant quelques modifications.

Ce calorifère, réglé convenablement, fournit l'air de ventilation, de 60 à 65°, à la sortie de l'utilisateur. Cet air, assurant l'alimen-



tation de locaux dont la température est ordinairement comprise entre  $16^{\circ}$  et  $20^{\circ}$ , laisse une marge qui permet de modifier ces températures, dans une mesure assez grande, par la manœuvre des registres de sortie. Cet appareil est simple, ses chargements n'ont lieu qu'à de longs intervalles et il ne nécessite pas de praticien spécial pour assurer sa marche et son entretien ; il fonctionne jour et nuit et on ne le laisse éteindre qu'à la fin de la saison froide. Enfin, ayant un rendement élevé et brûlant du combustible pauvre, s'il est convenablement étudié, il est beaucoup plus économique de fonctionnement qu'un calorifère à vapeur de même puissance.

C'est une batterie de ces appareils, combinée avec un ventilateur à force centrifuge et un humidificateur, que nous avons installée dans l'usine que nous allons décrire.

193. Usine de Chabons. — Tissage de soieries construit en 1898 (fig. 68), comprenant :

Magasins B, bureaux C, salles de préparations D et de tissage A ;

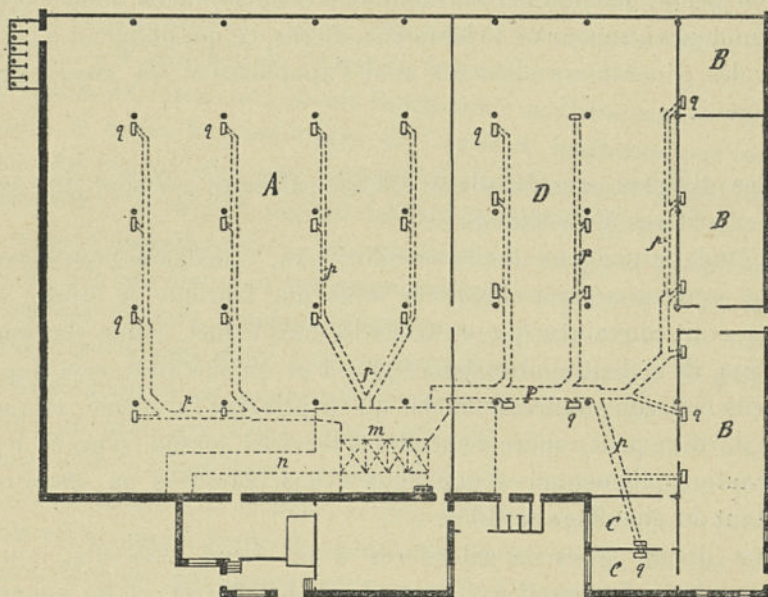


Fig. 68.

qui sont à chauffer, ventiler et humidifier ; à ces bâtiments sont jointes une cité et quelques maisons ouvrières.



Usine en rez-de-chaussée, avec toiture en sheds, composée d'une charpente en fer avec fermes, dont la hauteur sous entrants est de 3,50 m.

La couverture est en chevrons-planches recouverts d'un voligeage recevant une feuille de carton bitumé, sur laquelle est fixée la tuile.

Plafonds en panneaux de liège aggloméré, avec enduit au plâtre ; doubles vitrages, l'extérieur en verre martelé, l'intérieur en verre simple, posés sur deux châssis séparés.

Murs en moellons de 0,50 m. d'épaisseur.

L'orientation est sensiblement Est-Ouest, les vitrages tournés vers le Nord.

Température à l'intérieur, 17° ; minimum à l'extérieur, — 13°. Soit 30° de différence.

Ventilation mécanique dont l'air passe au travers d'un chauffage à air chaud et d'un humidificateur. L'été, ce dernier marchant à l'eau froide, sert à rafraîchir l'air.

*Calculs de chauffage :*

Surface approximative du bâtiment : 3 200 mètres carrés.

Volume à chauffer :

Salle de tissage, 8 000 mètres cubes.	}	15 000 m <sup>3</sup> .
Préparations, 4 500 mètres cubes.		
Services et magasins, 1 800 mètres cubes.		
Bureaux, 700 mètres cubes.		

Travail mécanique moyen, 45 HP.

Personnel, environ 240 ouvriers et ouvrières.

Comme dans les usines précédentes, le chauffage doit compenser :

1° Les pertes par refroidissement :

(N° 108). Murs de 0,50. . . . .	1 100 m <sup>2</sup> × 2	cal. = 2 200 calories.
Vitrages doubles . . . . .	950 — × 2,2 —	= 2 100 —
— simples . . . . .	20 — × 4 —	= 80 —
Toitures garnies de liège	3 200 — × 0,54 —	= 1 700 —
Planchers . . . . .	3 200 — × 0,98 —	= 3 100 —
		9 180 cal. par degré.

Pour 30° de différence extrême = 9 180 × 30 = 275 000 calories à l'heure.

2° Les pertes par ventilation (n° 108), 25 p. 100 = 69 000 —

Total des pertes. . . . . 344 000 calories à l'heure.



A déduire :

$$\begin{array}{r} \text{(N° 107).} \quad 240 \text{ personnes} = 240 \times 77 = 18\,400 \text{ calories.} \\ \text{Tr. 45 HP} = 1/2 \, 45 \times 630 = 14\,600 \text{ —} \\ \hline 33\,000 \text{ calories.} \end{array}$$

Différence à compenser. . . 314 000 calories à l'heure.

D'après les essais effectués, la température de l'air, sortant de la chambre chaude du calorifère, varie de 60° à 65°.

Le poids de l'air insufflé est :

$$\text{(N° 124)} \quad \frac{P}{(65 - t) 0,237} = \frac{314\,000}{(65 - 17) 0,237} = 27\,000 \text{ kg. d'air.}$$

Si, pour ne pas compliquer les calculs, l'on ne tient pas compte de la dilatation de l'air, son volume sera :

$$27\,500 : 1,293 = 21\,000 \text{ m}^3.$$

Le ventilateur choisi est du type aspirant et soufflant, débitant 20 000 mètres cubes à l'heure, à la pression de 10 millimètres d'eau.

Le nombre de calorifères à installer peut être déterminé par deux moyens :

1° Par la surface des parois de l'utilisateur.

Cette surface est donnée par l'expression :

$$\text{(N° 110).} \quad S = P' : 2\,800 = 314\,000 : 2\,800 = 110 \text{ m}^2.$$

correspondant à 3 ou 4 appareils de 30 mètres carrés de surface de contact.

2° Par la quantité de combustible brûlé, les jours froids, quand la température est la plus basse.

La température de l'air à son introduction étant — 13°, et, à sa sortie, 65°, les appareils de chauffe devront être capables de fournir :

$$20\,000 \text{ m}^3 (65 + 13) 0,237 \times 1,293 = 480\,000 \text{ cal.}$$

Le combustible employé, poussier d'antracite de la Mure, peut développer, pertes comprises, environ 4 000 calories par kilogramme.

La dépense à l'heure sera donc :

$$480\,000 : 4\,000 = 120 \text{ kg.}$$

Pendant une moyenne de marche active qui peut être compléée à treize heures par jour, la combustion journalière maxima sera :

$$120 \times 13 = 1\,560 \text{ kg.}$$



Chaque appareil de  $1,25 \text{ m}^2$  de surface de dalles, pouvant brûler de 3 à 500 kilogrammes de combustible par jour, trois appareils auraient pu à la rigueur suffire ; ultérieurement, on en a monté un quatrième, pour parer à tout aléa.

*Ventilation.* — La prise d'air du ventilateur s'alimente par une gaine d'aspiration débouchant sur la toiture de l'usine.

L'air refoulé pénètre dans l'humidificateur, puis, traverse un réchauffeur spécial<sup>1</sup> formé de deux longs tubes en tôle autour desquels circulent les gaz, produits de la combustion des chaudières, qui se rendent à la cheminée.

Cet air passe ensuite autour des calorifères, pour atténuer leur rayonnement, et s'introduit dans les chambres de chauffe, au sortir desquelles il parcourt les branchements de distribution et se répand dans les divers ateliers.

Pour le chauffage de nuit, un canal de circulation est disposé entre la conduite d'aspiration du ventilateur et celle de refoulement, à l'entrée des calorifères. La circulation s'établit au contact des parois de l'utilisateur maintenues à haute température par les foyers qui continuent leur combustion.

Un registre rétablit ou interrompt cette circulation thermique, à l'arrêt ou au départ du ventilateur.

*Distribution d'air.* — Les galeries de distribution d'air sont établies au-dessous du sol ; elles sont formées de parois en briques entourées de béton et leur section va diminuant à partir du calorifère. Elles comportent, sur leur longueur, 30 bouches de chaleur réparties dans les divers ateliers ; ces bouches sont conformes à celles du n° 175.

Dans les galeries de distribution, dont la somme des sections est  $1,80 \text{ m}^2$ , la vitesse de l'air est d'environ 3 mètres par seconde. Aux bouches de chaleur, dont la section totale atteint  $8,40 \text{ m}^2$ , la vitesse de sortie n'est plus que de 0,66 m.

*Humidificateur.* — Cet appareil est semblable à ceux déjà décrits ; il comporte 10 écrans, en toile de sparterie, ayant une surface de 30 mètres carrés environ, humectés par une distribution d'eau placée à la partie supérieure du système.

<sup>1</sup> Ce réchauffeur n'est utilisé qu'en hiver.



En été, l'air circulant dans les gaines des sous-sols, et dans l'humidificateur, se rafraîchit par l'évaporation d'une certaine quantité d'eau, et par son contact avec les parois des caves.

*Transmission d'énergie.* — Dans la salle de tissage, les métiers sont actionnés isolément, par de petits moteurs triphasés de  $1/4$  à  $1/3$  de HP ; l'atelier de préparations est mu par des transmissions commandées par des moteurs du même système. La tension de marche de ces moteurs est de 110 volts.

La force motrice est produite par une machine à vapeur, à détente variable et à condensation, qui commande directement un alternateur triphasé de 80 kilowatts et son excitatrice, ainsi qu'une dynamo à courant continu pour alimenter une partie de l'éclairage.

Comme l'eau est en quantité insuffisante pour le service de la condensation, elle est refroidie dans un réfrigérant à jets d'eau pulvérisée (n° 20).

Cette première installation a été complètement remaniée en 1903 ; la machine à vapeur et l'alternateur ont été mis au repos, et la force motrice distribuée à l'usine par un courant triphasé, sous haute tension, fourni par la Société de Fure et Morge.

Le groupe moteur est utilisé seulement en cas d'accident au courant extérieur ; il a été remplacé par un transformateur abaissant à 110 volts aux moteurs, la tension de distribution du courant électrique.

*Éclairage.* — L'éclairage des ateliers est assuré, partie par une dynamo à courant continu de 6 000 watts et une batterie d'accumulateurs de 150 ampères-heure, cet ensemble alimentant 60 lampes à incandescence et 8 lampes à arc de 12 ampères placées dans l'atelier des préparations ; et partie, par le courant triphasé qui alimente 155 lampes à incandescence, dont 123 pour les métiers à tisser.

Les canalisations à courant continu sont suspendues aux charpentes et celles à courant triphasé sont montées sur des traverses en bois placées sous le sol, dans des caniveaux recouverts de tôles striées.

**194. Améliorations nouvelles.** — Ces dernières installations présentent un réel progrès sur les précédentes ; cependant, au cours des essais de marche, l'observation de certaines difficultés de fonc-



tionnement nous a fait apporter immédiatement ou préparer, pour l'avenir, de nouvelles améliorations :

1° L'appareil réchauffeur placé dans la galerie de passage des gaz de combustion du générateur a été supprimé ; c'était une complication qui ne donnait que de bien maigres résultats, si toutefois elle en donnait. Ce réchauffeur était d'ailleurs difficile à surveiller et s'oxydait rapidement ; il pouvait s'y produire des fissures qui auraient fait communiquer les deux milieux. Si les chaudières sont bien proportionnées, l'échange de température entre les gaz chauds et l'air de ventilation, doit se faire au détriment de la chaleur développée par les foyers.

2° Aux trois calorifères de l'installation primitive qui s'étaient montrés, dans certains cas, insuffisants, on en a ajouté un quatrième. Cette insuffisance, qui a été surtout sensible au début de leur marche, avant que l'ensemble ne soit complètement sec, provenait principalement de ce que les galeries de distribution d'air, dans l'usine, étaient construites en maçonneries pleines, briques et béton, beaucoup trop perméables à la chaleur.

Dans les installations ultérieures, la maçonnerie de briques a été remplacée par des carreaux de liège aggloméré séparés du béton par une gaine d'air.

3° On a reconnu qu'on pouvait simplifier les charpentes en sheds et supprimer les fermes et leur saillie sur les plafonds. L'ossature de la couverture n'a plus comporté que l'assemblage direct des cadres en fer des vitrages aux chevrons-planches ; le contre-ventement étant assuré par les faitières de tête, les sablières de vitrage et les entretoises des chevrons.

Dans ce dernier système de charpente, les poussées obliques des deux pentes de la toiture sont supportées par un quadrillage de poutres métalliques assemblées entre elles et reposant sur les murs et les colonnes<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Après les essais des moteurs des métiers à tisser, on a constaté que les rendements moyens n'atteignaient que la moitié, à peine, de la puissance fournie pour les alimenter et étaient inférieurs à ceux des transmissions ordinaires, par arbres et courroies. Il a paru préférable, par mesure d'économie, de commander, par le même moteur, un groupe de métiers.

Le fonctionnement par moteurs isolés conservait pourtant sa supériorité, au point de vue de la plus grande régularité du mouvement de la navette et du battant, qui donnait un tissu de meilleur aspect.

Depuis cette époque, de nouveaux moteurs, d'un rendement bien supérieur aux



195. Usine de Charlieu. — Tissage de soieries construit en 1900, comprenant :

Bureaux A, magasins B, préparations C et petite salle provisoire de tissage D (fig. 69).

Usine en rez-de-chaussée, couverte en sheds.

Charpente mixte, fers et bois ; les fermes sont supprimées, les

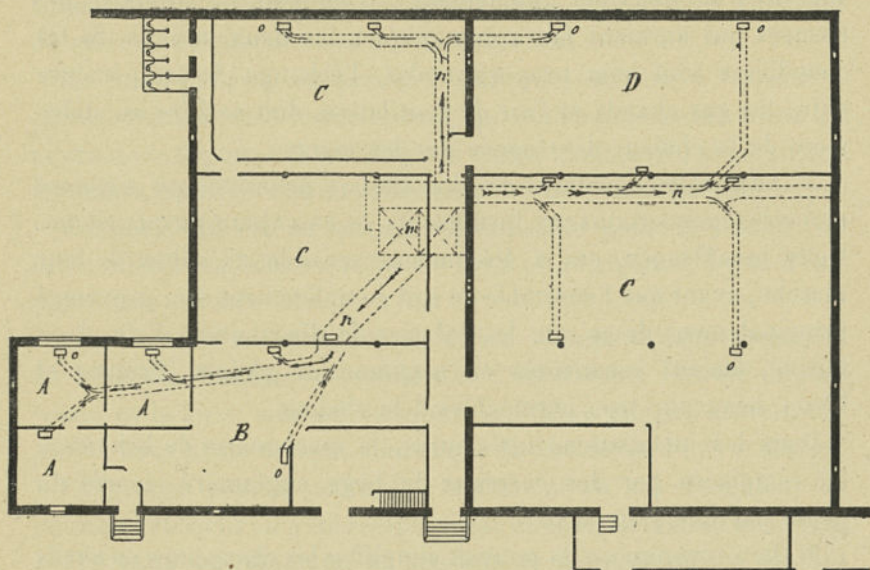


Fig. 69.

chevrons-planches s'assemblent directement aux châssis de vitrages.

Hauteur sous entrails 3,60 m.

Le voligeage est recouvert de carton bitumé sur lequel repose la tuile.

Les plafonds sont en panneaux de liège aggloméré enduits au plâtre.

L'éclairage est assuré par des doubles vitrages : verres simples à l'intérieur, martelés à l'extérieur, montés sur châssis séparés.

Murs en moellons de 0,50 m. d'épaisseur.

L'orientation est sensiblement Est-Ouest, les vitrages tournés au Nord.

anciens, ont été créés par les constructeurs et la commande directe des petits outils, par ces moteurs, peut à nouveau s'envisager.



Température intérieure de 18°, température minima extérieure — 12°. Différence 30°.

Cette usine est pourvue d'une ventilation mécanique, d'un chauffage à air chaud et d'un humidificateur.

Comme force motrice on dispose d'une machine à vapeur, à détente variable et condensation, avec réfrigérant d'eau par jets de pulvérisation (n° 20). Les divers outils sont commandés par des transmissions ordinaires montées sur chaises et paliers graisseurs.

Pour des raisons de commodité d'installation, le ventilateur et l'humidificateur ont été disposés dans la salle de la machine à vapeur et les calorifères en sous-sols.

*Calculs de chauffage.* — Surface approximative des bâtiments : 1 300 mètres carrés.

Le volume à chauffer se décompose en :

Bureaux . . . . .	640 m <sup>3</sup>	} 6,500 m <sup>3</sup> de capacité.
Magasins . . . . .	960 —	
Dévidage, ourdissage et pliage . . .	3 600 —	
Tissage . . . . .	1 300 —	

Personnel, environ 80 ouvriers ou ouvrières.

Tm moyen : 15 HP.

Pertes par refroidissement :

Murs de 0,50 . . . . .	800 m <sup>2</sup> × 2 = 1 600 cal.	} 4 680 cal. par degré.
Vitrages doubles . . . . .	500 m <sup>2</sup> × 2,20 = 1 100 —	
— simples . . . . .	10 m <sup>2</sup> × 4 = 40 —	
Toitures garnies de liège . . . . .	1 280 m <sup>2</sup> × 0,54 = 690 —	
Planchers . . . . .	1 280 m <sup>2</sup> × 0,98 = 1 250 —	

Pour 30° de différence . . . . . = 4 680 × 40 = 140 000 calories.

Pertes par renouvellement de l'air, 25 p. 100 = 35 000 —

Total . . . . . 175 000 calories.

A déduire :

Calories émises par le personnel . 80 × 77 = 6 200 calories.

— — par le Tm . . . 1/2 15 × 630 = 4 200 —

10 400 calories.

Différence : 164 600 calories à l'heure.

Le poids de l'air insufflé est donné par :

$$(N^{\circ} 124) \quad \frac{P'}{(65 - t) 0,237} = \frac{164\,600}{(65 - 18) 0,237} = 14\,800 \text{ kilogrammes d'air.}$$



Volume d'air ;

$$14\ 800 : 1,293 = 11\ 400\ \text{m}^3.$$

Le ventilateur choisi peut débiter, à l'heure, 12 000 mètres cubes d'air.

Le nombre des calorifères peut être obtenu :

1° Par la surface de radiation dans les chambres chaudes ;  
(N° 110)  $164\ 600 : 2\ 800 = 58\ \text{m}^2,$

correspondant à deux calorifères de 30 mètres carrés.

2° Par la quantité de chaleur maxima que doivent fournir les appareils ;

$$11\ 400 (65 + 12) 0,237 \times 1,293 = 270\ 000\ \text{cal.}$$

Le combustible à brûler est du poussier d'antracite des mines de Perrecy développant environ 4 000 calories par kilogramme.

Poids maximum de combustible ;

$$270\ 000 : 4\ 000 = 67\ \text{kg à l'heure.}$$

Pendant 13 heures ;

$$67 \times 13 = 875\ \text{kg}$$

correspondant à un peu moins des deux calorifères qui ont été installés.

*Ventilation.* — L'aspiration du ventilateur est établie dans une gaine s'ouvrant sur la toiture, l'air traverse d'abord le ventilateur, puis l'humidificateur ; il circule autour du calorifère à air chaud *m*, et se rend dans les chambres de chauffe, à la suite desquelles il parcourt les trois galeries *n* de distribution, placées en-dessous du sol des ateliers ; il en sort par 16 bouches *o*, réparties en divers points des locaux à chauffer. Ces galeries ont leurs parois intérieures doublées en panneaux de liège aggloméré.

La vitesse de l'air chaud, dans les conduites, est d'environ 3 mètres par seconde et, à la sortie des bouches, de 0,85 m.

Pour le chauffage de nuit, une communication est ouverte entre la conduite d'aspiration du ventilateur et celle de refoulement, vers l'entrée des calorifères. Un registre supprime cette circulation, à la mise en route du ventilateur.

*Humidificateur.* — Cet appareil, semblable à ceux précédemment décrits, comporte 6 toiles doubles en sparterie, d'une surface totale de 30 mètres carrés, avec distribution d'eau pour les humecter.



*Éclairage.* — L'éclairage est assuré par une dynamo à courant continu de 6 000 watts, sous 120 volts, et une batterie d'accumulateurs de 150 amp.-heure, dont la tension de charge varie au moyen d'un survolteur.

Il comprend 8 lampes à arc, de 10 ampères chacune, et 56 lampes à incandescence.

#### 196. Résultats de marche.

*Chauffage.* — Pendant l'hiver 1902-1903, la marche des chauffages a été régulière et les calorifères ont consommé, du 1<sup>er</sup> septembre au 1<sup>er</sup> mai, pendant 252 jours, 48 000 kilogrammes de poussières d'antracite des mines de Perreoy, qui ont coûté 15,20 fr. la tonne, rendue à l'usine.

Au cours de l'hiver suivant, 1903-1904, la dessiccation des murs, sous-sols et gaines étant à peu près complète, on n'a chauffé que pendant 181 jours et il a été consommé 43 000 kilogrammes du même combustible.

*Humidification et rafraîchissement.* — En été, après son passage dans l'humidificateur, l'air est envoyé dans les sous-sols, dont la température est sensiblement moindre que celles du dehors.

Le passage de l'air dans cette cave et l'évaporation d'une certaine quantité d'eau de l'humidificateur, ont, malgré la chaleur émise par le personnel et le travail mécanique, légèrement abaissé la température des salles de travail.

Dans l'un des jours les plus chauds de l'été 1903, la température extérieure, à l'ombre, atteignait 30°; à l'intérieur, elle n'était plus que de 27°,5, avec un degré hygrométrique de 80°, correspondant à 62 p. 100 de tension de vapeur d'eau.

197. Usine de Villeurbanne. — Agrandissement d'une usine de fabrication de tulles, pour y installer un service spécial d'apprêts, avec chauffage et ventilation (fig 70).

Cet agrandissement comporte :

Une salle d'apprêts R, devant être maintenue à 35°;

Une salle d'impressions S, devant être maintenue à 25°;

Un pliage T, devant être maintenu, en hiver, à 18°.

La température minima extérieure est de — 12°.



Cette nouvelle partie de l'usine est en rez-de-chaussée, couverte en sheds à des niveaux différents.

La charpente est en fer ; le voligeage est recouvert de carton bitumé sur lequel est posée la tuile.

Dans les salles d'apprêts, un plafond plat vitré ferme la partie inférieure du triangle du shed. La hauteur sous plafond est 3,60 m.

Les murs, en moellons et briques, ont 0,50 m. d'épaisseur.

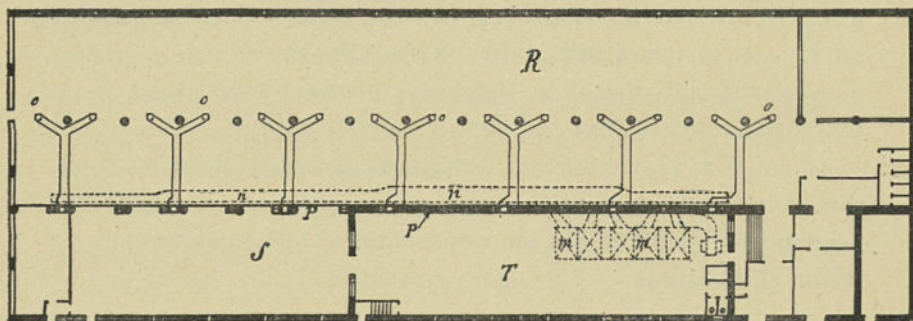


Fig. 70.

L'orientation des bâtiments est sensiblement Est-Ouest ; les vitrages sont tournés au Nord.

Un ventilateur à force centrifuge envoie l'air de ventilation dans des calorifères à air chaud à gradins ; il n'y a pas d'humidificateur. Des registres modifient le volume et la température de l'air insufflé, suivant la qualité des marchandises traitées.

*Calculs de chauffage.* — La surface approximative des bâtiments à chauffer est de 1 800 mètres carrés.

Le volume à chauffer :

Salle d'apprêts à 35° . . . . .	4 600 m <sup>3</sup> .	} 7 500 m <sup>3</sup> .
— d'impression à 25° . . . . .	1 200 —	
— de pliage à 18° . . . . .	1 700 —	

Personnel de 120 ouvriers ou ouvrières, pas de travail mécanique.

a) Pertes par refroidissement de la salle d'apprêts ;

$$\text{Différence } 35 + 12 = 47^{\circ}.$$



Murs extérieurs . . . . .	$800 \text{ m}^2 \times 2 \text{ cal.} \times 47 =$	75 000 calories.
Différence avec la salle d'impression : $35 - 25 = 10^\circ$ .		
Mur de séparation . . . . .	$105 \text{ m}^2 \times 2 \times 10 =$	2 100 —
Différence avec la salle de pliage : $35 - 18 = 17^\circ$ .		
Mur de séparation . . . . .	$225 \times 2 \times 17 =$	7 700 —
Plafonds doubles réchauffés : $1\,260 \text{ m}^2 \times 0,30 \times 47 =$		17 800 —
Planchers . . . . .	$1\,260 \text{ m}^3 \times 0,98 \times 47 =$	58 000 —
Total . . . . .		460 600 calories.
Pertes par ventilation, 25 p. 100 . . . . .		40 000 —
Total des pertes dans la salle d'apprêts.		<u>200 600 calories.</u>

## b) Pertes dans la salle d'impression :

$$\text{Différence : } 25 + 12 = 37^\circ.$$

Murs extérieurs . . . . .	$110 \text{ m}^2 \times 2 \times 37 =$	8 400 calories.
Différence avec la salle de pliage : $25 - 18 = 7^\circ$ .		
Mur de séparation . . . . .	$25 \text{ m}^2 \times 2 \times 7 =$	350 —
Différence avec l'apprêt : $25 - 35 = -10^\circ$ .		
Mur de séparation . . . . .	$105 \text{ m}^2 \times 2 \times -10 =$	-2 400 —
Plafonds doubles . . . . .	$240 \times 0,54 \times 37 =$	4 800 —
Plancher . . . . .	$240 \times 0,98 \times 37 =$	8 700 —
Total des pertes . . . . .		19 850 calories.
Pertes par ventilation . . . . .		4 950 —
Total des pertes de l'impression.		<u>24 800 calories.</u>

## c) Pertes dans la salle de pliage :

$$\text{Différence : } 18 + 12 = 30^\circ.$$

Murs extérieurs . . . . .	$110 \text{ m}^2 \times 2 \times 30 =$	6 600 calories.
Différence avec l'impression : $18 - 25 = -7^\circ$ .		
Mur de séparation . . . . .	$25 \times 2 \times -7 =$	-350 —
Différence avec l'apprêt : $18 - 35 = -17^\circ$ .		
Mur de séparation . . . . .	$225 \times 2 \times -17 =$	-7 650 —
Plafonds doubles . . . . .	$330 \times 0,54 \times 30 =$	5 350 —
Plancher . . . . .	$330 \times 0,98 \times 30 =$	9 700 —
Total des pertes . . . . .		13 650 calories.
Pertes par ventilation . . . . .		3 450 —
Total des pertes par la salle de pliage .		<u>17 100 calories.</u>

Total général :  $a + b + c = 242\,500$  calories par heure.

Si l'on compte que la température moyenne des salles est de  $31^\circ$ , la chaleur à fournir par kilogramme d'air sera :

$$(65 - 31) 0,237 = 7,80 \text{ cal.}$$



Quantité d'air de ventilation :

$$242\,500 : 7,80 = 31\,000 \text{ kg.}$$

Volume :

$$31\,000 : 1\,293 = 24\,000 \text{ m}^3.$$

Le ventilateur choisi est du type aspirant et soufflant de 24 000 mètres cubes à l'heure.

Les appareils de chauffe à installer devant fournir la température à des opérations d'apprêts, il faut leur donner une certaine élasticité en augmentant sensiblement les surfaces radiantes, que l'on peut alors calculer par :

$$S = P' : 2\,000 = 242\,500 : 2\,000 = 121 \text{ m}^2 \text{ d'utilisateurs}$$

correspondant à environ 4 appareils.

En faisant les calculs, d'après le maximum de chaleur à fournir :

$$24\,000 (63 + 12) 0,237 \times 1,293 = 570\,000 \text{ calories.}$$

Le combustible dégageant 4 000 calories par kilogramme, il faudra :

$$570\,000 : 4\,000 = 143 \text{ kg à l'heure.}$$

Pour 13 heures de marche active :

$$143 \times 13 = 1\,860 \text{ kg.}$$

La combustion journalière étant environ de 400 kilogrammes par appareil, ce chiffre correspond à un peu plus de 4 calorifères ; on a jugé prudent d'en monter cinq et de préparer la place pour un sixième.

*Ventilation.* — Les volumes d'air à répartir sont sensiblement proportionnels aux pertes de chaleur dans chaque local.

Ces volumes peuvent être évalués à :

Salle d'apprêts, 19 500 mètres cubes à l'heure ;

Salle d'impression, 2 700 — —

Salle de pliage, 1 800 — —

Ces quantités ne sont qu'approximatives ; on les fait varier, au moyen de registres, suivant les besoins.

Dans ces divers locaux, l'air, pour des raisons non de ventilation hygiénique, mais de répartition de température, suit une marche inverse de celle qui lui était donnée dans les usines pré-



cédentes ; il est refoulé à la partie supérieure des salles à chauffer, retombe en les traversant de haut en bas, puis s'évacue par des orifices placés très peu au-dessus du sol.

Le ventilateur aspire, à l'extérieur, l'air qu'il refoule dans les calorifères *m*, puis dans un collecteur horizontal *n*, de section décroissante, d'où partent des gaines verticales d'air chaud placées dans le mur médian *P*, mitoyen entre la salle

d'apprêts et celles de pliage et d'impression (fig. 70, 71, 72 et 73).

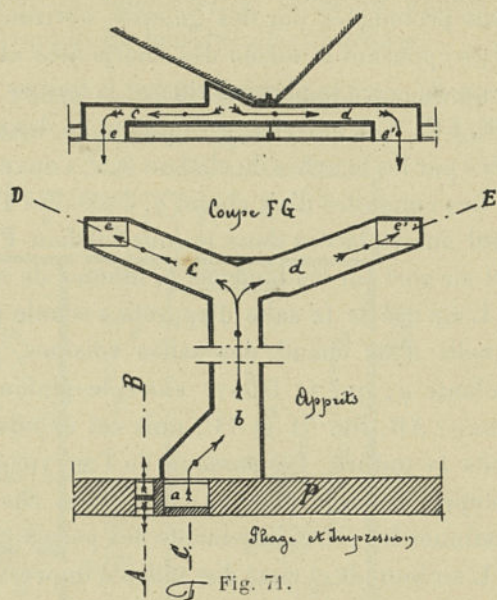


Fig. 71.

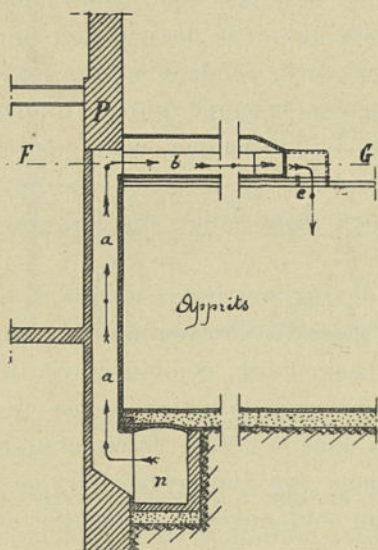


Fig. 72.

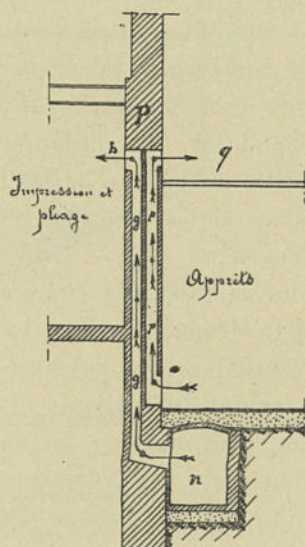


Fig. 73.

La salle d'apprêts étant d'une grande largeur, les conduites



d'air chaud, *a*, qui la desservent, placées dans le mur médian P, sont prolongées par des galeries horizontales *b*, en panneaux de liège épousant la forme des charpentes et disposées dans l'espace compris entre le plafond vitré et la toiture (fig. 71 et 72, coupe CD, DE, FG). Ces galeries se ramifient en deux branches, *c* et *d*, terminées par les bouches de chaleur *e*, *e'* s'ouvrant dans le plafond vitré.

Les conduites d'air chaud *g*, des salles d'impression et de pliage, sont aussi placées dans le mur médian P (fig. 73 et coupe AB); cet air sort par les bouches *h*, munies de registres à persiennes.

L'air usé de la salle d'apprêts s'écoule par la gaine *p*, contiguë à celle d'air chaud des salles voisines, pénètre dans l'enceinte isolante *q*, qui se trouve entre le plafond vitré et la charpente (coupe AB, fig. 71 et 73), puis est expulsé par des orifices placés dans la toiture. Le passage de l'air vicié au travers de l'espace compris entre le plafond vitré et les charpentes, a pour effet de diminuer les refroidissements des parois supérieures.

L'air humide et vicié des salles d'impression et de pliage s'écoule directement à l'extérieur.

*Régime de marche.* — Afin d'éviter la dessiccation trop rapide des étoffes, ou leur rendre la souplesse que cette dessiccation leur avait fait perdre, il est parfois nécessaire, pendant le cours des opérations d'apprêtage, que non seulement la température du milieu soit modifiée, la ventilation ralentie ou suspendue, mais encore que cette ventilation puisse faire retour sur elle-même en aspirant, dans les salles d'apprêts, l'air partiellement saturé qui les avait traversées.

Pour faciliter ces changements de régime, une conduite spéciale a été ménagée entre la salle d'apprêts et le canal d'aspiration du ventilateur. L'ouverture de cette conduite, combinée avec le mouvement de registres et la marche plus ou moins intense des foyers, peut produire des variations dans la vitesse de circulation de l'air, dans sa température et dans son état hygrométrique; suivant que les orifices d'aspiration sont ouverts ou fermés, et que l'air est pris à l'intérieur ou à l'extérieur des salles d'apprêts.

Par cet exposé, on comprendra facilement que, d'après les modifications qui peuvent être apportées au régime de distribu-



tion de l'air et à sa constitution, l'industriel fera varier le degré hygrométrique de cet air et sa température, selon les genres d'appareils imposés par la diversité des marchandises à traiter.

198. Usine de Bourg-le-Péage. — Fabrication de chapeaux de feutre. Agrandissement d'une usine dont la première partie avait

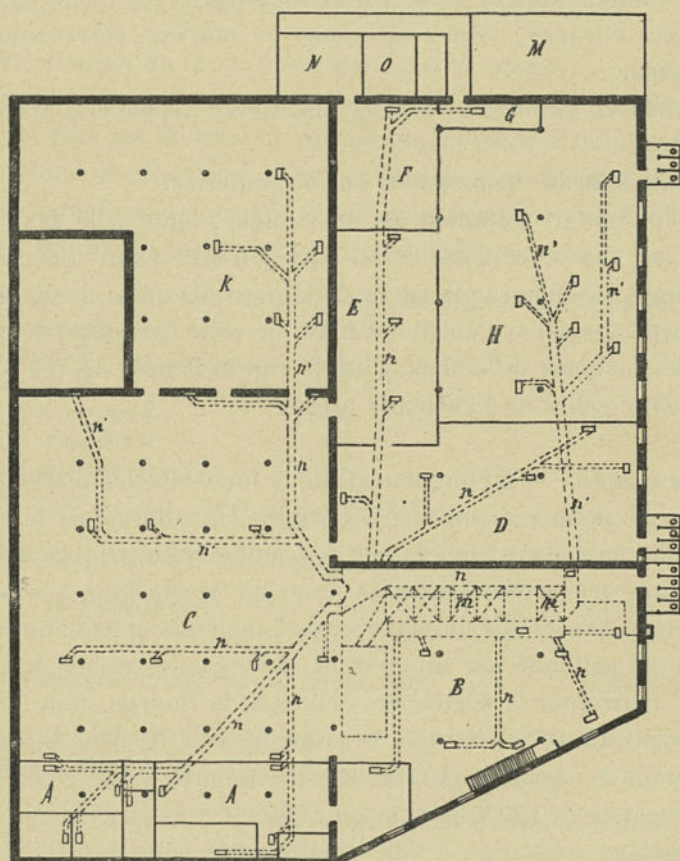


Fig. 74.

été construite, avec chauffage à vapeur, sans ventilation, en 1884 (fig. 74).

Cet agrandissement comporte diverses salles dont les conditions de chauffage et de ventilation sont différentes. Il n'y a pas d'humidificateur<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Un humidificateur a été ajouté à l'installation, pendant l'été de 1904.



Dans certains ateliers, on a installé des appareils spéciaux pour l'enlèvement des buées et l'expulsion des poussières dégagées par les outils en marche.

Usine en rez-de-chaussée, couverte par des sheds. Charpente mixte, comme la précédente; sur le voligeage, un carton bitumé reçoit la tuile. Hauteur sous entrails, 3,80 m.

Doubles vitrages; verres extérieurs en martelé, verres simples à l'intérieur.

Plafonds en panneaux de liège aggloméré recouverts d'enduit au plâtre.

Murs de 0,50 m. d'épaisseur, en maçonneries.

L'orientation du bâtiment est quelconque, mais celle des charpentes est exactement Est-Ouest; les vitrages étant tournés au Nord. Dans la plus grande partie de la nouvelle usine, la direction des charpentes est sensiblement à 45° de celle des murs, ce qui a présenté quelques difficultés pour le raccordement de ces charpentes avec celles de l'ancienne usine.

*Force motrice.* — L'éloignement de la force motrice placée dans les anciens ateliers a imposé, à l'origine, la solution de la commande des nouveaux ateliers par des moteurs électriques dépendant d'une génératrice triphasée mue par la machine à vapeur.

Plus tard, l'ensemble du matériel de l'ancienne et de la nouvelle usine a été actionné par un courant électrique extérieur, à haute tension, fourni par la société des chutes de la Bourne, dont l'usine motrice est située à environ 70 kilomètres de là. A ce moment, la machine à vapeur a eu son service remplacé par celui d'un transformateur de 120 kilowatts, qui réduit la tension de 2000 volts, du secondaire extérieur, à 220 volts adoptés pour la marche des moteurs électriques.

Cette machine à vapeur, dont le rôle est devenu celui de secours, en cas d'arrêt du courant, fonctionne cependant tous les jours d'hiver, pour assurer l'éclairage, en actionnant une dynamo à courant continu.

Le courant triphasé, loué à forfait, correspond, à l'entrée de l'usine, à 80 HP suffisants pour la marche totale, sans l'éclairage. Si celui-ci était fourni par une transformation du courant extérieur,



la force totale, à louer, devrait être de 120 HP ; ce qui obligerait l'industriel à payer sa fourniture de courant, pour une durée de 3 à 400 heures d'éclairage par an, moitié en plus de ce qu'il paie actuellement. Cette combinaison est d'autant plus économique que, dans cette usine, pour les besoins de la fabrication, on doit avoir constamment des générateurs à vapeur sous pression.

*Distribution de la température dans les ateliers.* — La surface approximative de la nouvelle partie de l'usine est de 2 100 mètres carrés. Elle est divisée en un certain nombre d'ateliers dont les conditions de chauffage et de ventilation sont différentes, suivant le personnel qui les occupe et les opérations qui y sont effectuées.

Les locaux à chauffer et ventiler sont les suivants :

Bureaux A, d'une capacité de : 1 400 m <sup>3</sup> , maintenus à la température de 18°.				
Garnissage B	—	2 300	—	18°.
Magasins C	—	4 300	—	18°.
Ponçage D	—	1 650	—	16°.
Contre-maitres E	—	1 040	—	18°.
Salle d'apprêts F	—	290	—	16°.
Sèche de chapeaux G	—	110	—	35°.

Soit, au total, 11 090 m<sup>3</sup> de capacité.

En été, aux salles ci-dessus, vient s'ajouter la ventilation de :

Bichonnage H . . . . .	2 400 m <sup>3</sup> .
Presses K . . . . .	2 200 —

Capacité totale à ventiler en été. . . . . 45 390 m<sup>3</sup>.

Divers ateliers doivent recevoir une ventilation spéciale pour l'enlèvement des vapeurs ou poussières ; ce sont :

Salle d'apprêts F.	290 m <sup>3</sup> , évacuation de vapeurs d'alcool.
Dressage M . . .	400 — — de buées de vapeur d'eau.
Relavage N . . .	150 — — — —
Vaporisation O . .	125 — — de chaleur humide.
Ponçage D . . . .	1 650 — — de poussières.

Le personnel total de ces nouveaux ateliers est d'environ 250 ouvriers ou ouvrières, dont 110 dans le garnissage.

Dans les salles à chauffer, le travail mécanique est négligeable.

*Calculs de chauffage.* — La température, en hiver, descend rarement au-dessous de — 10°.



Comme la température intérieure, dans la plus grande partie des locaux, est maintenue à 18°, la différence extrême est de 28°.

Pertes de chaleur :

Murs de 0,50 . . . . .	720 m <sup>2</sup> × 2	= 1 440 cal.	} 6 856 cal.
Vitrages doubles . . . . .	450 — × 2,20	= 990 —	
— simples . . . . .	300 — × 4	= 1 200 —	
Toitures garnies de liège. . . . .	2 100 — × 0,54	= 1 130 —	
Planchers . . . . .	2 100 — × 0,98	= 2 060 —	
Portes et volets. . . . .	18 — × 2	= 36 —	
Pour 28° de différence. . . . .	6 856 × 28	= 192 000 calories.	
Pertes par renouvellement de l'air, 25 p. 100 =	48 000	—	
Total . . . . .		240 000 calories.	

A déduire, le calorique émis par le personnel : 16 000 —

Total des pertes. . . . . 224 000 calories à l'heure.

La chaleur, par kilogramme d'air sortant du calorifère, est de :

$$(65 - 18) 0,237 = 11,20 \text{ cal.}$$

Quantité d'air à fournir à l'heure :

$$224\ 000 : 11,20 = 20\ 000 \text{ kg.}$$

Volume de l'air :

$$20\ 000 : 1,293 = 15\ 500 \text{ m}^3.$$

Cette quantité d'air doit être répartie, dans les divers locaux, proportionnellement à leur capacité et à leur température, à l'exception du garnissage où travaille un personnel nombreux qui impose une ventilation plus intense.

Bureaux . . . . .	Capacité : 1 400 m <sup>3</sup> .	Température 18°..	1 800 m <sup>3</sup> d'air.
Garnissage. . . . .	— 2 300 —	— 18°..	3 050 <sup>1</sup> —
Magasins . . . . .	— 4 300 —	— 18°..	5 650 —
Ponçage. . . . .	— 1 650 —	— 16°..	1 850 —
Contremaitres . . . . .	— 1 040 —	— 18°..	1 320 —
Apprêts . . . . .	— 290 —	— 16°..	330 —
Sèche des chapeaux	-- 110 —	— 18°..	150 <sup>2</sup> —

Dans la salle de garnissage, le volume d'air, par heure, a été porté à 40 mètres cubes par tête, soit 4 400 mètres cubes ; ce qui donne, en hiver, dans cette salle, un léger excès de température parfaitement supporté par le personnel qui y travaille à peu près immobile.

Le nombre de calorifères à installer se détermine soit, en cal-

<sup>1</sup> A augmenter.

<sup>2</sup> A surchauffer.



culant la surface des parois des chambres de chauffe, soit, en évaluant la quantité maximum de chaleur à fournir :

Dans le premier cas, afin de tenir compte de l'excès de ventilation de la salle de garnissage :

$$S = P' : 2500 = 97 \text{ m}^2.$$

correspondant à environ trois appareils.

Dans le second cas, la quantité de chaleur que devront fournir les calorifères est donnée par :

$$15500 (65 + 10) 0,237 \times 1,293 = 355\,000 \text{ calories à l'heure.}$$

Le combustible employé est du poussier d'anthracite des mines de la Mure, qui développe environ 4 000 calories par kilogramme.

Il faudra, par heure :

$$355\,000 : 4\,000 = 90 \text{ kg.}$$

En treize heures de marche active par jour :

$$90 \times 13 = 1\,170 \text{ kg.}$$

Trois calorifères peuvent assurer cette consommation ; on en a cependant installé un quatrième, afin de faire face à tout aléa.

Pour la sèche des chapeaux, qui nécessite une température d'environ 35 à 40°, soit une surchauffe de 20°, le volume d'air envoyé, par heure, est de 150 mètres cubes, auxquels il faut donner :

$$150 \times 20 \times 0,307 = 930 \text{ calories supplémentaires.}$$

Pour les fournir, on a placé, à l'entrée du local, dans la gaine d'arrivée de l'air chaud, un poêle à vapeur, de 1,25 m<sup>2</sup> de surface, qui peut fournir sensiblement :

$$\frac{1,25 \times 760 \times (150 - 40)}{84} = 1\,250 \text{ calories à l'heure,}$$

quantité plus que suffisante, qu'il est toujours facile de modifier par l'action du robinet d'arrivée de vapeur.

*Ventilation.* — Le ventilateur et le chauffage sont établis dans des sous-sols. L'aspiration se fait, comme dans les précédentes installations, par une prise d'air au-dessus des toitures.

*Ventilation d'hiver.* — L'air est refoulé, par un ventilateur, dans les chambres de chauffe ; il circule ensuite dans les galeries *n* (fig. 74), qui le distribuent aux divers ateliers. Ces galeries ont leurs parois intérieures garnies de panneaux de liège aggloméré.

Le chauffage de nuit est assuré par un conduit qui aboutit, d'un



côté, aux magasins, et, de l'autre, à la canalisation d'air placée entre le ventilateur et les calorifères.

Une circulation constante s'établit par l'excès de température de ces derniers; l'air pris dans les magasins, puis réchauffé, est renvoyé dans l'usine par les distributions diverses.

Un registre sert à supprimer cette circulation, à la mise en route du ventilateur.

*Ventilation d'été.* — La capacité des locaux à ventiler, en été, atteint 15 300 mètres cubes, par l'adjonction du bichonnage et des presses; la ventilation doit y être très active, une partie des ateliers contenant des appareils chauffés au gaz et à la vapeur.

On a prévu un mouvement d'air atteignant 34 000 mètres cubes à l'heure, et correspondant à plus de deux renouvellements complets.

Le ventilateur choisi est un appareil à force centrifuge, de 1,20 m. de diamètre de turbine, qui peut débiter ce volume en tournant à 600 tours.

En hiver, par une diminution de cette vitesse et la fermeture partielle des registres du canal d'aspiration, on réduit la quantité d'air à 16 000 mètres cubes environ.

Pour assurer les vitesses d'hiver et d'été, ce ventilateur est actionné par un moteur triphasé portant deux poulies de diamètres différents.

*Tableau* indiquant les quantités d'air envoyé dans les différentes salles, pendant les saisons d'hiver et d'été, ainsi que les vitesses de cet air et les sections de passage.

	QUANTITÉ D'AIR D'HIVER		QUANTITÉ D'AIR D'ÉTÉ		SECTION des gaines au départ. dcm <sup>2</sup>	VITESSE DE L'AIR DANS LES GAINES		SECTION TOTALE des bouches de sortie. m <sup>2</sup>	VITESSE DE L'AIR A LA SORTIE	
	par heure.	par sec.	par heure.	par sec.		hiver.	été.		hiver.	été.
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		m.	m.		m.	m.
Bureaux . . . . .	1 800	0,500	2 950	0,820	22	2,30	3,75	1,00	0,51	0,82
Garnissage . . . . .	4 400	1,220	6 400	1,780	42	2,90	4,25	2,50	0,50	0,71
Magasins . . . . .	5 650	1,560	9 000	2,500	65	2,50	3,85	3,50	0,47	0,72
Ponçage . . . . .	1 850	0,510	3 500	0,970	23	2,30	4,20	1,25	0,41	0,77
Contremaitres . . . . .	1 320	0,370	2 200	0,610	18	2,05	3,40	0,75	0,50	0,82
Apprêts . . . . .	330	0,092	600	0,165	5	1,90	3,30	0,25	0,37	0,65
Sèche des chapeaux . . . . .	150	0,042	150	0,042	5	0,84	0,84	0,25	0,20	0,20
Bichonnage . . . . .	—	—	4 200	1,260	30	—	3,90	1,00	—	1,16
Presses . . . . .	—	—	5 000	1,400	45	—	3,20	1,25	—	1,12
	15 500	4,294	34 000	9,437	—	—	—	—	—	—



La vitesse de sortie de l'air, dans les ateliers, est assez faible pour que le personnel n'en soit pas incommodé ; elle est augmentée, dans les ateliers de bichonnage et de presses qui sont surchauffés en été par leur outillage.

L'évacuation de l'air usé s'opère par des gaines verticales placées dans les murs et débouchant sur les toitures. Ces gaines sont pourvues de deux orifices, l'un, disposé un peu au-dessus du sol, l'autre, sous les plafonds ; ils sont munis de registres de fermeture.

**199. Résultats de marche.** — Pendant l'hiver 1903-1904, où, en plus du maintient de la température normale des ateliers, le chauffage a dû coopérer à la sèche des sous-sols, des galeries et des bâtiments nouveaux, il a été consommé, dans les calorifères, 80 000 kilogrammes de poussières d'antracite de la Mure, coûtant 15,50 fr. la tonne, rendue à l'usine. Les calorifères sont restés allumés, en plus ou moins grand nombre, suivant la température extérieure, pendant 184 jours, à partir du 10 octobre 1903.

*Combustion par mètre cube de local chauffé.* — Le volume total à chauffer est, pour la partie nouvelle de l'usine de Bourg-le-Péage, de 11 090 mètres cubes.

Le combustible brûlé, par saison, 80 000 kilogrammes.

Par mètre cube de capacité chauffée : 7,250 kg.

Aux usines de Charlieu, dont nous avons indiqué les résultats de marche (n° 196), pendant ce même hiver, la dépense de combustible a été de 43 000 kilogrammes de poussier d'antracite, pour une capacité à chauffer de 6 100 mètres cubes.

Combustible par mètre cube de capacité chauffée : 7 kilogrammes.

Les conditions climatériques étant moins favorables à Charlieu qu'à Bourg-le-Péage, la différence entre les deux combustions doit provenir de la chaleur employée à la dessiccation des maçonneries fraîches, dans cette dernière usine.

On peut donc compter, dans les hivers moyens, par mètre cube d'atelier en sheds à chauffer et par année, sur une dépense inférieure à 7,500 kg. de combustible, de capacité calorifique de 4 000 calories environ par kilogramme ; le renouvellement de l'air oscillant autour d'une fois à une fois et demie la capacité de ces locaux.



*Comparaisons économiques des chauffages à vapeur et à air chaud.* — La comparaison directe entre le coût des deux systèmes de chauffages, par unité de capacité à chauffer, a été assez facile à établir dans les usines de Bourg-le-Péage; toute l'ancienne usine, chauffée à la vapeur, ayant été alimentée par un générateur exclusivement appliqué à cet usage. Pendant ce même hiver 1903-1904, les conditions d'établissement, ainsi que le volume à chauffer de l'ancienne et de la nouvelle usine, étant sensiblement les mêmes<sup>1</sup>, le chauffage à vapeur a coûté près du double de celui à air chaud. Ce dernier procurait, en outre, l'avantage, très apprécié pendant les grands froids, de tenir jour et nuit les ateliers à une température sensiblement constante.

On peut d'ailleurs se rendre compte des avantages économiques du chauffage à air chaud sur le chauffage à vapeur, en calculant les dépenses des deux systèmes, d'après les données établies dans le courant de cet ouvrage.

Le coût du combustible, dans un chauffage à air chaud, par mètre cube chauffé et par saison, est sensiblement :

$$\frac{7,500 \text{ kg.} \times 15,50}{4\,000} = 0,416 \text{ fr.}$$

Dans le cas de chauffage à vapeur, en supposant ses éléments établis dans des conditions habituelles :

Un diamètre de radiateurs de 180 mm., le rapport 4 à 70, entre la surface de radiation et le volume chauffé, la température intérieure maintenue à 18°. Si la vapeur est fournie à 4 kilogrammes = 151°, pendant une moyenne de 10 heures par jour, — ce qui est souvent inférieur à la réalité —;

Par mètre cube de capacité, la surface radiante sera :

$$1 \text{ m}^3 : 70 = 0,0143 \text{ m}^2,$$

pouvant donner :

$$\frac{760 (151-18) 100}{84} = 1200 \text{ cal. par m}^2 \text{ de radiateur,}$$

et  $0,0143 \times 1200 = 17,2 \text{ cal. par m}^3 \text{ à chauffer et par heure.}$

En 184 jours de chauffe :

$$184 \times 17,2 \times 10 = 32\,000 \text{ cal.,}$$

<sup>1</sup> Dans l'ancienne usine, les vitrages sont simples et les plafonds enduits sur lattis; dans la nouvelle, si les vitrages sont doubles et les plafonds enduits sur panneaux de liège, par contre, la dessiccation des maçonneries n'était pas complète, lors des essais.



correspondant à environ :

$$\frac{32\,000}{550 + 50} = 53 \text{ kg. d'eau vaporisée,}$$

auxquels il faut ajouter les condensations des conduites à l'arrivée et au départ, les pertes des joints et des robinets ; soit 10 p. 100.

Totalité de la vapeur =  $53 + 5 = 58$  kilogrammes, équivalente à :

$$58 : 6,5 = 8,900 \text{ kg. de houille ;}$$

chiffre peu supérieur à celui du combustible employé dans les calorifères à air chaud, mais d'un prix beaucoup plus élevé, atteignant 28,50 fr. la tonne, rendue à l'usine.

Le prix du chauffage à vapeur, rapporté au mètre cube chauffé et à la saison, sera donc de :

$$\frac{8\,900 \times 28,50}{4\,000} = 0,252 \text{ fr.}^1$$

plus du double de celui à air chaud.

**200. Usine des Avenières.** — Fabrication de chaussures, comprenant : bureaux, magasins et salles diverses de travail (fig. 75).

Au moment de la préparation de cet ouvrage, l'usine, qui vient d'être construite, n'étant pas complètement aménagée, nous ne pourrions qu'indiquer les grandes lignes de son étude.

Cette usine est en rez-de chaussée, couverte par des sheds, avec une charpente mixte, fer et bois, reposant sur des colonnes fonte et des murs latéraux.

Les fermes ont été supprimées par l'assemblage direct des chevrons et des châssis de vitrage.

Hauteur sous les poutres, 3,80 m.

Les vitrages sont simples, en verre martelé ; les murs sont en béton de graviers de 0,50 m. d'épaisseur.

Le voligeage de la couverture est recouvert de carton bitumé sur lequel sont posées les tuiles.

Plafonds ordinaires, au plâtre sur littelage.

L'orientation est sensiblement Est-Ouest, les vitrages étant tournés au Nord.

<sup>1</sup> En employant des doubles vitrages et des plafonds à panneaux de liège, il pourrait y avoir, de ce chef, environ 12 p. 100 d'économie, ce qui ramènerait le coût du chauffage à vapeur à 0,220 fr.



La température intérieure doit être  $+ 17^{\circ}$ , et la température minimum extérieure,  $- 13^{\circ}$ . Différence  $30^{\circ}$ .

Il a été prévu une ventilation mécanique, par pulsion, dont l'air tra-

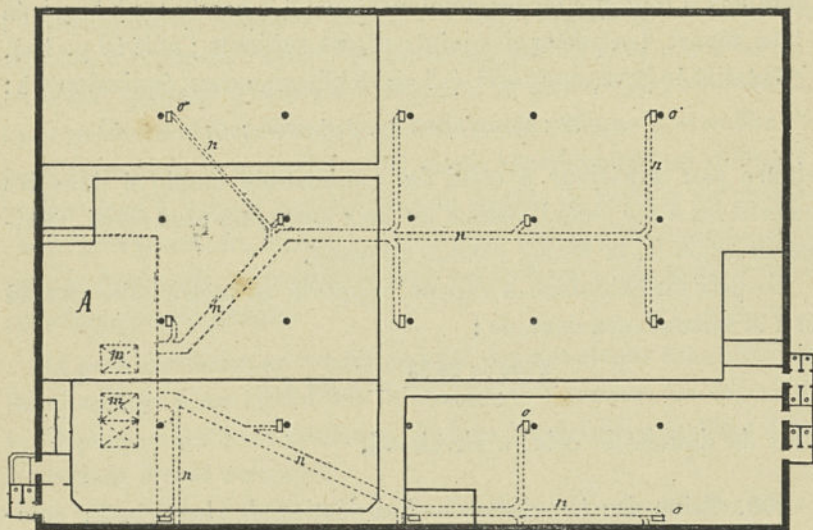


Fig. 75.

verse les calorifères  $m$ , à air chaud, en étages. Pas d'humidificateur.

Les appareils de ventilation et de chauffage sont installés dans un sous-sol voûté A, latéral au mur Nord et construit en même temps que l'usine.

*Calculs de chauffage.* — La surface totale des locaux est de 3 200 mètres carrés.

Le volume à chauffer et ventiler est approximativement 16 000 mètres cubes.

Personnel d'environ 150 ouvriers et ouvrières.

Travail mécanique moyen, 35 HP.

1° Pertes de chaleur par refroidissement :

Murs de 0,50 . . .	800 m <sup>2</sup> × 2	= 1 600 cal.	} 9 970 cal.
Vitrages simples .	830 — × 4	= 3 320 —	
Toitures . . . . .	3 200 — × 0,60	= 1 920 —	
Planchers . . . . .	3 200 — × 0,98	= 3 130 —	
Pour 30° de différence,	9 970 × 30 =		299 000 calories.

2° Pertes par renouvellement d'air, 20 p. 100 =  $\frac{60\ 000}{—}$

Total . . . . . 359 000 calories.



dont il faut déduire les calories émises :

$$\begin{array}{r} \text{Par le personnel. . . . . } 450 \times 77 = 41\,600 \text{ calories.} \\ \text{— Tm . . . . . } 1/2 \, 33 \times 635 = \underline{41\,200} \text{ —} \\ \hline 22\,800 \text{ calories.} \end{array}$$

Différence : 336 200 calories à l'heure.

La chaleur, par kilogramme d'air sortant des calorifères, est de :

$$(65 - 17) 0,237 = 11,60 \text{ cal.}$$

Poids de l'air à fournir par heure :

$$336\,200 : 11,60 = 29\,000 \text{ kg.}$$

Volume :

$$29\,000 : 1,293 = 22\,500 \text{ m}^3.$$

La capacité du ventilateur installé n'est que 20 000 mètres cubes.

Pour calculer le nombre de calorifères devant être installés, on peut déterminer la surface radiante par l'expression :

$$S = 336\,200 : 2\,800 = 130 \text{ m}^2,$$

correspondant à quatre calorifères ;

ou bien par la quantité de chaleur maximum que doivent fournir les calorifères et qui est donnée par :

$$20\,000 (65 + 13) 0,237 \times 1,293 = 480\,000 \text{ calories.}$$

Le combustible qui sera utilisé dans ces calorifères étant du poussier d'anthracite de la Mure et des déchets de fabrication, on peut compter sur une moyenne de 4 000 calories, par kilogramme de combustible.

La combustion maxima sera de :

$$480\,000 : 4\,000 = 120 \text{ kg. à l'heure.}$$

Pendant treize heures de marche, 1 560 kilogrammes, correspondant à quatre calorifères ; mais, comme une partie de l'usine ne s'utilise pas immédiatement, on n'installe que trois de ces appareils, en laissant la place pour un quatrième.

*Ventilation.* — L'aspiration du ventilateur se fait dans une gaine s'ouvrant sur les toitures.

Une disposition semblable à celles précédemment décrites, aux



usines de Charlieu et de Bourg-le-Péage, est installée pour le chauffage de nuit.

Le volume d'air refoulé par le ventilateur, devant être de 20 000 mètres cubes à l'heure, la section prévue pour les conduits, au départ, vers le calorifère, est de  $1,80 \text{ m}^2$ , ce qui correspond à une vitesse d'air de  $3,50 \text{ m. par seconde}$ . Ces conduits *n* ont leurs parois intérieures doublées en panneaux de liège aggloméré, enduits au plâtre.

L'air est distribué dans les ateliers par 18 bouches de chaleur *o*, dont la section est de  $0,30 \text{ m}^2$  environ. La vitesse de l'air sera sensiblement, à la sortie, de 1 mètre par seconde, ce qui est une vitesse peut-être un peu élevée, mais parfaitement supportable.

Le volume insufflé est le même pendant la saison d'été que pendant la saison d'hiver.

Les orifices d'évacuation de l'air usé communiquent avec des conduits verticaux qui débouchent à l'extérieur.

*Machines motrices et éclairage.* — Le travail mécanique est fourni par un courant électrique extérieur, à haute tension, provenant des usines hydro-électriques du Guiers.

Le matériel électrique comprend un transformateur de 40 kilowatts et 5 moteurs triphasés de différentes puissances, à la tension composée de 190 volts, qui commandent les transmissions par groupes d'outils.

L'éclairage électrique des ateliers est assuré par une dynamo à courant continu actionnée par l'un des moteurs triphasés ; il comprend 4 lampes à arc de 6 ampères et 200 lampes à incandescence.

Si, à la suite d'avarie à la dynamo à courant continu, il se produisait une extinction générale, un certain nombre de lampes branchées sur le circuit-force, permettraient au personnel d'évacuer facilement les salles. Dans le cas d'une extinction de longue durée, le courant triphasé pourrait alimenter la totalité des lampes à incandescence ; sa tension serait alors abaissée, de 190 à 110 volts, par l'emploi d'un fil neutre.



## CHAPITRE X

DE L'ENTRETIEN DES USINES. — CITÉS ET MAISONS OUVRIÈRES

### § 1. — DE L'ENTRETIEN DES USINES

201. — L'industriel, qui entreprend la construction d'une usine dont les dépenses de premier établissement sont considérables et dépassent souvent ses prévisions, est presque toujours tenté, en cours d'exécution, de réduire ces dépenses en faisant des économies sur la construction, se réservant de compléter plus tard ou d'améliorer les travaux primitifs si, comme il l'espère, sa fabrication lui procure des bénéfices. On ne saurait trop le dissuader d'avoir recours à de pareilles pratiques.

Si, dans la construction d'une usine, on ne doit se préoccuper ni du style, ni de la forme, et s'inspirer seulement, pour les dispositions extérieures et intérieures, des nécessités de la fabrication; il ne faut cependant rien y négliger, soit au point de vue de la qualité des matériaux et organes de ses parties constitutives, soit à celui des précautions devant assurer la santé et la sécurité de son personnel.

L'économie que l'on pourrait obtenir en pareilles matières n'est guère qu'une fraction minime de la dépense générale et sera presque toujours chèrement payée dans l'avenir.

L'intérêt primordial, dans une industrie, étant de fabriquer et surtout de fabriquer bien et à bon compte, l'industriel doit concentrer sur ce point toute son attention; elle ne doit être détournée, qu'en cas de nécessité, sur les questions importantes aussi, mais plus spéciales, de l'entretien des ateliers ou la surveillance du matériel et des moteurs. Il est donc d'importance capitale que les divers éléments de la construction de l'usine et le matériel qu'elle contient,



soient exécutés avec tout le soin possible : que l'étanchéité des toitures et des diverses clôtures soit absolue, la lumière et l'air répartis en tous points, et qu'enfin, les moteurs, les organes de transmission, les appareils servant à la fabrication, soient de tout premier ordre. Vouloir faire des économies sur la qualité des matériaux ou de l'outillage, serait s'exposer à suspendre parfois la marche du travail pour procéder à des réparations, qui, très onéreuses en elles-mêmes, auraient encore une fâcheuse répercussion sur la production.

Il est souvent difficile à l'industriel, préoccupé de ses intérêts généraux, de s'intéresser aux questions de détails. Il est obligé de les reléguer au second plan et de confier à des sous-ordres le choix et l'achat des fournitures et accessoires de ses ateliers : courroies, huiles, charbons, etc., de leur abandonner la responsabilité de la surveillance des moteurs, des calorifères, et enfin, l'entretien du matériel et des bâtiments.

Il ne doit cependant pas oublier que la moindre faute ou négligence, en ces matières d'entretien et de choix de fournitures, peut avoir une influence considérable sur la marche de l'usine, l'usure de l'outillage et, par suite, sur la production ; il devra faire tous ses efforts pour s'assurer de temps en temps, par lui-même, qu'aucun de ces points secondaires n'est négligé et que les rapports qui lui sont fournis sur l'entretien et le fonctionnement de l'organisme de ses ateliers, sont exacts.

La concurrence, de plus en plus intense, qui devient l'état normal de toutes les branches de fabrication, oblige l'industriel, s'il veut que son industrie vive et prospère, à veiller aux moindres détails de son organisation et à tirer la quintessence de ses moyens d'action.

**202. De la propreté dans les usines.** — Il ne suffit pas de répandre à profusion, dans les locaux industriels, l'air et l'eau, la chaleur et la lumière ; il faut encore, par une surveillance bien comprise et de judicieuses instructions, faire contracter au personnel des habitudes de propreté, d'ordre et de prudence.

La propreté a, en effet, des rapports directs avec l'hygiène géné-



rale et il faut, pour que celle-ci ait son plein effet, que l'on exerce une surveillance spéciale sur certaines parties des locaux : couloirs, vestiaires, lavabos, où peuvent s'accumuler des ordures, et surtout sur les cabinets d'aisance, dans lesquels trop souvent on jette, au risque de les obstruer, des marchandises détériorées par négligence.

Si l'ordre règne dans l'usine, si toutes choses : matières premières, outils, matériel, etc. sont rangés avec soin et ont leur place marquée, sous la main de celui qui doit s'en servir, l'entretien devient plus facile, les pertes de temps sont évitées et les responsabilités établies.

Les mêmes mesures d'ordre doivent aussi être imposées dans les dégagements et dépendances de l'usine ; on n'y devra constituer aucun dépôt permanent, soit de déchets de fabrication, soit de marchandises avariées, soit enfin, ce qui est le cas le plus fréquent, de vieux bois et ferrailles provenant de démolition de machines ou de transmissions. Tous ces matériaux arrêtent dans les cours l'écoulement des eaux, encombrent les passages et sont une gêne pour la circulation ; de plus, ils se détériorent et perdent de leur valeur.

Il faudra prévoir, dans chaque usine, des greniers ou mieux des hangars dans lesquels sont rangés et étiquetés les vieux matériaux utilisables ; le reste devant être vendu ou transporté aux décharges.

## § 2. — MAISONS OUVRIÈRES

203. — La question des logements ouvriers peut être considérée comme l'une des plus importantes qu'ait soulevé, en ces derniers temps, le développement de l'industrie ; tant au point de vue hygiénique, qu'au point de vue moral et social.

Dans les villes, l'entassement humain a pris un caractère alarmant, il est devenu, pour la société, l'un des plus dangereux périls. Obligées de se concentrer dans des logements trop souvent étroits, où l'air et la lumière sont mesurés avec parcimonie, les masses ouvrières sont devenues la proie facile des maladies contagieuses : tuberculose, variole, etc.

Dans certains logements, l'ouvrier ne peut que passer pour



essayer d'y trouver, la nuit, un peu de repos; toute idée de vie familiale intérieure lui est interdite, il fuit le taudis pour le cabaret et l'alcoolisme vient ajouter ses effets à ceux de la maladie.

En même temps qu'il perd un peu du respect de lui-même, en lui, naît et grandit l'envie contre de plus favorisés; aussi, hygiénistes et moralistes se sont-ils trouvés unis pour chercher des remèdes à ce douloureux état de choses.

Nous ne nous étendrons pas sur ces questions déjà traitées par de plus compétents que nous; nous nous contenterons d'examiner quelques-unes des solutions apportées en France et à l'étranger, qui rentrent plus particulièrement, au point de vue des constructions hygiéniques, dans le cadre de notre ouvrage.

**204. Des maisons ouvrières à l'étranger.** — C'est en Angleterre, semble-t-il, que les résultats obtenus par la collaboration des efforts particuliers et de l'intervention de l'État, sont les plus frappants. C'est là que le mal a été le plus grand et c'est là aussi que les solutions scientifiques ont été le plus tôt appliquées.

Au point de vue hygiénique, on y a été tellement convaincu des rapports directs existant entre l'insalubrité des logements et la mortalité, que le législateur a pris la seconde, comme mesure de la première :

Lorsque la mortalité d'un îlot de maisons dépasse un taux déterminé, l'autorité s'émeut et, à la suite d'une procédure spéciale, prononce la suppression de l'îlot condamné à disparaître pour cause d'insalubrité. C'est ainsi qu'ont été déblayés la plupart des emplacements sur lesquels ont opéré les sociétés de constructions créées à la suite du legs Peabody.

En Allemagne, ce mouvement de construction des maisons ouvrières à bon marché, pour être plus récent, n'en est pas moins actif. On a utilisé, avec un rare bonheur, les ressources des caisses d'assurance, fondées par les lois de 1884 et 1887, pour subventionner des sociétés de constructions pour logements ouvriers.

La formule de ces caisses d'assurance est nettement décentralisatrice; elles soutiennent les efforts des associations privées et des patrons et ne substituent leur action collective à ces actions locales, que lorsqu'il y a nécessité. En fait, elles ne construisent rien elles-



mêmes ; elles ne font pas de prêts aux individus, mais encouragent largement les sociétés de constructions et stimulent les communes, en leur demandant de se constituer comme responsables des engagements pris par les sociétés.

Les capitaux prêtés aux sociétés de constructions rendent un intérêt normal, tout en servant la cause générale du travail.

Le Danemark, la Belgique, l'Autriche-Hongrie ont vu aussi se développer ce mouvement.

Le rapport de M. Georges Picot sur les maisons ouvrières, à l'Exposition de 1900, donne, à ce sujet, d'intéressants détails et montre les résultats accomplis dans cette branche de l'hygiène, tant par l'action individuelle, que par l'action collective ou l'union féconde de toutes les deux.

**205. Des maisons ouvrières en France.** — En France, le mouvement a commencé à Mulhouse, dont les maisons ouvrières forment un ensemble d'habitations que l'on peut considérer comme un modèle.

D'autres organisations, ayant le même but, se sont constituées en suite de la propagande active faite par les Jules Simon, Le Play, Siegfried, etc. ; patrons, sociétés ouvrières, capitalistes, ont réuni leurs efforts pour lutter contre le taudis.

Le législateur est venu en aide aux initiatives privées et la loi de 1894, amendée par celle de 1896, a assuré, à toutes les maisons ouvrières d'une valeur inférieure à un maximum donné, — valeur déterminée par le revenu net imposable de la contribution foncière, — diverses immunités fiscales, avec facilités d'emprunter à certaines caisses publiques.

Par sa circulaire du 3 mars 1897, le ministre du Commerce a invité les Caisses d'épargne à user de la loi de 1893 pour placer leurs fonds disponibles dans les sociétés de construction d'habitations à bon marché.

Une dérogation du droit commun, on pourrait même dire une révolution en matière successorale, a été inscrite dans l'article 8 de la loi de 1894, permettant aux habitations à bon marché d'échapper à la division, à la demande du conjoint ou de l'un des enfants, pendant cinq années après la mort du propriétaire.



Un grand nombre d'industriels et de sociétés, à formes variées, ont profité de ces facilités pour créer, un peu partout, des maisons ouvrières. Nous pouvons citer l'œuvre de MM. de Rothschild, la Société Nancéenne, la Société Rouennaise etc. et enfin, dans notre région, la Société des Logements économiques de Lyon, l'œuvre du regretté Mangini.

**206. Influence sur la mortalité.** — La Société de Rouen qui a, depuis longtemps, établi des statistiques comparées, a pu joindre à ses tableaux économiques, ce résultat hygiénique :

Alors que, dans l'ensemble de la ville de Rouen, la mortalité est de 33 p. 1000; elle est réduite à 12 p. 1000, dans les habitations ouvrières construites suivant les prescriptions de l'hygiène moderne.

(A Copenhague, le résultat est de 11,30 p. 1000, contre 19 p. 1000 de mortalité générale.)

C'est la démonstration la plus éclatante de l'utilité de cette œuvre.

**207. Résultats financiers.** — Enfin, les résultats financiers de celles de ces entreprises qui se sont constituées sous forme de société anonyme, semblent de nature à encourager ce mouvement.

Nous trouvons dans l'ouvrage de M. Mangini<sup>1</sup>, la preuve que le capital de la Société des Logements économiques a été, presque sans risque, rémunéré au taux de 4 p. 100, tout en laissant de fortes réserves.

La Société des Cités ouvrières de Mulhouse est en pleine prospérité.

Ainsi, on peut concilier, dans cette question des logements ouvriers, les exigences du capital avec les intérêts généraux de la société. Il apparaît, une fois de plus, que les ouvriers et les capitalistes ont des intérêts communs et sont solidaires les uns des autres.

**208. Maisons ouvrières à Chabons.** — Dans le but d'écartier de leurs usines le personnel nomade toujours prêt à les quitter, et

<sup>1</sup> *Les logements économiques à Lyon.*



s'assurer la collaboration de leurs contremaîtres et ouvriers principaux, les fabricants de soieries de nos régions ajoutent parfois,

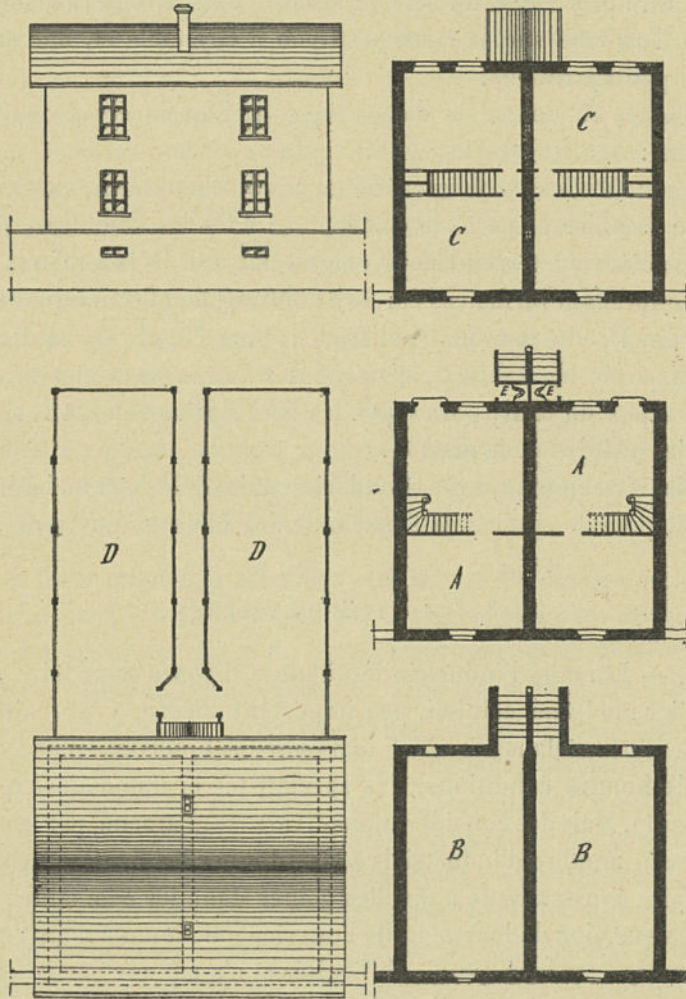


Fig. 76.

et leurs bâtiments industriels, quelques maisons ouvrières, avec jardins, pour loger leur personnel marié.

La commodité et le confortable de ces petites demeures influent considérablement sur la stabilité de l'ouvrier qui s'attache à son intérieur, au jardin qui le complète et dans lequel il trouve certains agréments.



Nous avons établi il y a quelques années, en même temps que les usines de Chabons (Isère), dont on trouve la description dans le chapitre précédent, un certain nombre de maisons jumelles, en façade d'un côté sur la route de Lyon à Grenoble et, de l'autre, sur de petits jardinets.

La figure 76 donne les dispositions de l'un de ces groupes de maisons :

Chacune d'elles est composée d'un rez-de-chaussée A, sur cave B, et d'un premier étage C, avec débarras dans les combles.

La surface du terrain, pour chaque lot, est de 142 mètres carrés, comprenant 62 mètres carrés de bâtiments, et 82 mètres carrés de jardin D, clos par une palissade ; dans l'angle de ce dernier sont disposés les cabinets d'aisances E, avec le tout-à-l'égout. Il n'y a pas de cour, parce qu'elles sont ordinairement le réceptacle des ordures de la maison.

Un lavoir commun, avec buanderie, est installé dans un bâtiment spécial, pour le service de l'ensemble des maisons ouvrières.

### § 3. — CITÉS OUVRIÈRES

209. — Lorsque l'industrie familiale a disparu pour faire place à l'atelier moderne, celui-ci, peu important encore, s'est maintenu le plus souvent dans les villes où l'industriel pouvait se procurer, dans de bonnes conditions, des spécialistes et une main-d'œuvre abondante. Mais des considérations diverses ont amené, par la suite, un certain nombre d'industriels à abandonner les centres urbains, pour faire construire de nouvelles usines dans les campagnes.

Cette question du logement de l'ouvrier qui, comme nous venons de le voir, a soulevé tant de difficultés et n'a été que partiellement résolue, par la création de maisons et d'habitations à bon marché, s'est à nouveau posée dans les centres ruraux. Là, plus encore que dans les villes, le manque de logements s'est fait sentir et, dans beaucoup de cas, il a fallu organiser, à côté de l'usine, une cité ouvrière.

Ces organisations répondent, suivant le pays et les industries, à certaines catégories d'ouvriers :

Ouvriers venus de loin, qu'il faut autant que possible fixer autour de l'usine.



Ouvriers des environs, que l'éloignement relatif de leur domicile oblige à faire un repas par jour à l'usine.

Ouvriers de la région, qui ne peuvent rentrer chaque soir chez eux et qu'il faut nourrir et loger, leurs salaires étant quelquefois (surtout quand il s'agit de femmes) insuffisants pour leur permettre de s'organiser un intérieur à proximité.

Ces créations ont été nombreuses et présentent toutes le même caractère, à quelques différences près, de confort.

On peut indiquer comme modèles : les cités ouvrières de Mulhouse ; celles de Noisiel dans les usines Ménier ; celles de Guise, etc.

Dans notre région du Sud-Est de la France, la nécessité de construire ces cités ouvrières s'est particulièrement fait sentir aux fabricants de soieries qui ont déplacé leurs usines et les ont transportées loin des grandes villes. Nous en avons, pour notre part, construit un certain nombre, pour répondre aux besoins des industries de tissage, moulinage et filature, où sont plus spécialement occupées des jeunes filles et des femmes.

**210. Cités ouvrières affectées aux usines de soieries.** — Quand les usines sont installées dans des localités peu importantes, on ne peut trouver sur place un assez grand nombre d'ouvrières ; les industriels sont obligés de recruter dans les régions avoisinantes, et de loger à l'usine, un personnel que l'on peut ainsi classer :

1° Celles qui, jeunes apprenties, sont complètement internées dans la fabrique, sous la surveillance et la responsabilité des patrons ;

2° Celles qui, habitant les localités voisines, ne peuvent rentrer chaque jour à leur domicile, mais tiennent à avoir un contact avec leur famille qui leur fournit une partie de leurs aliments, leur linge de corps et leurs vêtements. On organise, pour ces ouvrières, un service de transport les emmenant le samedi et les ramenant le dimanche soir.

Voici les dispositions de quelques-unes de ces cités ouvrières aménagées comme dépendances de l'usine et comportant des locaux particuliers : dortoirs, réfectoires, etc.

**211. Distribution.** — Les services d'internes comprennent le plus généralement :

Au rez-de-chaussée (fig. 77), une cuisine assez vaste A, avec un



fourneau B et thermo-siphon, pour distribution d'eau chaude ; une

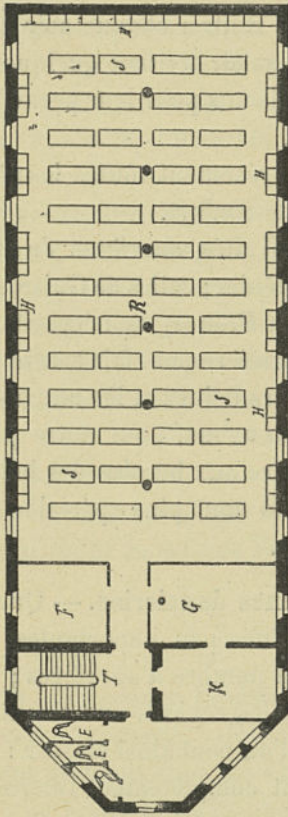


Fig. 78<sup>1</sup>.

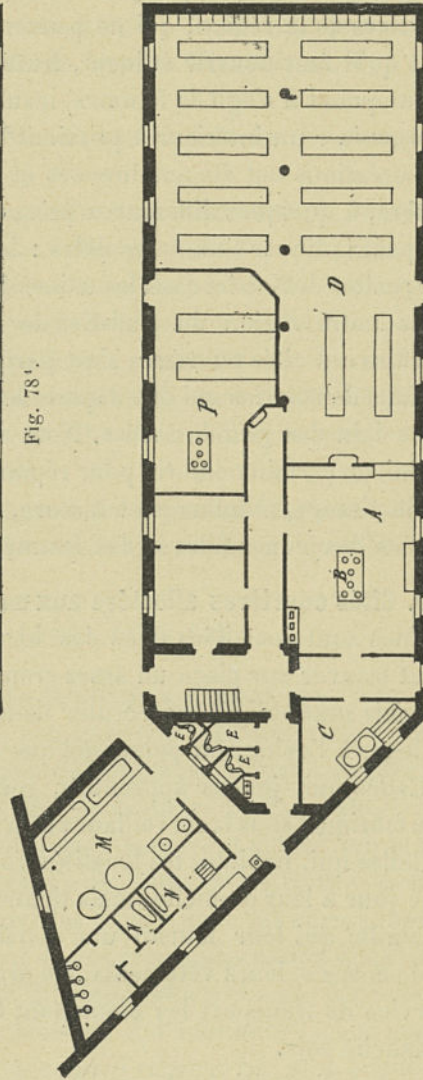


Fig. 77<sup>1</sup>.

laverie C adjacente ; une ou deux marmites à vapeur oscillantes et enfin, un office.

La cuisine est à proximité d'une cave voûtée servant de réserve à provisions.

<sup>1</sup> Distribution intérieure de la cité ouvrière de Chabons.



Dans les salles voisines sont installés des réfectoires D, pour les surveillantes et les ouvrières.

Aux étages (fig. 78), sont les dortoirs R, avec lits en fer S, à une seule place ; cabinets communs et privés E, lavabos F, chambre de surveillantes G et infirmerie K.

Autour de chacun de ces dortoirs, des placards H, numérotés et fermés, en nombre égal à celui des lits, sont rangés contre les trumeaux et les murs pignons ; ils renferment le linge, les vêtements et les menus objets de toilette des ouvrières.

Cette cité comporte ordinairement une vaste cour pavée ou empierrée, autour de laquelle sont disposés divers services : fontaine et cabinets d'aisances, laverie et buanderie M, salles de bains et de douches N.

Les aménagements pour les pensionnaires hebdomadaires sont un peu plus succincts :

Au rez-de-chaussée est une cuisine P, servant en même temps de réfectoire et contenant, soit un fourneau à charbon, soit une table à vapeur pour réchauffer les aliments et permettre la confection, par les ouvrières, de quelques mets simples ; une laverie pour le nettoyage de la vaisselle, une fontaine et quelques placards avec compartiments numérotés et fermés pour déposer les vivres et le linge de chaque pensionnaire.

Aux étages supérieurs sont des dortoirs semblables aux précédents.

A proximité de ces services, on dispose fréquemment un lavoir, sans buanderie, pour le menu linge et une cabine contenant une petite piscine, construite en ciment, dans laquelle les ouvrières peuvent prendre des bains. Le lavoir et la piscine sont creusés en contre-bas du sol et reçoivent, par une canalisation, une partie des eaux épurées de la condensation de la machine à vapeur, dont la température atteint de 30 à 40°.

**212. Constructions et aménagements.** — On doit orienter le bâtiment principal de la cité, du Nord au Sud, afin que les fenêtres d'aération soient ouvertes dans les façades Est-Ouest.

A moins de difficultés locales, les cabinets sont disposés sur le mur pignon Nord et les lavabos et escaliers de dégagement, au Sud.



La construction de ces bâtiments se fait en étages, et les murs sont en moellons ou en bétons de mâchefer. Afin d'être à l'épreuve du feu, les escaliers T sont construits en pierre et les planchers, en hourdis sur fer à I ou en ciment armé.

Ces planchers doivent être calculés pour résister à des surcharges importantes, de 5 à 600 kilogrammes par mètre carré, car il peut y avoir, pour des raisons diverses, un affolement du personnel et des groupements en masse. Pour les mêmes causes, la largeur des escaliers qui desservent les différents étages doit être, au moins, de 1,40 m ; une grande largeur est aussi donnée aux portes de dégagements que l'on fait ouvrir de dedans en dehors.

Les murs sont enduits sur toute leur surface et peints à l'huile, sur environ 2 mètres de hauteur ; les planchers des dortoirs sont ordinairement recouverts d'un parquet qui est aussi peint à l'huile. Les cuisines et réfectoires, ainsi que les annexes diverses, sont dallés en ciment.

Dans la plupart des cités que nous avons construites, aux usines de Chauffailles, de la Frette, de Saint-Donat ; les dortoirs et réfectoires sont chauffés par les radiateurs d'un chauffage à vapeur, à moyenne pression, alimentés par les générateurs de l'usine.

Le volume d'air contenu dans chaque dortoir est de 20 à 25 mètres cubes par lit et l'aération s'opère par l'ouverture des portes et des croisées.

Le chauffage et la ventilation de la cité des usines de Chabons, sont effectués par un ensemble comprenant un ventilateur insufflant l'air au travers d'un calorifère à air chaud.

La distribution de l'eau dans les cités ouvrières a une grande importance, elle comporte une canalisation d'eau froide et une canalisation d'eau chaude : la première, fournie par la distribution générale, alimente les cuisines, les lavoirs, les fontaines, les lavabos et les cabinets ; la seconde, reçoit son eau chaude, soit du thermo-siphon du fourneau de la cuisine, soit, les jours ouvrables, d'un réservoir particulier dont l'eau est chauffée par la vapeur des chaudières de l'usine. Elle alimente les laveries, la buanderie et les salles de bains.



Les cabinets d'aisances du bâtiment principal sont ordinairement installés dans un petit édicule extérieur et doivent être séparés des dortoirs par un couloir éclairé et ventilé; leurs cuvettes sont surmontées d'un appareil de chasse ou reçoivent la distribution hydraulique décrite dans le chapitre traitant de la construction, n° 15, qui assure l'eau nécessaire à leur lavage quotidien.

Les salles de lavabos F comportent environ un robinet par 4 ou 5 lits; ces robinets se déversent dans une cuvette en fonte émaillée, qui est établie sur le pourtour du local et laisse écouler les eaux usées, par une canalisation syphoïde débouchant dans un conduit inférieur allant à l'égout.

**213. Surveillance.** — Dans les cités ouvrières, plus encore que dans les ateliers, doivent être abondamment distribués, l'air, l'eau et la lumière; on doit y faire régner aussi la plus grande propreté.

Ces diverses obligations hygiéniques, auxquelles il faudra joindre, pour chaque ouvrière, l'habitude de l'exercice, des bains et des lavages fréquents, constituent les procédés les plus efficaces pour entraver et combattre non seulement la propagation des maladies contagieuses, mais encore, les effets d'une claustration qui peut anémier, à la longue et de façon insensible, la jeune fille placée sous la garde de l'industriel.

Des inspections fréquentes et minutieuses devront être passées, tantôt des ouvrières elles-mêmes, de leur literie et de leurs placards privés, par le personnel de surveillantes; tantôt des salles diverses, des cuisines et des dépendances, par le directeur de l'usine ou l'inspecteur du travail, dont la surveillance doit, sans conteste, s'étendre à ces cités.

**214. Considérations générales.** — Nous sommes encore loin, en matières d'usines, de cités et de maisons ouvrières, des installations luxueuses de quelques grandes industries étrangères, dans lesquelles on met à la portée de l'ouvrier: écoles, maison d'apprentissage et bibliothèque; hôpital, crèche et asile de veuves et d'orphelins, établissement de bains, etc.

Nous n'en sommes pas non plus aux raffinements apportés par les Américains, à Saint-Louis, à Dayton, ailleurs encore, qui, au



confortable général, ont ajouté la parure extérieure des usines entourées de jardins, de pelouses, de massifs. L'ouvrier, pendant son travail, a la vue attrayante des fleurs et de la verdure ; à sa sortie, il passe au bain, prend des vêtements propres (souvent passés à l'étuve pour être désinfectés) et éprouve ainsi une sensation de bien-être qui retrempe ses forces physiques et relève son énergie morale.

Et il ne faut pas croire que si l'ouvrier gagne à ce confortable, le patron n'y gagne pas aussi :

C'est en effet, le plus souvent, dans ces usines aménagées presque avec luxe, que l'intensité du travail est portée à son plus haut point ; la production y atteint le maximum et le rendement de l'outillage industriel et humain est le plus élevé.

Il suffit de comparer les prix de fabrication, pour se rendre compte que les améliorations apportées au matériel et au bien-être de l'ouvrier, loin de devenir une charge pour le chef d'industrie, lui assurent bien souvent la prépondérance sur le marché.

Aussi, ne saurions-nous trop engager l'industriel, qui transforme ses usines ou en crée de nouvelles, à porter toute son attention sur les questions d'hygiène industrielle dont une des plus importantes est, à notre avis, celle du logement de l'ouvrier. Les efforts qu'il fera dans ce sens, loin d'être perdus, seront pour lui un élément de réussite, en même temps qu'un devoir social.

Ce devoir il doit le remplir, non pas en faisant aux ouvriers, mal logés, le don d'une habitation, mais en leur offrant des combinaisons honorables, au moyen desquelles, sans que ni les uns ni les autres aient rien sacrifié de leurs droits, il puisse s'établir entre eux des rapports de cordialité.

---



## CHAPITRE XI

### ENLÈVEMENT DES POUSSIÈRES, VAPEURS ET GAZ

Nous venons d'examiner comment il fallait disposer, éclairer, chauffer et aérer une usine pour mettre les ouvriers dans les meilleures conditions possibles de sécurité et d'hygiène ; il nous reste à traiter, dans ce même ordre d'idées, une question qui, pour être particulière à certaines industries, n'en a pas moins une importance considérable : c'est celle de l'enlèvement de certains résidus industriels.

Le travail des machines-outils, les transformations de la matière, les manipulations diverses, produisent parfois, dans l'atelier, des dégagements de poussières ou de vapeurs dont la présence est toujours dangereuse.

Leur nocivité dépend de leur provenance : les unes affaiblissent les organes de la respiration ; d'autres sont inflammables, explosives, corrosives ; d'autres véhiculent des germes microbiens infectieux ; toutes sont altérantes. Il importe donc de soustraire l'ouvrier à leur action.

Pour atteindre ce but, les premiers procédés ont été partiels, individuels peut-on dire ; ils consistaient dans la création et l'utilisation de certains appareils protecteurs : vêtements imperméables, lunettes, masques respiratoires, etc. Les résultats n'en sont guère satisfaisants ; l'ouvrier, par gêne, par forfanterie, par insouciance, ne se sert que rarement et mal des éléments de protection mis à sa disposition.

L'industriel, de son côté, n'étant pas en relation permanente avec son personnel, est plus frappé des accidents causés par l'outillage que des désordres produits par une intoxication ou une



contamination lentes ; il ne sent pas assez la nécessité de ces appareils de protection et, en les fournissant, n'en impose pas toujours l'application.

On doit chercher à ce problème d'autres solutions.

La plus rationnelle est celle qui consiste à capter les résidus, au fur et à mesure de leur production, et à les entraîner au dehors de l'atelier<sup>1</sup>.

Un appareil, dont nous avons déjà décrit le fonctionnement, semble indiqué pour remplir ce but : c'est le ventilateur ; utilisé convenablement, il aspire les résidus où ils se produisent, les entraîne et les refoule dans des collecteurs ; suivant leur nature, ils sont ensuite, ou rejetés au dehors, ou noyés dans des réservoirs, ou condensés et recueillis pour une utilisation nouvelle.

Ainsi, le principe de l'enlèvement des résidus apparaît simple ; mais, dans l'application, il présente un grand nombre de difficultés de détails. Toutes les installations diffèrent entre elles, chacune étant inspirée par des obligations particulières résultant de la quantité, de la nature, de la composition, de la nocivité des résidus et aussi de leur valeur comme sous-produits.

#### § 1. — DES POUSSIÈRES

Dans la plupart des industries, le travail des matières premières donne lieu à un dégagement de poussières.

A des degrés différents, toutes les poussières sont nocives. Se répandant dans l'atmosphère, elles sont absorbées en partie par les individus, se déposent sur les organes respiratoires où, suivant

<sup>1</sup> L'évacuation, hors des salles de travail, des résidus de fabrication ou des émanations produites, paraît indispensable dans les industries suivantes :

- Meules à émeri et polissoirs ;
- Broyage de chaux, ciments, plâtre, etc. ;
- Bocardage à sec ;
- Triturage de bois, écorces et lièges ;
- Broyage d'engrais ;
- Scieries et machines à bois ;
- Travail des textiles ;
- Fabrication de chaussures et de chapeaux ;
- Taillage et polissage des os, cornes, écailles et nacres ;
- Fonderies et forges ;
- Teintures, apprêts et fabriques de papiers ;
- Grillage, broyage et sublimation de produits arsenicaux et plombiques ;
- Fabriques de produits chimiques laissant échapper des vapeurs nocives ou inflammables, des vapeurs acides, etc.



leur densité, leur forme et leur composition, elles sont la source d'accidents plus ou moins graves.

Les unes fines, ténues et sans consistance, ne provoquent qu'une toux légère et sont facilement expulsées ; d'autres, dures et résistantes, se présentant sous forme de lames tranchantes, de pointes, de crochets, de vrilles, s'incrudent dans les muqueuses ; il faut, pour les expulser, de longs et pénibles efforts qui déterminent des inflammations favorisant le développement des bronchites, laryngites et pneumonies ; d'autres enfin, contiennent des germes infectieux et sont, par leur contact, la cause de graves maladies : tuberculose, charbon, etc.

Les différentes poussières ont été l'objet d'études approfondies de chimistes et biologistes qui en ont déterminé les effets et indiqué la nocivité.

Nous ne pouvons ici que résumer brièvement ces travaux et donner les indications générales qui permettront à l'industriel d'apprécier les dangers que font courir à son personnel les poussières émises dans son usine et de choisir les procédés les plus pratiques, pour leur enlèvement et leur évacuation.

Pour la clarté de notre étude, nous diviserons les poussières en quatre groupes principaux, dans chacun desquels nous ferons une classification par degré de nocivité.

Les poussières sont d'origine :

- I. — Minérale.
- II. — Végétale.
- III. — Animale.
- IV. — Hétérogène.

**215. Poussières d'origine minérale.** — Bien que généralement lourdes et ne restant que peu de temps en suspension dans l'air, elles sont dangereuses : parfois toxiques ; souvent dures, sous forme de lamelles cristallines à arêtes vives et tranchantes.

On peut citer, par gradation décroissante de nocivité :

1° Les poussières résultant du traitement des sels de plomb, d'arsenic, de mercure, qui sont les plus dangereuses.

2° Les poussières métalliques, dont les dangers sont différents suivant la nature du métal et le travail qui les produit : taillage à



sec des limes et des aiguilles, polissage des cuivre, zinc, etc.

Les ouvriers polisseurs de métaux sont des plus atteints par les maladies professionnelles.

3° Les poussières provenant du taillage et de la gravure, à sec, des verres et des cristaux.

4° Les poussières de l'ébarbage ou du meulage, à sec, de pièces en fer, en fonte et en acier. Elles seraient aussi dangereuses que les précédentes si leur densité ne les faisait retomber immédiatement. Les poussières que l'on trouve en suspension dans les salles de meulage, sont presque exclusivement composées de particules d'émeri et d'agglomérats de meules.

5° Les poussières de pierres qui sont disséminées par le broyage et la taille des granits, grès et silices ; des calcaires, ciments et chaux, etc. Ces dernières sont les plus inoffensives.

**216. Poussières d'origine végétale.** — Elles sont généralement légères et ténues, flottent en suspension dans l'air et sont facilement aspirées ; elles sont dangereuses parce qu'elles se présentent en forme de vrilles, de spirales, qui les font s'accrocher aux muqueuses et rendent difficile leur élimination.

On peut ainsi les classer :

1° Poussières produites par le travail des textiles végétaux : lins, cotons, chanvres et jutes.

La majorité des maladies dont sont atteints les ouvriers, dans les peignages et les filatures, sont des affections des voies respiratoires. Les hygiénistes, qui considèrent la phthisie cotonnière comme une affection produite par le contact de textiles contaminés, ont reconnu que l'étendue et la gravité de ses attaques dépendait de l'entretien des salles de travail et des moyens plus ou moins perfectionnés, employés pour les assainir.

2° Poussières produites par le travail mécanique des bois, celui des fibres végétales et du nettoyage des blés ; presque aussi nocives que les précédentes.

3° Poussières résultant du broyage des écorces pour les tanneries et du blutage des farines ; beaucoup plus inoffensives.

**217. Poussières d'origine animale.** — Elles sont souvent fines et légères et se présentent, suivant la matière originelle, sous



forme d'aiguilles, de lames minuscules à arêtes vives, de pointes, de crochets.

Leur nocivité dépend de leur forme ; elles offrent aussi le danger de contenir des germes infectieux.

On peut citer :

1° Les poussières dégagées par les filaments rudes, tels que poils coupés et crins.

Ces résidus sont des plus dangereux, non seulement ils contiennent, en suspension, des filaments durs et tranchants, à arêtes vives avec des pointes extrêmement fines qui déchirent parfois les tissus pulmonaires ; mais encore, dans ces fibres animales, on a pu constater la présence de bactéries provenant d'animaux morts de maladies infectieuses.

En trois ans, dans une manufacture de Nantes, dix-huit ouvriers ou ouvrières, dont cinq ont succombé, ont été atteints de pustules malignes, par l'introduction, sous la peau, de crins contaminés.

Les statistiques indiquent que la phthisie entre dans une proportion de 50 à 60 p. 100, dans les maladies des selliers, brossiers et coupeurs de poils.

2° Les résidus des ateliers de tournage des os, de la corne, de la nacre. Ces poussières très fines restent facilement en suspension dans l'air et se composent de lamelles et aiguilles pointues ; elles sont non seulement dangereuses au point de vue des affections pulmonaires, mais encore à celui des organes de la vue.

3° Les poussières produites par le travail des textiles à filaments souples, tels que laines et soies ; qui sont beaucoup plus bénignes que les précédentes.

Dans le travail des laines, les filaments n'étant travaillés qu'après avoir subi l'ensimage, c'est-à-dire après avoir été enduits d'un corps gras, le dégagement des poussières est toujours peu considérable.

4° Les résidus du fraisage des cuirs, dans les peausseries, maroquineries et fabriques de chaussures.

Ces poussières sont plus gênantes que dangereuses et, bien que leur faible densité leur permette de rester en suspension dans l'air, d'où elles peuvent pénétrer d'autant plus facilement dans les voies respiratoires qu'elles sont plus fines, elles n'exercent qu'une action



restreinte sur l'organisme et leurs particules, en lamelles flexibles, n'ont qu'une faible adhérence sur les muqueuses; elles peuvent être rejetées facilement par expectoration.

**218. Poussières hétérogènes.** — Elles se présentent sous les formes les plus variées et contiennent, dans leur composition, les éléments les plus dangereux des trois groupes que nous venons d'étudier.

Elles sont produites :

1° Par le battage des tapis, tentures, matelas, etc.

2° Par l'ouverture de balles de laines; le triage et le blutage de chiffons, l'effilochage de vieux tissus.

Ces deux classes de poussières sont non seulement dangereuses par leur action directe sur les bronches, mais encore, parce qu'elles sont les agents de transmission de différentes maladies.

3° Le travail des schappes et déchets de filature de soie : cocons non dévidés, doubles ou tachés. Aux filaments résultant du traitement des fibres, viennent s'ajouter des fragments de chrysalides et des résidus de dégomme.

Ainsi, toutes les poussières émises présentent des inconvénients ou des dangers pour ceux qui les respirent. L'industriel préoccupé de l'hygiène et de la salubrité de son usine, a pour devoir de rechercher, non le moyen de les empêcher, puisqu'elles sont le résultat inévitable du travail, mais d'atténuer, dans la mesure du possible, les dangers de leur présence.

Pour cela, divers procédés sont employés :

Si les poussières sont fines, légères et peu abondantes, la ventilation générale de l'usine, surtout si elle est faite à l'air humidifié, suffit à les entraîner. Mais si elles sont lourdes et en grande abondance, il faut les expulser par une ventilation spéciale appliquée, tantôt au local à assainir, tantôt, ce qui est plus rationnel, à chacun des outils dont elles émanent.

**219. Dispositions et marche des appareils d'évacuation des poussières.** — Pour évacuer les résidus, il ne suffit pas de créer, dans l'enceinte où ils se répandent, une aspiration intense; comme l'effet utile d'un courant décroît proportionnellement



au carré de la distance qui sépare les corps à entraîner de l'orifice d'aspiration et que ce courant d'entraînement a des tendances à ne prendre que les passages de moindre résistance, il faut que l'aspiration soit opérée aussi près que possible des points d'origine de formation. On détermine ensuite les sections de passage et la vitesse de l'air ; cette dernière doit être assez grande pour entraîner, dans les conduites, les poussières et vapeurs, sans cependant, aux bouches d'aspiration, détériorer les marchandises en œuvre ou incommoder les ouvriers.

Les raccordements des diverses ramifications doivent être étudiés pour qu'il n'y ait pas de variations sensibles dans la direction des veines fluides. On doit bien se pénétrer de cette idée que toute modification importante dans la section d'un canal, tout remous formé par un étranglement ou un changement de direction, provoquent des tourbillonnements et un ralentissement dans la vitesse de l'air qui peuvent amener, aux points où ils se produisent, la chute des poussières lourdes et l'engorgement des passages.

On ne peut donner sur les dimensions des divers canaux, sur ces vitesses de l'air d'entraînement, que des indications générales et approximatives. Chaque cas particulier doit être solutionné en tenant compte des milieux à assainir, de la densité des poussières et des conditions à remplir pour que l'évacuation des résidus soit rapide et complète.

## § 2. — APPAREILS D'ENTRAÎNEMENT ET DE RÉCEPTION POUSSIÈRES MINÉRALES

**220. Enlèvement des poussières arsénicales et plombiques.** — En raison des dangers que présentent les émanations arsénicales et saturnines, les chefs d'industrie devront prendre les plus grandes précautions pour protéger leur personnel : ils mettront à la disposition des ouvriers, des masques, éponges mouillées et autres moyens de protection des voies respiratoires et leur fourniront des vêtements consacrés exclusivement au travail, serrés au col, aux poignets et aux chevilles.

Les ateliers seront fortement aérés, le sol et les murs fréquemment lavés. Le broyage et le concassage des produits devront s'exécuter



par des procédés mécaniques, en vase clos, et l'embarillage s'effectuer par l'intermédiaire d'appareils étanches ou dans un courant d'aspiration, entraînant les émanations.

Cette dernière opération pourra affecter les dispositions de la figure 79.

Le baril A est posé sur une plate-forme B, à secousses, pour le tassement des marchandises qui s'écoulent de la réserve par une

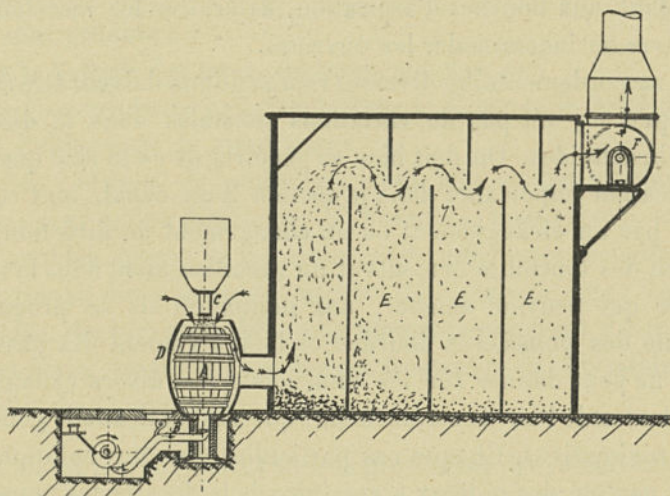


Fig. 79.

manchette C, munie d'un obturateur. Ce baril est entouré d'une enveloppe à charnières D, ouverte par le haut et communiquant, par le bas, avec un canal d'aspiration. L'air aspiré entraîne les poussières dégagées par l'embarillage et les transporte dans une chambre de dépôts E, munie de chicanes et mise en communication avec un ventilateur-aspirateur F.

Pour faire disparaître, dans l'air expiré, les dernières traces de ces résidus, il est indispensable de faire passer cet air, à sa sortie, au travers d'une nappe d'eau ou d'un brouillard épais de pulvérisation.

**221. Broyages de chaux, plâtre, ciments, engrais, etc.** — Les meules et bluteries pour le broyage et le classement de ces matières dégagent des poussières intenses, extrêmement ténues, qui se répandent partout.



Leur entraînement est assez facile, il suffit de disposer, vers les points de production, des aspirateurs *a, a*, qui les recueillent et les conduisent dans un collecteur *b* (fig. 80) ; ce dernier aboutit à un ventilateur *C*, qui les refoule dans des appareils spéciaux.

Si l'aspiration de ces résidus est simple, il est assez difficile de les recueillir ; on ne peut pas les noyer, car ils colmatent les chambres de dépôts, ni les rejeter au dehors, parce qu'ils pourraient créer des difficultés avec les propriétaires voisins.

Le procédé le plus pratique, est de les refouler dans des classeurs ainsi disposés : en premier lieu, un appareil à tourbillons (du genre de celui décrit au n° 223), qui élimine les poussières les plus lourdes ; puis, en second lieu, de vastes

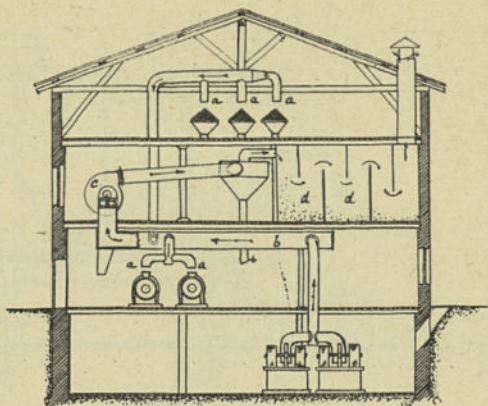


Fig. 80.

chambres se succédant, où la vitesse de l'air, de plus en plus faible, laisse déposer les poussières fines ; et enfin, un réceptacle surmonté d'une cheminée d'évacuation.

Cette cheminée est parfois remplacée par des ouvertures de grandes dimensions, fermées par des claies recouvertes de toiles métalliques. Des appareils à secousses empêchent que ces toiles ne soient obstruées.

L'embarillage des produits de la fabrication demande aussi certaines précautions particulières pour que le joint, entre le sac ou le baril et le réservoir des marchandises, soit aussi étanche que possible.

**222. Chambres à poussières.** — Le nettoyage des chambres de dépôts exige quelques précautions pour que les ouvriers, qui en sont chargés, ne soient pas plongés dans l'atmosphère viciée par les résidus dont on a débarrassé les ateliers.



On peut adopter la disposition suivante :

La chambre est divisée en compartiments successifs, munis de chicanes (fig. 81), prolongés par des poches M, en forme de pyramides tronquées. Les résidus se réunissent dans ces poches et glissent dans des couloirs verticaux N, pouvant se fermer par des registres, aux orifices desquels sont fixés des récipients mobiles.

Pour arrêter les dépôts les plus légers, on peut disposer, à la suite

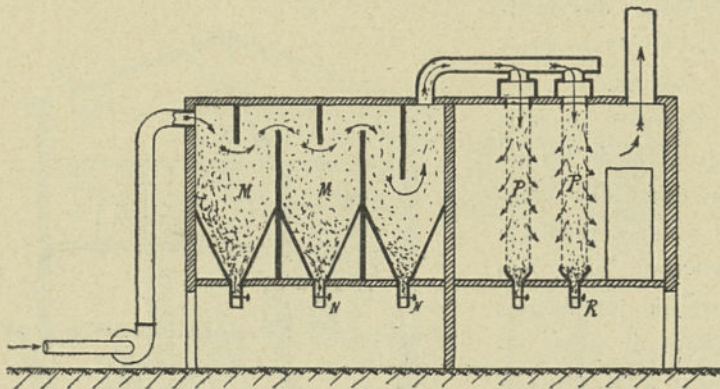


Fig. 81.

de ces chambres, des séries de filtres verticaux P, semblables à des blutoirs, enveloppés d'un tissu assez serré, d'un diamètre variant 0,50 m. à 0,80 m. et d'une longueur de 3 à 4 mètres.

On envoie successivement, dans l'intérieur de ces filtres, au moyen de registres, l'air sortant des chambres de dépôts. Quand le filtre en action ne laisse plus que difficilement passer l'air, au travers de ses mailles obstruées par les poussières, on arrête l'arrivée du mélange que l'on envoie dans un autre appareil. Il est ensuite nettoyé par des secousses ou un renversement de courant. L'extrémité inférieure de ces filtres est terminée par une collette R, dans laquelle on introduit la partie supérieure d'un récipient.

Si les dispositions locales ne permettent pas l'évacuation de ces résidus par la partie inférieure des chambres à poussières et que les ouvriers soient obligés de pénétrer à l'intérieur pour en opérer le nettoyage, ils devront prendre auparavant certaines précautions : se munir de masques respiratoires, de vêtements spéciaux ; et, après l'enlèvement des déchets, ils se laveront à grandes eaux, des pieds à la tête.



### 223. Meulage et polissage. Meules en grès et en composition. —

Les meules en grès sont constamment mouillées et ne donnent lieu qu'à l'évacuation de l'eau en surabondance et au nettoyage des boues produites.

Les meules en composition, qui servent à l'ébarbage et au

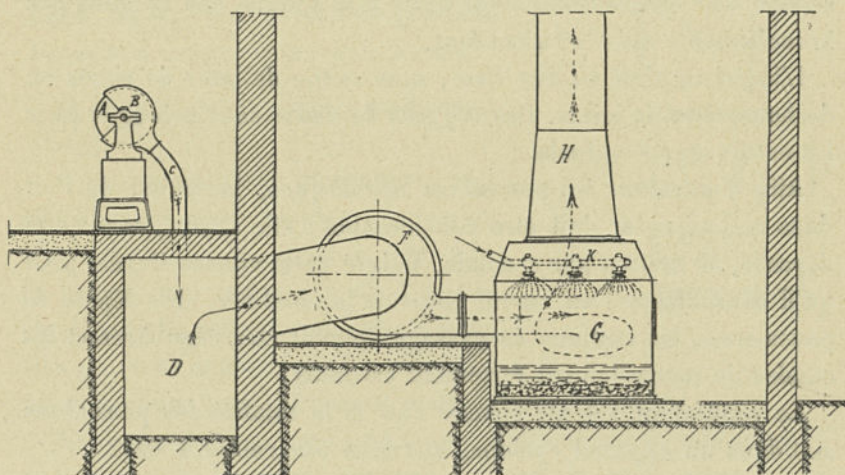


Fig. 82.

dégrossissage des pièces métalliques, travaillant à sec, produisent une grande quantité de poussières semi-métalliques.

L'enlèvement de ces poussières, très denses, s'effectue par une canalisation placée au-dessous des outils à desservir.

Les meules A, sur les deux tiers de leur circonférence environ, sont entourées d'une enveloppe B, en tôle forte, servant de pare-éclats en même temps que d'aspirateur des poussières. Cette enveloppe communique avec une tubulure munie d'un registre qui empêche les rentrées d'air, quand l'outil ne fonctionne pas (fig. 82).

Ces tubulures sont prolongées par des tuyaux métalliques C, qui débouchent dans un collecteur principal D, en communication avec un ventilateur F, à force centrifuge.

Le collecteur peut être placé en-dessus ou en-dessous du sol ; il a, dans ces deux cas, des dimensions et des dispositions bien différentes.

1° Le collecteur est placé au-dessus du sol :

Il est formé d'une suite d'éléments en fonte ou en tôle galvanisée



courant le long de la rangée des meules et se raccordant aux tuyaux d'évacuation des poussières.

L'angle de raccordement de ces tuyaux avec le collecteur, ne doit pas dépasser  $30^\circ$ .

Le diamètre de ce collecteur va croissant jusqu'au ventilateur; sa section doit être sensiblement égale à la somme des sections des branchements qui s'y raccordent.

L'intérieur doit en être lisse, sans saillie de têtes de rivets ou de bourrelets de joints. Des regards de visite sont ménagés pour les nettoyages éventuels.

Afin d'entraîner les poussières métalliques, la vitesse de l'air dans ce collecteur doit être considérable; elle atteint, et souvent dépasse, 40 mètres par seconde. Malgré cette vitesse élevée, pour qu'il ne se forme, en aucun point de la conduite, des dépôts de poussières, les sections de passage doivent être régulières et les coudes de raccordement fortement arrondis.

Le ventilateur refoule ensuite l'air et la totalité des poussières soit dans un appareil cyclone, soit dans une caisse à eau :

L'appareil cyclone G (fig. 82) se compose d'un réservoir en tôle, cylindro-conique, dans lequel l'air s'introduit tangentiellement aux parois et tourbillonne, en diminuant de vitesse, avant de s'échapper dans une cheminée H, placée à la partie supérieure. Les poussières lourdes, sous l'influence de ce mouvement giratoire et de la diminution de vitesse de l'air, retombent à la partie inférieure.

Quand il est nécessaire de provoquer le dépôt complet des poussières, on établit, autour de la collerette de la cheminée, une couronne de pulvérisateurs d'eau K, dont l'action vient s'ajouter à celle du tourbillon. Cette disposition donne d'assez bons résultats, mais on peut encore augmenter son intensité, en installant d'autres pulvérisateurs dans le canal de refoulement et même dans les ouïes du ventilateur.

Dans la caisse à eau (fig. 83), l'air vient frapper normalement la surface de l'eau contenue dans un réservoir rectangulaire en tôle A, puis est chicané par une cloison B, avant son entrée à la cheminée C.



Un trou d'homme M, fermé par un tampon, permet de s'introduire dans l'appareil pour en enlever les dépôts.

Cette disposition, où l'air n'est dépouillé que d'une partie des poussières folles, ne doit être employée que dans les usines éloignées des habitations.

2° Le collecteur est placé au-dessous du sol.

Il est construit en maçonnerie et a des dimensions suffisantes pour qu'un ouvrier puisse s'y introduire (fig. 82). Il forme ainsi une sorte de chambre de dépôts D, pour les poussières lourdes qui sont entraînées, des meules à ce collecteur, par le courant d'air et par la gravité.

Les poussières légères seules sont aspirées par le ventilateur F, puis refoolées dans un appareil cyclone ou une caisse à eau.

La vitesse de l'air peut être fortement réduite et ne pas dépasser 20 à 25 mètres, dans les branchements descendants des meules.

A moins de nécessités locales, on doit écarter la première de ces deux dispositions, avec collecteur métallique reposant sur le sol. Elle implique l'appel, à vitesse élevée, d'un volume d'air considérable, ainsi qu'un travail mécanique important du ventilateur ; de plus, cette vitesse de l'air, quoique réduite à l'entrée des enveloppes des meules, est encore assez grande pour donner à l'ouvrier, certains jours d'hiver, une sensation désagréable de froid.

**224. Polissoirs.** — Les machines à polir les métaux durs comportent des disques ou des courroies sans fin recouverts d'émeri. Les dispositions des conduites d'aspiration et de refolement sont les mêmes que les précédentes ; mais les enveloppes d'aspiration de ces appareils, sont beaucoup plus légères que celles des meules et leurs formes doivent être appropriées à chacun des outils qu'elles desservent.

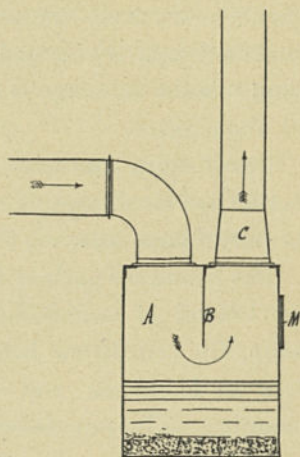


Fig. 83.



Les machines à aviver et à brunir le laiton, le bronze, le nickel, etc., sont composées de disques en feutre et en drap tournant à de très grandes vitesses. Ils reçoivent, à sec, un mordant : craie ou rouge à polir, qui produit des poussières légères et abondantes.

Ces disques sont disposés par rangées sur des établis et l'aspiration de l'air s'opère dans une enveloppe échancrée qui laisse libre la partie antérieure de l'outil, pour le travail des pièces à traiter.

Des conduites partent de chaque enveloppe, traversent la tablette de l'établi et communiquent avec un collecteur placé au-dessous. Un ventilateur hélicoïdal aspire le mélange dans ce collecteur et le refoule, soit dans un appareil cyclone, soit dans une chambre où les poussières sont précipitées par un brouillard d'eau pulvérisée.

Le diamètre des branchements, allant au collecteur, peut atteindre de 12 à 15 centimètres et l'angle de pénétration, dépasser 45°.

La vitesse de l'air dans ces conduites est de 20 à 25 mètres par seconde; celle, à l'entrée des enveloppes, est aussi très importante, mais presque toujours inférieure à la vitesse tangentielle des disques à polir ou à aviver et il arrive souvent qu'une partie des poussières, projetées en dehors du rayon d'action du courant d'aspiration, se répandent dans l'atelier; elles sont heureusement peu dangereuses.

### § 3. — POUSSIÈRES VÉGÉTALES

**225. Poussières des textiles.** — Dans certains ateliers où l'on travaille les textiles, des filaments restent en suspension dans l'atmosphère et le meilleur procédé pour s'en débarrasser est celui de l'humidification; dès que l'air approche de sa saturation, les poussières hygroscopiques entraînées, absorbant l'humidité, deviennent plus denses et retombent sur le sol.

Cette opération ne doit être faite qu'avec modération et dans les limites indiquées au n° 131; en excès, l'humidité peut altérer les marchandises traitées, les pièces métalliques des machines et être nuisible à la santé des ouvriers.

Si les salles, dans lesquelles se dégagent les poussières, reçoivent



l'air humide de la ventilation générale de l'usine, il est avantageux de faire déboucher les orifices d'arrivée d'air, à leur partie supérieure; le courant s'établit de haut en bas et les poussières, échappées aux aspirateurs et qui auraient des tendances à s'élever, sont rabattues et entraînées dans les conduites d'évacuation.

L'humidification, qui peut donner des résultats pour faire retomber certains déchets, assez légers, restant en suspension dans l'air des salles de tissage et de filature, est absolument insuffisante

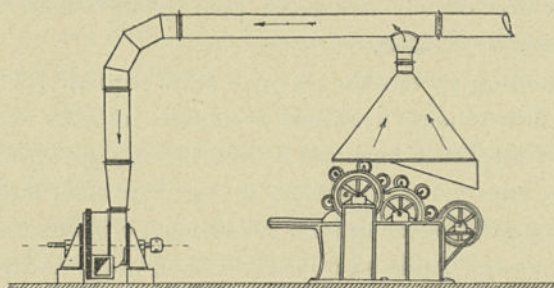


Fig. 84.

quand il s'agit de carderies, de batteuses et d'effilocheuses, ainsi que des peignages de lin et de jute. Pour l'enlèvement des résidus de ces appareils, il faut employer une ventilation localisée à chacune des machines (fig. 84). Celles-ci sont enveloppées partiellement de cloisonnages, en forme de trémies, qui guident les poussières vers des prises d'air d'aspiration communiquant avec un ventilateur à force centrifuge.

Les résidus sont ensuite refoulés dans des chambres de dépôts.

Pour n'aspirer que les poussières légères, la section des trémies doit être telle que la vitesse de l'air, à l'entrée de ces appareils, ne dépasse pas 1,20 m. à 1,30 m. par seconde; une vitesse supérieure augmenterait la proportion des déchets, en entraînant les marchandises. Dans les conduites, la vitesse peut atteindre 10 à 12 mètres et même 15 mètres par seconde.

Le diamètre des branchements varie de 12 à 15 centimètres et les angles de pénétration des tuyaux peuvent dépasser 45°.

Ces résidus sont assez difficiles à recueillir et on emploie pour cela la disposition suivante :

Ils sont refoulés dans des chambres de grande capacité, munies



d'orifices de sortie fermés par des grillages ; dans l'intérieur de ces chambres sont de nombreuses chicanes auxquelles s'accrochent les filaments. La vitesse de l'air doit y être aussi réduite que possible, 0,50 m. à 0,60 m. par seconde ; une vitesse supérieure provoquerait l'entraînement des filaments accrochés en cours de route et l'engorgement des grillages filtrants.

Les ouvriers qui sont obligés de pénétrer dans ces chambres pour enlever les résidus et en opérer le nettoyage, doivent alors prendre les précautions indiquées pour l'enlèvement des poussières minérales (n° 222).

Une disposition préférable est celle dans laquelle les poussières se rendent directement dans des récipients où elles se déposent : un courant d'air, lancé dans des compartiments successifs disposés en série, les entraîne aux orifices de sortie où sont fixés des sacs ou filtres en toile ajourée qui les retiennent ; ces sacs sont retirés, au fur et à mesure qu'ils sont remplis, et les résidus traités, pour séparer les poussières des produits utilisables.

Si les poussières extraites offrent des dangers d'incendie ou d'explosion, au lieu d'appareils généraux de ventilation, il sera prudent de munir chacun des groupements de machines, de son ventilateur, de sa canalisation et de sa chambre à poussières : en cas de sinistre, l'accident sera localisé à un seul élément de fabrication.

226. Scieries et machines à bois. — Les machines à travailler

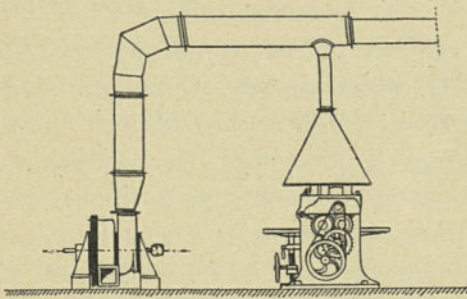


Fig. 85.

le bois produisent, comme déchets, des copeaux, des sciures et des poussières légères, que l'on a intérêt à recueillir au point de vue de l'hygiène, de la sécurité et de l'économie :

Ils sont souvent causes de lésions pulmonaires chez les ouvriers et un

grand nombre d'incendies et d'explosions, dont l'origine reste inconnue, peuvent leur être attribués ; alors que, utilisés comme



combustible, ils suffisent souvent à assurer l'alimentation des générateurs fournissant la vapeur nécessaire à la marche de l'usine.

L'enlèvement de ces poussières et déchets s'effectue de la façon suivante :

Un ventilateur aspire les sciures et les copeaux dans un collecteur principal, d'où partent des branchements desservant chaque machine à travailler le bois (fig. 85).

Suivant la forme des outils et la direction des copeaux lancés par les lames de ces outils, des dispositions particulières sont prises pour recueillir les déchets :

Quand il s'agit de scies circulaires ou de scies à rubans, des trémies mobiles sont ouvertes à la partie inférieure des machines aux points où retombent les sciures ;

Pour les raboteuses, dégauchisseuses et toupies, de petites capotes mobiles, reliées aux conduites d'aspiration, sont disposées dans le sens de la projection des copeaux, de façon à les aspirer, au fur et à mesure de leur formation, tout en ménageant les approches de l'ouvrier.

Pour faciliter l'entraînement de ces déchets, le diamètre des conduites d'aspiration est un peu plus grand que celui des canaux à poussières minérales et atteint 0,15 m. à 0,20 m. ; tous les raccords sont fortement arrondis. La vitesse de l'air d'entraînement est comprise entre 25 et 30 mètres par seconde.

Les débris sont refoulés, par le ventilateur, dans de grandes chambres à poussières munies de grillages qui retiennent la sciure et les copeaux, pendant que l'air et les poussières folles s'évacuent à l'extérieur, par une cheminée. Quand les dépôts deviennent trop considérables, on nettoie les grillages par les procédés indiqués pour les poussières minérales.

Les copeaux utilisés comme combustible, ne doivent pas être envoyés directement dans les foyers ; les flammes pouvant, à l'arrêt des générateurs, faire retour par les conduites d'évacuation de ces résidus et communiquer l'incendie aux machines. Ces déchets sont accumulés dans des chambres, à proximité des foyers.

Si les poussières folles évacuées à l'extérieur risquaient d'incommoder le voisinage et de créer des dangers d'incendie où



d'explosion, il faudrait les noyer au moyen de pulvérisateurs d'eau (n° 184), placés dans le canal allant des chambres à résidus, à la cheminée d'évacuation.

**227. Poussières de tanneries.** — Dans les tanneries, des poussières intenses sont produites par le trituration et le broyage de l'écorce de chêne et de bois divers qui servent au tannage des cuirs.

Il est nécessaire de recueillir ces poussières, non seulement parce qu'elles vicient l'atmosphère et qu'elles se répandent dans les organes mécaniques environnants ; mais encore, parce qu'elles sont utilisables et représentent une certaine valeur.

Pour l'enlèvement de ces poussières, on se sert de dispositions semblables à celles employées dans les scieries :

Un ventilateur aspirant est placé à l'extrémité d'un collecteur principal, d'où partent des branchements qui s'épanouissent dans des hottes disposées à proximité des broyeurs et des moulins.

Le refoulement s'effectue dans un appareil cyclone ou dans des chambres à poussières. Les particules denses tourbillonnent dans ces récepteurs, puis retombent à la partie inférieure qui est en communication avec un récipient, d'où elles sont extraites pour leur utilisation.

L'air est rejeté à l'extérieur avec les poussières folles ; ces dernières peuvent être noyées par l'un des procédés indiqués plus haut.

#### § 4. — POUSSIÈRES ANIMALES

**228. Crins, poils, etc.** — Le battage des soies de porc pour la broserie, celui des peaux brutes de lapins ou de lièvres destinées à la chapellerie, ainsi que leur brossage et leur dégalage, répandent des poussières abondantes qui sont enlevées par l'aspiration d'un ventilateur. Le refoulement s'opère dans des chambres de dépôts.

Le coupage et le soufflage des poils de chapellerie doit être fait en vase clos, ces opérations ne pouvant supporter de courant d'air ; pour l'enlèvement de ces produits et le nettoyage des machines, on doit munir les ouvriers d'éponges mouillées ou de masques respiratoires. Les locaux doivent toujours être maintenus propres et le balayage, précédé d'un arrosage, ne doit se faire qu'après la sortie du personnel.



L'enlèvement des résidus de tourneries et de découpage des os, des cornes, etc., ne présente rien de particulier; les produits sont aspirés, puis refoulés dans les chambres de dépôts.

Celui des tissages et des préparations des fils pour tissus de laines et de soie est opéré, dans les salles de travail, par une ventilation à l'air humide.

**229. Poussières de fabriques de chaussures et chapeaux.** — Dans l'industrie des chapeaux et celle des chaussures, comme la dissémination des poussières sur les marchandises en travail et les organes de machines, est particulièrement intense, les divers outils, ponceuses, fraiseuses, machines à lisser, etc., sont livrés par le constructeur avec leurs appareils de ventilation qu'il suffit de raccorder à un collecteur général, en communication avec une chambre de dépôts. On peut placer, à l'entrée de la cheminée qui fait suite à cette chambre, des pulvérisateurs qui noieront les poussières légères.

La ventilation locale de chacun des appareils serait efficace, si les organes en étaient toujours convenablement disposés; mais les canalisations, généralement mal conçues, ont des coudes brusques et des rétrécissements; la vitesse de l'air est souvent insuffisante, et, comme les entonnoirs d'aspiration sont placés à une certaine distance des outils, des poussières se répandent dans les ateliers. On est obligé d'aider à leur entraînement: parfois, par l'action de la ventilation générale de l'usine, le plus souvent, par l'intermédiaire d'un ventilateur spécial installé sur le collecteur.

### § 5. — POUSSIÈRES HÉTÉROGÈNES

**230.** — Certains travaux à la main produisent des poussières dangereuses, pour lesquelles il convient d'adopter des dispositions particulières.

Quand il s'agit du battage de tapis et de tentures, de l'ouverture de ballots de poils, de crins ou de textiles divers, il suffira de se placer en face d'un aspirateur qui entraînera les poussières produites. Mais, pour le triage de chiffons de papeterie, de vieilles étoffes destinées à l'effilochage ou au nettoyage des machines, il faut une installation spéciale:



Le plateau de la table, sur laquelle s'effectuent ces opérations, est formé d'un châssis recouvert d'une tôle perforée ou d'une toile métallique.

Les côtés de cette table sont pleins, de façon à ménager, au-dessous d'elle, une chambre à poussières qui reçoit, sur l'une de ses parois, un tuyau d'aspiration, en communication avec un ventilateur. Les particules lourdes tombent naturellement dans cette chambre, et les poussières légères sont entraînées par le courant d'air.

Quand les matières peuvent passer au travers de la tôle perforée ou l'obstruer : poils d'animaux coupés, petites pièces grattées ou brossées, etc., cette tôle est supprimée et les poussières sont aspirées sur la tablette, soit par une hotte supérieure mobile, avec tuyaux d'aspiration à monture télescopique, soit par des orifices latéraux d'aspiration.

Pour la réception des poussières, une simple chambre de dépôts suffit ; les résidus pouvant être arrosés ou non, par des pulvérisateurs.

En résumé, les procédés d'enlèvement des poussières que nous venons de décrire peuvent être employés dans beaucoup d'autres industries :

Le broyage et le tamisage des matières pour fabriquer la porcelaine ou les produits réfractaires ; la taille et le polissage des nacres, des écailles, du corozo ; le travail des fibres et du crin végétal ; la taille et la gravure des verres, des cristaux ; les scieries de sucre, etc., dans lesquelles des dispositions de même ordre que celles indiquées doivent être prises, — parfois avec quelques modifications —, et les mêmes conditions remplies.

La vitesse de l'air, à l'entrée des trémies ou capotes d'aspiration, ne devra ni entraîner les marchandises en traitement, ni incommoder les ouvriers.

Selon la plus ou moins grande légèreté des déchets, on établira les canalisations d'aspiration, soit en haut, soit à la partie inférieure des locaux à assainir et la vitesse du mélange, dans les conduites, sera comprise entre 10 et 40 mètres par seconde.

Quand les résidus à recueillir devront être utilisés, si l'on dis-



pose d'un emplacement suffisant, on les recevra dans de grandes chambres à poussières cloisonnées, sinon on les traitera dans des cyclones à tourbillons ou des réservoirs chicanés, surmontés d'une cheminée d'évacuation de l'air.

Enfin, certaines poussières inutilisables, qu'il serait dangereux de rejeter à l'extérieur, devront être noyées. Il faudra éviter, pour cette dernière opération, le barbotage dans l'eau; les poussières ténues ne se mouillant que très difficilement et le mélange, sous forme globulaire, venant s'épanouir à la surface sans se modifier. Il sera préférable de lui faire traverser un brouillard d'eau pulvérisée, d'une certaine épaisseur, qui rendra plus intimes les contacts: les corpuscules, au passage, absorberont l'humidité et retomberont, l'air sortira purifié.

#### § 6. — FUMÉES, GAZ ET VAPEURS

**231. Fumées.** — Les fumées industrielles sont rarement dangereuses par elles-mêmes; elles déterminent cependant, quand elles

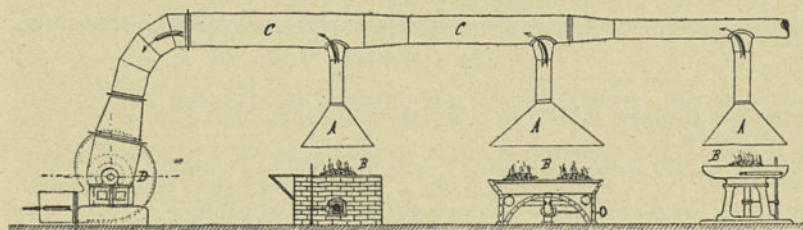


Fig. 86.

sont un peu denses, un état de gêne et une irritation des organes de la respiration.

Leur enlèvement s'opère au moyen de hottes fixes ou mobiles A, placées au-dessus des foyers B, qui les dégagent (fig. 86).

Ces hottes sont reliées par des branchements à un collecteur général C, qui est en communication avec un ventilateur D.

Les tuyaux d'évacuation, suspendus dans les pièces à assainir, sont ordinairement métalliques, en tôle galvanisée ou en zinc.

Leur diamètre, au départ des hottes, est compris entre 0,15 m. et 0,20 m.; les raccords et les coudes peuvent être beaucoup moins soignés que dans les conduites à poussières. Les angles de



pénétration des tubulures dans le collecteur, peuvent varier de  $45^{\circ}$  à  $90^{\circ}$ , sans autre inconvénient qu'une perte de charge plus ou moins importante.

Pour ne pas incommoder les ouvriers, la vitesse de l'air, à l'entrée des hottes, est comprise entre 1 mètre et 1,50 m. par seconde ; dans les conduites, cette vitesse peut être quelconque, ordinairement de 10 à 12 mètres.

Pour l'entraînement de l'air mélangé aux fumées, le ventilateur type hélicoïdal, à faible pression, est presque exclusivement employé ; le mélange est refoulé, soit dans les cheminées de l'usine, soit au-dessus des toitures.

**232. Vapeurs d'eau.** — Si les buées ne sont pas accompagnées de gaz méphitiques, elles ne deviennent dangereuses que par l'humidité qu'elles entretiennent dans les locaux où séjournent les ouvriers qui sont ainsi exposés à contracter certaines maladies.

Il est assez difficile de se débarrasser de ces vapeurs. On a essayé, dans les teintures et les apprêts des textiles, dans les blanchisseries, les fabriques de papier, où elles sont en surabondance, de les évacuer par des croisées latérales et surtout par des lanternons supérieurs, à persiennes, ouverts sur les toitures des ateliers.

Cette évacuation n'est que partielle par les temps secs ; elle est à peu près nulle par les temps froids et humides :

A mesure que les vapeurs chaudes s'échappent des cuves ou des bacs, elles s'élèvent par leur moindre densité, puis, rencontrant des couches d'air de plus en plus froides, se contractent, se condensent et retombent ensuite, en grande partie, sous forme de brouillard ou de gouttelettes d'eau. Les vapeurs forment, dans les ateliers, les jours où l'air est près de son point de saturation, des masses denses et épaisses.

Leur entraînement ne peut-être assuré que par une ventilation mécanique qui, parfois insuffisante, nécessite l'envoi, dans les parties basses de l'atelier à assainir, d'une certaine quantité d'air chaud et sec qui s'élève, se sature d'humidité au contact des vapeurs, dissipe les buées et concourt à leur entraînement. S'il existe dans l'usine une ventilation générale, on disposera un bran-



chement donnant, les jours humides, une certaine quantité d'air fourni par la conduite principale de ventilation.

Pour l'enlèvement des buées et vapeurs d'eau, on établit des hottes fixes et mobiles enveloppant les parties supérieures des machines à papier (fig. 87), des cylindres d'apprêt, ou surmontant

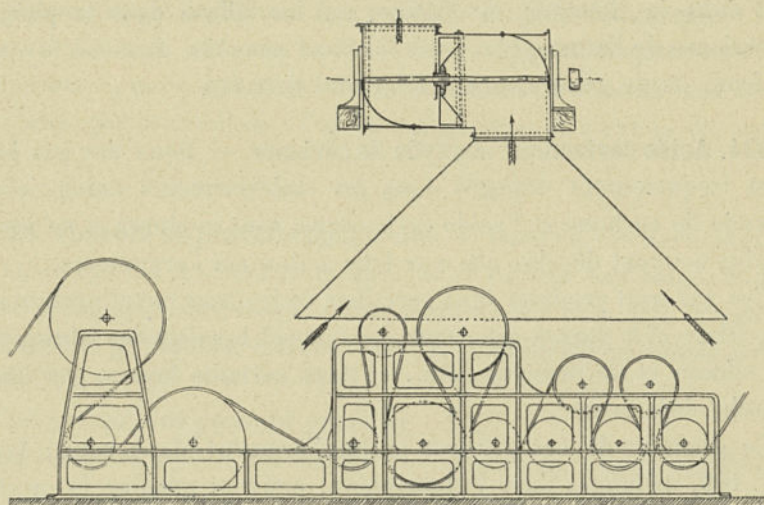


Fig. 87.

les bacs contenant le liquide chaud. Ces hottes communiquent, par des branchements supérieurs, avec un collecteur qui aboutit à un ventilateur aspirant.

Comme pour les fumées, la vitesse du mélange, dans les conduites, varie de 10 à 12 mètres et les attaches des tubulures aux collecteurs, peuvent se faire à un angle quelconque.

La vitesse d'entrée, dans les hottes, est assez élevée, elle varie avec leur distance à la surface du liquide ; pour être efficace, elle est ordinairement de 2 à 3 mètres par seconde. Les ouvriers en sont parfois un peu incommodés, mais les inconvénients sont moindres que ceux d'une atmosphère humide.

**233. Des gaz.** — Dans certaines opérations industrielles, il se produit des dégagements de gaz dangereux qui peuvent occasionner soit l'empoisonnement, soit l'asphyxie ; généralement, leur présence est décelée par une odeur caractéristique, c'est le cas du chlore, de l'acide sulfureux, etc.



Il faut enlever ces gaz des locaux où ils se dégagent et, comme on ne peut les rejeter à l'extérieur, les faire disparaître.

Pour cela, on les aspire, au moyen d'un ventilateur, dans des conduites de même forme et de même disposition que celles employées pour l'enlèvement des fumées. Ils sont ensuite refoulés soit dans la cheminée de l'usine, qui les diffuse dans la partie supérieure de l'atmosphère, soit, si c'est possible, dans les foyers de fours ou de générateurs, où ils sont détruits.

**234. Acide carbonique et oxyde de carbone.** — Deux des gaz les plus fréquemment dégagés dans les établissements industriels, l'oxyde de carbone et l'acide carbonique, sont inodores et ne sont le plus souvent décelés que par leur action sur l'organisme.

Ces gaz sont produits dans certaines opérations métallurgiques, le grillage et le gazage des tissus, les rames à brasiers des fabriques de velours et de peluches, etc., et dans certains foyers, par une marche défectueuse.

Le premier de ces gaz est particulièrement dangereux ; 1 à 2 p. 100, mélangés dans l'atmosphère, peuvent amener la mort. D'après M. Brouardel, la proportion de ce gaz toxique qui peut rendre une atmosphère dangereuse est infiniment petite ; il suffit qu'un milieu contienne un cent millième d'oxyde de carbone, pour produire dans l'organisme de sérieux désordres<sup>1</sup>. Le second est un gaz inerte ; mais sa présence, en certaine quantité, dans l'atmosphère peut la rendre irrespirable.

Le dégagement de ces gaz s'opère ordinairement par des foyers à haute température ; ils s'évacuent directement dans l'atmosphère extérieure, au moyen de cheminées d'appel ou de hottes placées au-dessus des foyers.

Dans quelques cas assez rares, on se sert, pour leur enlèvement, d'appareils mécaniques dont les dispositions sont les mêmes que celles employées pour les fumées.

Il est quelquefois impossible d'évacuer ces gaz à l'extérieur, par exemple, lorsque l'on emploie des braseros ; ces foyers pri-

<sup>1</sup> Un nouvel appareil avertisseur de la présence du gaz oxyde de carbone vient d'être imaginé par MM. Albert Lévy et Pécoul et présenté à l'Académie des sciences. Il est extrêmement simple et économique et peut déceler des traces de ce gaz.

Cet appareil pourrait être avantageusement appliqué dans certaines usines.



mitifs sont utilisés, pendant la mauvaise saison, soit, par des entrepreneurs, pour activer le séchage de bâtiments en construction, soit, pour le chauffage de hangars servant au montage d'appareils de chaudronnerie, de fumisterie, etc.

Cet appareil se compose d'une grille ouverte, remplie de coke incandescent qui constitue le chauffage le plus dangereux et le plus irrationnel, car non seulement il répartit inégalement la température, mais encore produit, constamment et en abondance, les deux gaz incriminés : l'acide carbonique et l'oxyde de carbone.

**235. Vapeurs de produits chimiques.** — Dans un certain nombre de fabriques de produits chimiques, il se répand des émanations dont il faut se débarrasser ; on ne peut donner pour cela que des indications générales, chaque cas comportant des solutions particulières.

Ces émanations peuvent provenir :

De vapeurs acides, excitantes et suffocantes : acide chlorhydrique, azotique, etc.

De vapeurs toxiques : sulfure de carbone, phosphore, mercure, etc.

Enfin, de vapeurs inflammables : sulfure de carbone, éther, pétrole, benzine, etc.

Bien que leur diffusion puisse être quelquefois atténuée en veillant au bon entretien et au lutage des conduites, il faut cependant installer, dans les salles de travail, une aspiration mécanique dont les dispositions sont déterminées par la densité et la nature de ces vapeurs.

Si elles sont plus légères que l'air ambiant, vapeurs d'éther, par exemple, on doit les recueillir dans des hottes fixes ou mobiles, placées le plus près possible de l'origine du dégagement et communiquant avec un tuyau collecteur suspendu à la partie supérieure des locaux. Ce collecteur est percé d'orifices supplémentaires destinés à aspirer les quelques gaz qui auraient pu échapper aux hottes d'aspiration ;

Quand ces vapeurs sont, au contraire, plus denses que l'air : vapeurs acides, vapeurs d'alcool, de sulfure de carbone, de ben-



zine ; l'aspiration doit être opérée par des capotes en entonnoir ou des enveloppes débouchant aussi près que possible des points de dégagement.

Ces orifices, largement ouverts, sont disposés, ainsi que les conduites qui leur font suite, pour que les vapeurs soient constamment entraînées de haut en bas.

Si ces orifices ne pouvaient s'ouvrir qu'au niveau ou près du sol de l'atelier, on devrait, pour régulariser l'entraînement des couches de vapeur à évacuer, leur donner la plus grande dimension d'entrée possible et les sectionner, au moyen de cloisons directrices subdivisant les courants.

Le collecteur, placé au-dessous du sol, communique avec un ventilateur aspirant ; il est muni de branchements s'ouvrant à tous les points bas de la salle à assainir, on fait ainsi disparaître les vapeurs dangereuses, inflammables ou toxiques, qui pourraient s'amasser accidentellement dans ces parties de l'atelier.

Quoique l'on ait presque toujours à évacuer des vapeurs dont la densité est différente de celle de l'air, il ne faudrait pas en conclure qu'elles se localisent totalement, suivant leur densité, soit à la partie inférieure, soit à la partie supérieure des locaux ; c'est en ces points qu'elles sont naturellement en plus grande abondance, mais elles se diffusent, plus ou moins, dans l'ensemble de l'atmosphère. Aussi, les appareils aspirateurs, bien qu'indispensables et imposés par la loi, sont presque toujours insuffisants et ne peuvent assurer l'enlèvement des vapeurs que si on les complète en installant dans les salles de travail, une ventilation générale.

Les dispositions et dimensions des canalisations d'enlèvement de ces vapeurs ne présentent rien de particulier ; on peut les assimiler à celles de l'évacuation des fumées et des gaz. La vitesse de l'air est plus élevée dans les conduites où circulent les vapeurs lourdes que dans les autres ; cette vitesse varie, selon les cas, entre 15 et 25 mètres par seconde.

Si les vapeurs entraînées attaquaient les métaux qui entrent dans la construction des appareils de ventilation ou des conduites, on emploierait, pour les uns, du cuivre ou du métal plombé qui



résiste aux acides, pour les autres, du grès; on pourrait aussi les recouvrir d'un enduit inattaquable, brai ou vernis.

Ces vapeurs ne peuvent être rejetées à l'extérieur, elles contamineraient l'atmosphère et provoqueraient des difficultés avec le voisinage. Pour s'en débarrasser, il faut, quand on le peut, les brûler dans des foyers ou les condenser; cette dernière solution est la meilleure, car elle reconstitue le produit primitif et réduit les déchets de fabrication.

La condensation s'opère, soit au moyen d'une série d'augets ou de bonbonnes se communiquant, dans lesquels le liquide se concentre; soit par barbotage direct dans les liquides à enrichir; soit enfin, au moyen de tours à coke ou à chicanes, dans lesquels l'extrême division des vapeurs et du dissolvant rendent leurs contacts plus intimes.

Ainsi que nous venons de l'indiquer dans les descriptions précédentes, les dispositions employées pour l'enlèvement des résidus viciant les salles de travail, sont: leur aspiration aux points de dégagements et leur refoulement à l'extérieur ou dans les salles de dépôts.

Dans la pratique, les difficultés à vaincre, pour atteindre ces résultats, sont multiples.

A l'aspiration, il y a insuffisance:

1° Quand les capots et les hottes doivent être reportés à une certaine distance de l'origine de formation des résidus, pour dégager l'approche des machines et faciliter les manipulations des marchandises en travail.

2° Quand il y a surabondance des produits à enlever, comme pour les buées.

3° Quand la vitesse des particules lancées par l'outil est plus grande que celle de l'air aspiré; c'est le cas des disques à polir.

Au refoulement, il se présente des difficultés d'un ordre différent:

1° Lorsque les résidus doivent être noyés et qu'on les précipite au moyen de pulvérisateurs, cette opération n'est faite qu'au prix d'une importante quantité d'eau qui doit être fournie à une pression de 2 à 5 kilogrammes; de plus, le nettoyage des magmas formés est assez laborieux.



2° Lorsque les déchets doivent être recueillis à sec et que les quantités en sont importantes, il est rare de pouvoir donner aux chambres à poussières, aux filtres qui les prolongent ou aux panneaux qui les ferment, des dimensions suffisantes. Même en multipliant ces panneaux et les munissant d'appareils à secousses ou à renversement de courant, leur surveillance doit être constante et les nettoyages fréquents.

3° Lorsque les résidus se collent aux filtres, comme les poussières des scieries de sucre, des rôtisseries de café, elles empâtent les grillages en entraînant avec elles des matières grasses et adhérentes.

La plupart de ces difficultés surgissent quand il s'agit de débarrasser intégralement les salles de travail des produits qui les vicie, et les exemples que nous venons de donner ont pour but d'indiquer quels sont les obstacles auxquels se heurte l'ingénieur qui a la charge d'étudier et d'appliquer les solutions de ces problèmes d'hygiène, pour lesquelles il ne devra compter que sur son expérience et son jugement.

Dans la pratique, il se contentera d'un à peu près suffisant et s'efforcera d'obtenir le maximum d'améliorations, avec les moindres dépenses; il n'emploiera les solutions radicales que lorsqu'il y aura véritablement nécessité :

Si les émanations incommode le voisinage et font craindre des difficultés ou des procès.

Si elles peuvent faire courir des risques d'incendie ou d'explosions.

Si elles créent des dangers mortels pour l'ouvrier.

Nous terminerons cet exposé en engageant à nouveau l'industriel à introduire dans ses ateliers, au point de vue de l'hygiène, les modifications que les travaux et les découvertes modernes lui indiquent; par cette prévoyance bien entendue, non seulement il trouvera des résultats directs dans une augmentation de production, mais encore, il apportera, au point de vue humanitaire, une amélioration au sort de son personnel ouvrier.



## CHAPITRE XII

### ENLÈVEMENT DES POUSSIÈRES, BUÉES, VAPEURS, APPLICATIONS

Dans l'un des chapitres précédents, où nous avons décrit un certain nombre d'installations d'usines, il a été exposé qu'il y avait nécessité, dans quelques-unes d'entre elles, d'installer à côté de la ventilation générale des ateliers, des dispositifs spéciaux pour l'enlèvement des buées, fumées et résidus.

Nous allons donner le détail de quelques-uns de ces dispositifs, en indiquant comment on a dû procéder, dans d'anciennes usines, pour les mettre, sur ce point, en conformité avec la législation sanitaire.

**236. Usine de Bourg-le-Péage.** — Cette usine (n° 198) est installée pour la fabrication de chapeaux de feutre. Dans certaines salles de travail, on a disposé, en plus du chauffage et de la ventilation générale, des appareils spéciaux pour l'enlèvement des buées, vapeurs et poussières.

*Enlèvement des buées.* — L'enlèvement des buées se fait dans les deux salles suivantes :

Salle de dressage ;

Salle de relavage ;

Les marchandises y sont traitées dans des bacs, par l'eau bouillante, et les buées produites sont extrêmement intenses. On cherchait autrefois à les dégager par des lanternons placés dans les charpentes ; mais, au contact des couches froides supérieures, les jours humides, elles se résolvaient en pluie et en brouillard épais qui retombaient dans les ateliers.

Pour faire disparaître ces vapeurs, on a installé, au-dessus de



chacun des bacs, des hottes prolongées par des tuyaux verticaux de 0,20 m. de diamètre, réunis par un collecteur aboutissant à une cheminée d'évacuation. Dans cette cheminée a été disposé un ventilateur hélicoïdal, de 0,45 m. de diamètre, mû par un petit moteur électrique triphasé.

Les buées sont ainsi enlevées, à mesure de leur formation, pendant la plus grande partie de l'année. Certaines journées très humides de l'hiver, on augmente la puissance d'action des appareils aspirateurs par des envois d'air chaud à la partie inférieure des ateliers.

Pour fournir cet air chaud, on a branché, sur le collecteur de ventilation générale de l'usine, une conduite qui débouche, dans les salles à assainir, par plusieurs orifices placés près du sol.

Étant donnée sa température, cet air s'élève rapidement, rencontre les buées en suspension dans l'atelier, se sature, et les dissipe; il est ensuite entraîné dans les hottes d'aspiration, et rejeté au dehors.

*Evacuation d'air chaud.* — Dans la salle de vaporisation sont disposées un certain nombre d'étuves; bien qu'on ait eu soin de protéger leurs parois par un calorifuge, il se produit un rayonnement qui, en été, élève sensiblement la température de cette salle.

Pour la rafraîchir on a simplement installé, dans la toiture, une cheminée d'appel et pratiqué, dans les parties basses, des orifices d'arrivée d'air, en communication avec la ventilation générale de l'usine; on produit ainsi un courant d'air frais qui rend supportable l'atmosphère de l'atelier.

Une ventilation mécanique, placée dans la cheminée d'appel, serait encore plus efficace, mais compliquerait les dispositions actuelles qui paraissent suffisantes.

*Vapeurs d'alcool.* — Dans la salle d'apprêt, les marchandises en traitement répandent de grandes quantités de vapeurs d'alcool qui sont dangereuses aussi bien au point de vue du désordre qu'elles peuvent apporter à la santé des ouvriers, qu'à celui des chances d'explosions ou d'incendies. Il importe absolument de les faire disparaître (fig. 88).

Les chapeaux, après avoir été trempés dans des bassines à



alcool, sont déposés sur les rayons d'étendages A, placés le long de l'une des cloisons fermant la salle d'apprêts.

Les vapeurs d'alcool, plus lourdes que l'air, tendent à se concentrer au ras du sol; c'est en ce point qu'il faut les aspirer, car on ne peut songer à établir les hottes d'aspiration vers les sources de dégagement.

Un ventilateur hélicoïdal D, aspire le mélange d'air et de vapeur dans un collecteur B, placé au-dessous du sol. Ce collecteur

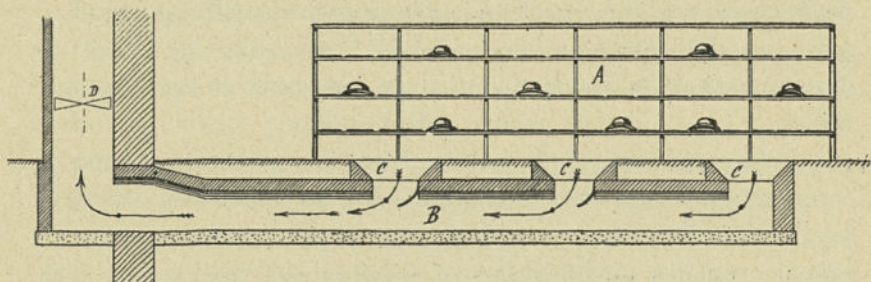


Fig. 88.

se subdivise en plusieurs ramifications qui viennent déboucher par de larges ouvertures C, en dessous des étendages et de la table supportant les bassines. Afin de régulariser l'aspiration et empêcher la formation de veines d'air, ces ouvertures sont divisées par un certain nombre de cloisons formant chicanes et multipliant les points d'appel. Le mélange est refoulé dans un canal communiquant avec une cheminée élevée qui débouche bien au-dessus des toitures.

Depuis que ces dispositions ont été adoptées, l'odeur caractéristique de l'alcool a presque complètement disparu de la salle d'apprêt, et le personnel, qui était autrefois fréquemment incommodé par ces vapeurs, se trouve aussi à son aise dans cet atelier, que dans les autres parties de l'usine.

*Evacuation des poussières.* — Dans la nouvelle usine, il ne se produit de poussières, en quantités importantes, que dans la salle de ponçage. Leur enlèvement est effectué par un ventilateur à force centrifuge, aspirant, dans un collecteur placé à l'arrière des machines, le mélange d'air et de poussières. Des branchements partent de chacune des ponçuses, pour se réunir à un collecteur.



Le mélange est ensuite refoulé hors du bâtiment, dans une grande chambre à poussières surmontée d'une cheminée.

La vitesse de l'air, dans les canalisations, est d'environ 12 mètres par seconde ; dans la chambre à poussières, elle s'abaisse à moins d'un mètre.

**237. Usines de Plancher-les-Mines.** — Notre attention avait été appelée, il y a quelques années, sur ces questions d'enlèvement des fumées et résidus, par l'étude que nous avons faite, à titre d'expert, des éléments d'un procès, entre l'Inspection du travail du département de la Haute-Saône et un industriel de Plancher-les-Mines.

L'Inspection avait relevé, contre ce dernier, un certain nombre de contraventions à la loi d'hygiène, dont il ne contestait pas le bien fondé, mais il demandait qu'il lui fût indiqué clairement, dans un rapport, quelles modifications et réparations, compatibles avec son genre d'industrie, il aurait à faire exécuter dans ses ateliers pour donner satisfaction aux lois sanitaires.

Les locaux plus spécialement visés étaient :

a) Une boulonnerie, dans laquelle se trouvaient installés 49 fours à réchauffer, laissant échapper assez fréquemment des fumées épaisses qui, non seulement viciaient l'air de la salle du rez-de-chaussée, mais encore se répandaient à l'étage supérieur contenant la tournerie, par les cages des monte-charges et les fissures du plancher.

b) Une fonderie de pièces en laiton pour lustrerie et appareils à gaz, à laquelle était jointe, dans la même salle, une série de brosses circulaires à dessabler, ainsi que des meules pour ébarber les pièces brutes.

Comme il importe, dans ce genre d'industrie, de récupérer le métal resté dans les crasses des creusets à fondre, les sables de fonderies et les poussières d'atelier ; tous ces résidus étaient bocardés à sec, puis envoyés dans un tamis à secousses qui séparait les parties métalliques des autres résidus.

Ces différents traitements répandaient dans les ateliers des poussières intenses.

c) Un atelier de polissage et d'avivage de pièces en laiton, dans



lequel étaient installés des établis longitudinaux supportant une série de polissoirs à disques, en drap ou à brosses, qui projetaient dans l'atmosphère des filaments de feutre et des particules d'émeri et de craie.

Avant d'indiquer une solution, nous avons tenu à examiner, dans plusieurs usines similaires de la région divers appareils récemment installés pour l'enlèvement de déchets.

Pour le traitement des fumées, nous avons visité une boulonnerie de 33 fours, dans laquelle étaient établis cinq appareils d'évacuation des fumées; soit un appareil pour sept fours. Ces derniers étaient surmontés de hottes rectangulaires communiquant, par leur partie supérieure, à des tuyaux de 0,20 m. de diamètre qui débouchaient, à leur tour, dans deux collecteurs inclinés se réunissant dans une cheminée centrale, d'un diamètre de 0,60 m. traversant les toitures de l'usine. Un ventilateur hélicoïdal, à axe vertical, mû par une transmission, était placé dans cette cheminée, un peu au-dessous du plancher supérieur de la salle des fours; il entraînait les fumées et les gaz.

La vitesse de l'air, à l'entrée des hottes, ne dépassait pas 1 mètre par seconde et cette ventilation, à l'époque de cette visite, courant août, procurait au personnel une certaine sensation de bien-être.

Il n'y avait pas trace de fumée dans la salle, même au moment du rechargement des fours.

Une production accidentelle de fumée que nous avons provoquée, en dehors des hottes, nous a montré que leur rayon d'action était assez considérable et que le mouvement de l'air, dans leur direction, était très apparent.

Pour l'enlèvement des poussières de fonderie, nous avons visité différentes usines pourvues des dispositions suivantes :

Les disques des meules et brosses à ébarber étaient entourés, sur la demi-circonférence arrière, d'une enveloppe métallique débouchant dans un collecteur horizontal placé au-dessous de l'établi supportant ces machines. Un ventilateur à force centrifuge aspirait l'air dans ces collecteurs et le refoulait dans une chambre à poussières, surmontée d'une cheminée.



Les poussières d'atelier et les résidus de fonderie étaient traités par voie humide :

Après un arrosage abondant, ils étaient broyés sous un meu-

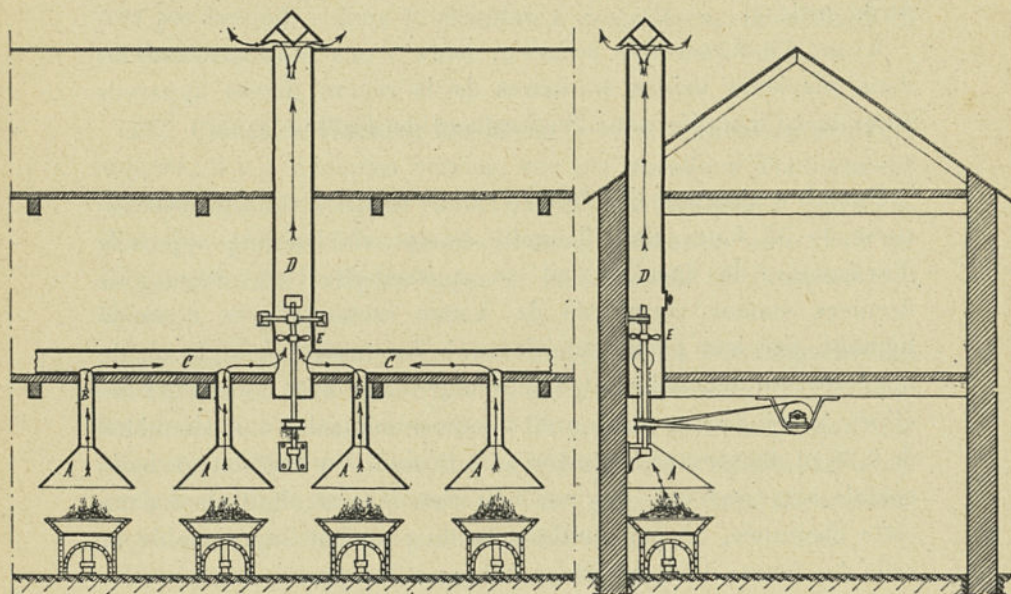


Fig. 89.

leton, d'où ils tombaient dans un appareil laveur, avec piston à eau, à peu près semblable aux cribles à secousses du Harz.

En suite de la vibration de l'eau, dans la masse des résidus, il se formait une espèce de stratification dans l'ensemble; les matières se classant par densité. Les tranches inférieures, les plus riches en métal, contenant des particules de cuivre presque pur, étaient enlevées par des raclettes, à mesure de leur formation. Les parties les plus élevées, sables fins et parcelles métalliques extrêmement ténues, étaient entraînées, par le courant d'eau, dans un bassin de décantation, où elles se déposaient.

Nous avons, en suite de ces études, indiqué les solutions suivantes, qui ont été exécutées :

a) Les 19 fours de la boulonnerie ont été partagés en trois groupes de 6 et 7 foyers, à marche commune, qui sont surmontés chacun de hottes en tôle A, dont la section est carrée, de 1,50 m.



de côté. Elles sont prolongées par des tuyaux B, de 0,20 m. de diamètre, débouchant dans deux collecteurs C, de 0,40 m. qui aboutissent à une cheminée verticale D, de 0,60 m. de diamètre. Cette cheminée reçoit un ventilateur hélicoïdal E, à arbre vertical, tournant à 900 tours par minute (fig. 89).

Des registres ont été placés au départ des tuyaux pour régulariser la vitesse d'entrée du mélange qui, sans cela, serait plus grande aux hottes les plus rapprochées de la cheminée. On a ménagé, en outre, deux ouvertures supplémentaires placées au-dessous du plafond de chaque étage afin d'aspirer les quelques fumées qui, échappant aux hottes, se répandent à la partie supérieure des locaux.

b) Pour les meules à ébarber et les disques à polir, la partie postérieure de chaque plateau tournant a été munie d'une enveloppe métallique, avec volets à charnières pouvant découvrir la presque totalité de l'outil, quand on travaille des pièces de grandes dimensions.

La partie inférieure de ces enveloppes se prolonge par un conduit vertical qui traverse l'établi et plonge dans une boîte à poussières, amovible, dans laquelle s'arrêtent les particules métalliques lourdes.

Un collecteur réunit, par l'arrière, toutes ces boîtes à poussières et aboutit à un ventilateur à tambour qui refoule le mélange dans un classeur tronconique, au-dessus duquel s'élève une cheminée d'évacuation.

Le ventilateur a un diamètre de 0,60 m. et peut débiter de 9 à 10 000 mètres cubes d'air par heure; il suffit pour desservir 20 polissoirs ou brosses.

c) Après avoir été arrosés d'eau, les crasses et résidus de fonderie sont bocardés, puis traités par voie humide, au moyen d'un appareil laveur à secousses.

Cette installation fournit un des exemples les plus probants des avantages que l'on peut avoir à évacuer et traiter les résidus de certaines fabrications. Non seulement, dans cette usine, on a récupéré, en très peu de temps, les frais d'assainissement des ateliers; mais encore, le traitement, par voie humide, des crasses et des poussières de fonderie, procure à l'industriel des bénéfices



appréciables. On recueille actuellement, par les procédés de lixiviation indiqués plus haut, une certaine quantité de cuivre, dont la majeure partie se perdait auparavant.

Encouragé par ces résultats, l'industriel, pour mieux utiliser ses classeurs, achète aujourd'hui les résidus de petites fonderies de la région et trouve encore un certain bénéfice au traitement de ces sous-produits.

238. Usine à Saint-Chamond. — Fabrication de fourches, de

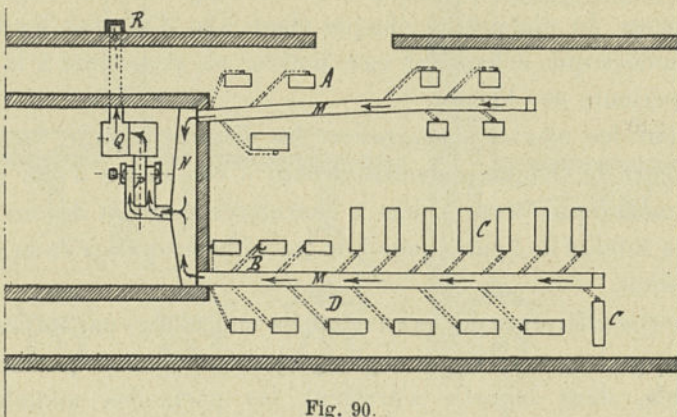


Fig. 90.

louchets, de triandines, etc. Il s'agissait d'assainir une salle de meulage et polissage, dont l'outillage était le suivant :

7 meules à émeri A, en composition.

5 polissoirs à disques B, avec plateaux circulaires en bois recouverts d'émeri ;

8 machines à polir C, à courroies sans fin horizontales, recouvertes d'émeri ;

4 machines à polir D, avec courroies verticales.

On y traite des pièces en acier. Les poussières produites sont un composé de parcelles métalliques et poussières minérales (émeri, agglomérant et colle forte).

Les outils sont disposés en deux séries, de chaque côté du local ; entre chaque rangée, au-dessous du sol, on a installé deux collecteurs longitudinaux M, dans lesquels les résidus sont amenés par des tuyaux métalliques, en communication avec les enveloppes des meules et des polissoirs.



Ils sont prolongés par deux conduites en tôle N, aboutissant aux ouïes d'un ventilateur aspirant et refoulant P, à force centrifuge, pouvant mettre en mouvement 15 000 mètres cubes d'air à l'heure (fig. 90).

Les poussières, projetées dans les capotes des meules et des polissoirs, sont aspirées par le tourbillon d'air, glissent dans les tuyaux communiquant avec les collecteurs et viennent retomber dans ces derniers.

Les parties lourdes des résidus restent dans les collecteurs qui servent de chambres à poussières et les particules légères sont entraînées, par le courant d'aspiration, jusqu'au ventilateur.

Les tuyaux, qui partent des capotes des meules pour aboutir aux collecteurs, ont un diamètre intérieur de 0,09 m. ; ils portent des registres à papillon destinés à fermer la communication, quand la meule ne fonctionne pas.

Les collecteurs sont construits en béton de mâchefer, enduit à l'intérieur de ciment lissé ; des ouvertures y sont ménagées pour en opérer le nettoyage.

Les poussières légères sont refoulées par le ventilateur dans une caisse en tôle Q, à demi remplie d'eau (n° 203). Le mélange d'air et de poussières en suspension vient d'abord frapper la surface de l'eau, puis est brisé par une tôle de chicane, avant de se rendre dans une cheminée verticale R, d'évacuation, qui débouche au-dessus des toitures de l'usine.

L'air, dans la caisse à eau, se dépouille de la presque totalité des poussières légères qu'il entraînait. Comme l'usine est éloignée de toute habitation, les quelques poussières folles rejetées dans l'atmosphère ne présentent aucun inconvénient.

La vitesse de l'air, dans les conduites d'aspiration, atteint 25 mètres par seconde.

**239. Usines de chaussures à Villeurbanne et aux Avenières (n° 200).** — Certaines opérations, dans ces fabriques de chaussures : ponçage, fraisage des talons et des semelles, etc., laissent échapper des poussières légères et abondantes qui restent assez longtemps en suspension et se répandent sur les marchandises voisines et dans les organes des machines. Aussi, bien avant que des mesures



d'hygiène eussent été imposées dans les usines, les constructeurs de ces machines spéciales les fournissaient pourvues d'appareils aspirateurs de poussières, comprenant un petit ventilateur rejetant les résidus dans un collecteur principal terminé par des chambres des dépôts.

Les dispositions de ces appareils de ventilation sont souvent imparfaites : les orifices d'aspiration des résidus sont trop éloignés des points de production et les canalisations ont des changements de direction brusques, des coudes de faible rayon, des étranglements; les engorgements sont fréquents et beaucoup de poussières, échappant à l'action des ventilateurs, se répandent dans les ateliers.

Pour les faire disparaître, on a prolongé le collecteur autour d'une partie des salles à assainir, en lui ménageant des ouvertures d'aspiration pouvant être fermées par des registres; et, à l'une des extrémités de ce collecteur, du côté des chambres à poussières, on a installé un ventilateur à force centrifuge, pouvant mettre en mouvement 5 à 6 000 mètres cubes d'air par heure.

Ce ventilateur, en formant une dépression, aide au fonctionnement des appareils de ventilation placés sur chacun des outils : il augmente leur action et facilite les dégagements des conduites; de plus, il aspire, dans l'ensemble de la salle, les poussières folles qui ont échappé aux ventilations locales. Il refoule ensuite le mélange d'air et de poussières, dans des chambres munies de chicanes et pourvues, à leurs extrémités, de cheminées débouchant au-dessus des toitures de l'usine.

La vitesse du courant dans le collecteur est d'environ 20 mètres par seconde; elle tombe à 4 mètre, dans les chambres à poussières.

---



## CHAPITRE XIII

### APPAREILS DE SÉCHAGE

Nous avons montré, dans les chapitres précédents, comment on doit, pour répondre aux exigences de l'hygiène, disposer, dans les usines, le chauffage et la ventilation.

Dans certaines industries cependant, ces installations demeuraient insuffisantes. Pour des raisons spéciales de séchage ou d'apprêts, — les manipulations s'opérant à l'intérieur des chambres de chauffe, — il restait toujours des ateliers où les ouvriers circulaient dans une atmosphère malsaine : chaude et humide.

Dans quelques-unes des usines que nous avons construites ces dernières années, on a remédié à ces inconvénients en créant des dispositions particulières, nouvelles dans certaines parties, permettant d'effectuer le chargement et le déchargement des marchandises, en dehors des étuves, à l'air, et à température normale.

Bien qu'elles n'entrent pas directement dans le cadre de cet ouvrage, comme elles offrent, au point de vue de l'hygiène et de l'aménagement industriel, un certain intérêt, nous décrirons quelques-unes des dispositions qui nous ont paru répondre le mieux aux exigences de la fabrication et à la sécurité du travail.

**240. Séchage.** — L'opération du séchage a pour but de distraire, par évaporation, l'humidité contenue dans certaines marchandises.

On emploie, pour cela, divers procédés :

1° *A air libre* : Ce mode de séchage est économique, mais irrégulier, et dépend de l'état hygrométrique de l'air, de son agitation et de sa température. Il est surtout employé pour le linge, les bois débités, les briques et les matières pulvérulentes.



2° Par *procédés mécaniques* : Presses et essoreuses.

Ces procédés enlèvent la plus grande partie de l'eau renfermée dans les matières à sécher, ils doivent néanmoins être complétés par l'action de la chaleur ou l'exposition à air libre.

3° Par l'emploi d'étuves, dans lesquelles la chaleur est transmise aux substances à sécher soit *directement* par un foyer ou un appareil de chauffe, soit à l'aide d'un *courant d'air chaud*, soit par la combinaison des deux dispositions, *courant d'air chaud et appareil de chauffe*.

Nous avons plus spécialement étudié ces séchoirs à température, au point de vue de l'hygiène et des résultats économiques; nous allons donner quelques-unes de leurs dispositions.

#### § 1. — SÉCHAGE PAR CHAUFFAGE DIRECT

241. — Dans ce séchage, la chaleur est transmise, à distance, des appareils de chauffe aux marchandises à sécher, par le rayonnement de foyers ou de radiateurs. Ce procédé est employé pour la sèche de tissus qui ne peuvent supporter des frottements ou des froissements, comme le velours, les peluches, les toiles peintes, etc.

La chaleur peut aussi être transmise, par contact, au moyen de cylindres métalliques et de panneaux, dans l'intérieur desquels circule la vapeur. Ces séchoirs sont fort répandus dans certaines industries et forment souvent le complément des machines à teindre, à apprêter, dans lesquelles ils sont utilisés pour le séchage et le lissage d'étoffes que l'on enroule ou qui glissent sur les surfaces chauffées.

Le rendement de ce mode de sèche est assez faible, car les pertes par rayonnement sont considérables; une partie notable des surfaces radiantes n'étant pas utilisée.

#### § 2. — SÉCHAGE PAR L'AIR CHAUD

Pendant longtemps on a cru que pour sécher, la chaleur seule devait intervenir; il est aujourd'hui démontré que le renouvellement de l'air est très favorable à la rapidité et à la régularité du



séchage. Aussi emploie-t-on simultanément la chaleur et le renouvellement de l'air, dans des séchoirs à air chaud.

Un séchoir à air chaud se compose d'une longue chambre ou de plusieurs chambres consécutives, pourvues, à l'une de leurs extrémités, d'un orifice d'introduction de l'air et, à l'autre, d'un orifice de sortie. Dans les établissements industriels, pour renouveler cet air, on a presque toujours recours à une ventilation mécanique.

Suivant le mode de chargement et de déchargement des matières à sécher, les séchoirs à air chaud peuvent se diviser en trois classes :

Dans la première, chacune de ces opérations est effectuée dans toute l'étendue du séchoir ; c'est l'appareil à charges complètes.

Dans la seconde, ces opérations sont fractionnées et intermittentes.

Dans la troisième, le chargement et le déchargement sont continus.

**242. Séchoir à charges complètes.** — Ce séchoir se compose d'une chambre dans laquelle sont étalées des marchandises qui sont mises en contact avec l'air chaud.

On peut distinguer dans l'opération trois phases successives, au courant desquelles la chaleur est diversement utilisée :

1° L'air chaud traverse les marchandises humides, les réchauffe tout en leur enlevant une partie de leur eau, se sature et se refroidit ; il sort à une température à peu près égale à la température extérieure ; presque toute la chaleur est utilisée.

2° La température des marchandises traitées s'élève progressivement à partir du point d'arrivée ; l'air, qui ne perd plus qu'une partie de sa chaleur en les traversant, sort saturé, mais à une température supérieure à celle de l'extérieur ; d'où, perte d'une partie de la chaleur, perte qui augmente à mesure que s'effectue l'opération.

3° Il arrive un moment où la dessiccation étant complète et la température des matières égale à celle de l'air d'arrivée, celui-ci sort sec et la chaleur est totalement inutilisée. On arrête l'opération.

Le courant d'air chaud est envoyé de l'extérieur, et pour qu'il



y ait plus de régularité dans la marche de la dessiccation, les orifices d'arrivée devront être disposés à la partie supérieure de l'appareil, et les orifices de sortie, à la partie inférieure.

Dans cette catégorie de séchoirs peut se ranger l'appareil suivant (fig. 91), de provenance américaine :

Il se compose d'une chambre A, à la partie inférieure de laquelle est disposée une série de radiateurs à vapeur *m*, surmontés de

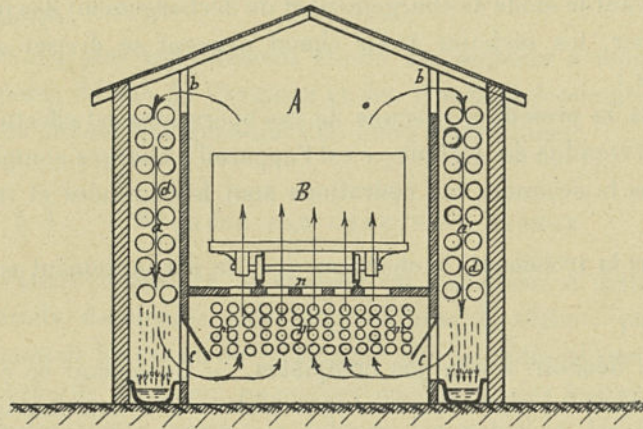


Fig. 91.

deux rails pour le parcours des wagonnets contenant les marchandises à sécher : bois débités, cuirs, cartons, etc.

Latéralement à cette chambre, sont disposés deux compartiments, *a* et *a'*, contenant des jeux de tuyaux d'eau froide servant de réfrigérants. Ces compartiments communiquent avec la chambre A, par deux ouvertures ; l'une, à la partie supérieure, *b*, l'autre, à la partie inférieure, *c*.

L'air se chauffe au contact des radiateurs, tend à s'élever à la partie supérieure de la chambre, traverse les marchandises mouillées et se sature ; il se répand ensuite dans les compartiments latéraux où, au contact des parois froides, il se dépouille, par condensation, de l'eau qu'il contient. Refroidi, il descend, rencontre à nouveau les radiateurs, se réchauffe et recommence son cycle.

Les gouttelettes de vapeur condensée tombent dans un caniveau inférieur, d'où elles sont évacuées au dehors.



Dès que les marchandises sont sèches et qu'il n'y a plus de condensation, les wagons sont sortis et remplacés par d'autres, contenant des marchandises mouillées, pour une nouvelle opération.

Ce système de séchoir nous a paru intéressant ; nous le croyons d'une action rapide, mais d'un rendement économique réduit. Les pertes de température doivent être importantes ; elles proviennent de la transmission d'une partie de la chaleur à l'eau froide condensant la vapeur, de la perte d'air chaud et du refroidissement de la chambre de sèche, au moment du rechargement.

**243. Séchage fractionné et intermittent.** — Dans ces séchoirs, pour obtenir les meilleurs résultats économiques, il faut, d'une part, que l'air humide ne séjourne en aucun point de ces appareils, et, d'autre part, qu'il sorte saturé, à une température aussi rapprochée que possible de celle de l'atmosphère extérieure.

La première de ces conditions dépend de la distribution des matières dans le séchoir et de la position des orifices d'entrée et de sortie ; la seconde ne peut être remplie que par un séchage méthodique, dont les opérations sont convenablement réglées.

Ce séchage méthodique consiste à faire traverser les marchandises mouillées par un courant d'air sec, à température élevée, qui, au fur et à mesure qu'il s'avance vers la sortie, augmente de saturation et diminue de température. L'utilisation de la chaleur serait complète si l'air sortait saturé du séchoir et à la température extérieure.

Dans ce séchage, les marchandises en traitement sont :

Tantôt fractionnées sur un certain nombre de chariots ou de suspensions, allant à l'encontre de l'air chaud, avec une vitesse réglée pour que la partie la plus avancée ait terminé sa dessiccation avant d'être sortie du circuit, pour faire place à des marchandises mouillées, mises à la suite ;

Tantôt réparties dans des chambres contiguës parcourues successivement par l'air chaud qui se sature, en passant, de l'une à l'autre, sur des marchandises de plus en plus froides et mouillées.

**244. Séchoir à marche continue.** — Dans certains modes de sèche pour étoffes, linges ou matières pulvérulentes, le mouvement des marchandises est constant ; elles entrent mouillées par l'une



des extrémités de l'appareil, le traversent plus ou moins lentement, puis sortent sèches par l'autre extrémité. L'air est lancé en sens contraire des substances à sécher.

Cet appareil est composé, suivant les cas, soit d'une toile sans fin recevant les matières mouillées, soit de gaines ou de tambours tournants, dans lesquels les marchandises se meuvent au travers de l'air chaud.

*Retour d'air.* — Certaines substances : peaux, tissus, papiers, etc., ne peuvent supporter le séchage intense des appareils que nous venons de décrire ; elles sortent altérées, dures et cassantes.

Pour les utiliser, il faut leur rendre leur souplesse, en leur faisant reprendre une partie de leur humidité ; pour cela, on les étend à l'air libre à leur sortie des séchoirs, mais si la température n'est pas favorable, cette exposition est insuffisante et elles ne reprennent leur eau de constitution que lorsqu'elles sont apprêtées et glacées. Elles sont alors ternies et détériorées.

On peut employer un procédé plus efficace, qui consiste à faire repasser dans l'étuve, vers la fin de l'opération et pendant quelques instants, une partie de l'air saturé qui en sort.

Cet air, distribué par des registres, élève la température du séchoir, tout en imprégnant les marchandises d'une certaine humidité ; sortant chaudes, exposées à l'air, celles-ci perdent, en se refroidissant, leur excès d'humidité et ne retiennent que leur eau de constitution qui les maintient souples.

Voici la description de quelques-uns des séchoirs à marche intermittente ou à marche continue et leurs calculs d'établissement :

#### 1° APPAREILS A MARCHÉ INTERMITTENTE

**245. Séchoir à tunnel.** — L'étude de ce séchoir nous a été demandée pour le séchage rapide de peaux de chèvres, après teinture.

Cet appareil (fig. 92) a été aménagé pour un traitement journalier de 300 douzaines de peaux, devant être séchées à une température ne dépassant pas 50 à 60°.

Le poids moyen de chaque douzaine de peaux mouillées est de 14 kilogrammes ;



Celui des peaux sèches, 8 kilogrammes ;  
 L'eau à évaporer, à l'heure, 180 kilogrammes.  
 La disposition que nous avons adoptée pour sécher ces marchan-

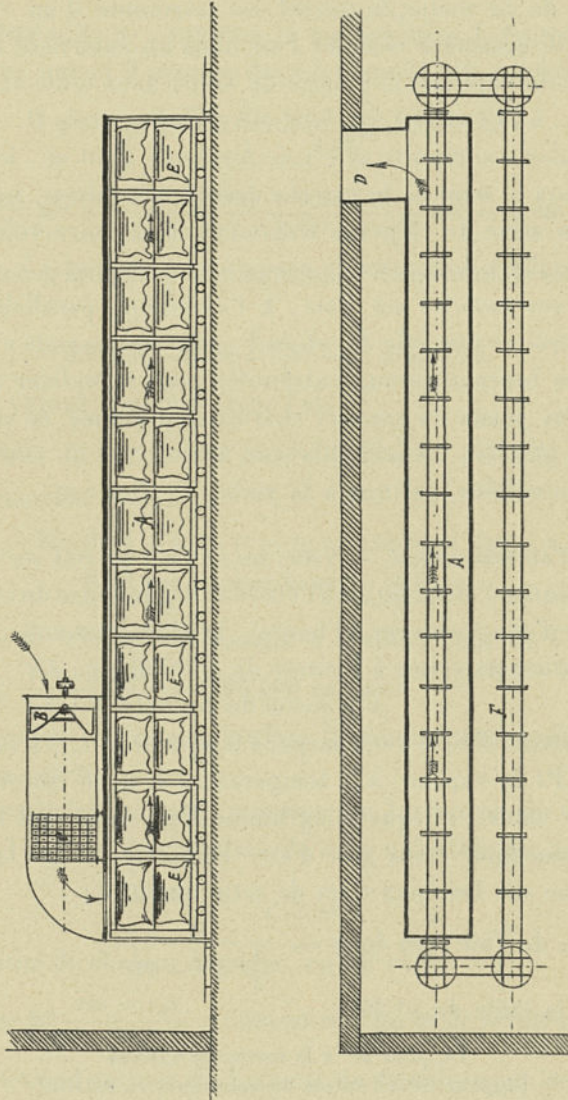


Fig. 92.

dises se compose d'un tunnel ou galerie A, avec cloisons doubles, dont l'intervalle est garni de poils de veaux, pour éviter de trop grandes déperditions de chaleur.

Ce séchoir est fermé, à ses extrémités, par deux portes en fer à



panneaux mobiles, qui se meuvent verticalement et sont équilibrés par des contrepoids ; l'une sert pour l'entrée des marchandises, l'autre, pour la sortie.

Du côté de la sortie, le tunnel est surmonté d'un ventilateur hélicoïdal B, destiné à refouler l'air dans un calorifère à vapeur ; cet air chauffé parcourt la galerie de sèche dans toute sa longueur et s'évacue, à l'extérieur, par une ouverture latérale D.

Cette galerie comporte une voie ferrée de 0,40 m., légèrement inclinée dans le sens de la marche des marchandises, sur laquelle circule une série de 15 petits wagonnets E, à claire-voie, supportant chacun deux douzaines de peaux à sécher, posées à cheval sur des traverses mobiles en bois. A l'extérieur, parallèlement au tunnel, se trouve une voie de retour F, pour les chariots vides, avec des plaques tournantes aux extrémités pour compléter le circuit.

Quand les peaux du premier chariot sont sèches, ce chariot est retiré de la galerie ; les suivants sont avancés, et un autre, chargé de peaux mouillées, est mis à la suite.

*Calculs d'établissement.* — Voici les calculs qui ont servi à déterminer le volume d'air à fournir à l'étuve et la puissance du calorifère :

Quantité d'eau à enlever à l'heure : 180 kilogrammes.

Température moyenne à l'entrée du ventilateur : 15° ( $t$ ) ;

— — — à la sortie du tunnel : 30° ( $\theta$ ).

1 kilogramme d'air sec se charge, à température  $t$ , et à saturation, d'un poids  $P_t$  de vapeur ; à la température  $\theta$ , il en contient  $P_\theta$ . Si l'air sortait saturé, chaque kilogramme d'air enlèverait  $P_\theta - P_t$  ; mais la saturation étant loin d'être complète, il ne faut guère compter que sur les deux tiers de cette quantité ;

$$\text{Le poids de l'air sera donc} = \frac{Q}{\frac{2}{3} (P_\theta - P_t)} .$$

D'après la table du n° 267 :

$$\begin{aligned} P_\theta, \text{ pour } 30^\circ \text{ à la sortie,} &= 0,02694 \\ P_t, \text{ pour } 15^\circ \text{ à l'entrée du calorifère,} &= 0,01050 \\ P_\theta - P_t &= 0,02694 - 0,01050 = 0,01644 \\ \text{et } 2/3 (P_\theta - P_t) &= 0,01096. \end{aligned}$$

Le poids de l'air :

$$180 : 0,01096 = 16\,500 \text{ kgs d'air.}$$



Le poids d'air sec contenu dans 1 mètre cube, à 15°, = 1,205 kgr.

Volume d'air à envoyer :

$$16\ 500 : 1,205 = 14\ 000\ \text{m}^3.$$

Il peut être utile de connaître la température de l'air à la sortie du calorifère, quand il pénètre dans le tunnel ; elle est donnée par :

$$T = \theta + \frac{2}{3} \frac{(P_0 - Pt) [606,5 + 0,305(\theta - t)]}{0,237},$$

d'où

$$T = 30^\circ + \frac{0,01096 [606,5 + 0,305(30^\circ - 15^\circ)]}{0,237} = 58^\circ.$$

La chaleur à fournir, par kilogramme d'air humide évacué, est, Pour l'air :

$$0,237(\theta - t) = 0,237(30 - 15) = 3,55\ \text{cal.}$$

Pour la vapeur contenue dans l'air :

$$0,475^1 Pt(\theta - t) = 0,475 \times 0,01050 \times 15 = 0,075\ \text{cal.}$$

Pour l'humidité enlevée :

$$\frac{2}{3} (P_0 - Pt) [606,5 + 0,305(\theta - t)] = 0,01096 \times 611 = 6,66\ \text{cal.}$$

$$\text{Total, par kg. d'air humide : } 10,28\ \text{cal.}$$

Quantité de chaleur nécessaire à l'enlèvement de l'humidité, par heure,  $\frac{180 \times 10,28}{0,01096} = 166\ 000$  calories.

On détermine ensuite la surface à donner aux radiateurs du chauffage à vapeur :

Si l'on compte sur une pression de la vapeur de 3,500 kg. = 147° = T', et une température de l'air, à l'entrée des calorifères, t' = 15°.

$$T' - t' = 132^\circ.$$

La quantité de chaleur dégagée, en air calme :

$$(\text{n}^\circ 96) \frac{760 \times 132}{84} = 1\ 200\ \text{calories, par m}^2\ \text{de radiateur.}$$

Si la vitesse d'arrivée de l'air est de 4 mètres par seconde, se qui est plutôt au-dessous de la réalité ; cette quantité de chaleur devient :

$$(\text{n}^\circ 110) 1\ 200 + 131 V = 1\ 724\ \text{cal.}$$

<sup>1</sup> 0,475, chaleur spécifique de la vapeur d'eau, sous pression constante.



et la surface des radiateurs :

$$466\,000 \text{ cal.} : 1\,724 = 97 \text{ m}^2.$$

A l'exécution, on a augmenté un peu la surface de chauffe et la quantité d'air données par les calculs, afin de tenir compte de la variation de certains facteurs, en cours de marche : température extérieure, ouverture des portes, etc. Des registres et robinets permettent de modifier, à volonté, température et quantité d'air.

Volume d'air lancé dans le tunnel, par heure : 46 000 mètres cubes ;

Surface des calorifères à vapeur, en tuyaux lisses : 100 mètres carrés ;

Pression de la vapeur, par centimètre carré , 3,500 kgs ;

Longueur utile de la galerie, 22 mètres ;

Nombre de chariots, 16 ; l'un de ces chariots est constamment en déchargement.

Si la température extérieure est de 15° environ, les résultats de marche de l'appareil sont les suivants :

Température de l'air, à l'entrée, 56° ;

Température, à la sortie, 28° ;

Chacun des chariots reste environ une heure et demie pour parcourir le tunnel et la sortie d'un wagonnet a lieu toutes les cinq minutes.

Certaines marchandises traitées dans cet appareil, sortant quelquefois trop desséchées, on a disposé, au-dessus du tunnel, une gaine ramenant au ventilateur une partie de l'air saturé.

Cet appareil peut aussi s'utiliser pour le séchage de bois débités, de cartons, de papiers et de matières pulvérulentes.

**246. Sèche à température élevée.** — Une autre disposition, établie sur les mêmes principes, a été appliquée (fig. 93), pour la sèche de l'apprêt de peaux de chèvres et de veaux, avant leur passage aux appareils de lissage. La quantité d'air à fournir est faible et, pour des raisons de fabrication, la température élevée.

Nombre de peaux de chèvres à traiter par jour, 200 douzaines ; quantité d'eau à enlever, 200 kilogs ;

Nombre de peaux de veaux, 60 douzaines ; quantité d'eau à enlever, 90 kilogs ;

Température de l'air, à la sortie du tunnel, 35 à 40°.



Cette sèche s'effectuait précédemment dans de vastes chambres chauffées, où le renouvellement de l'air n'était produit que par

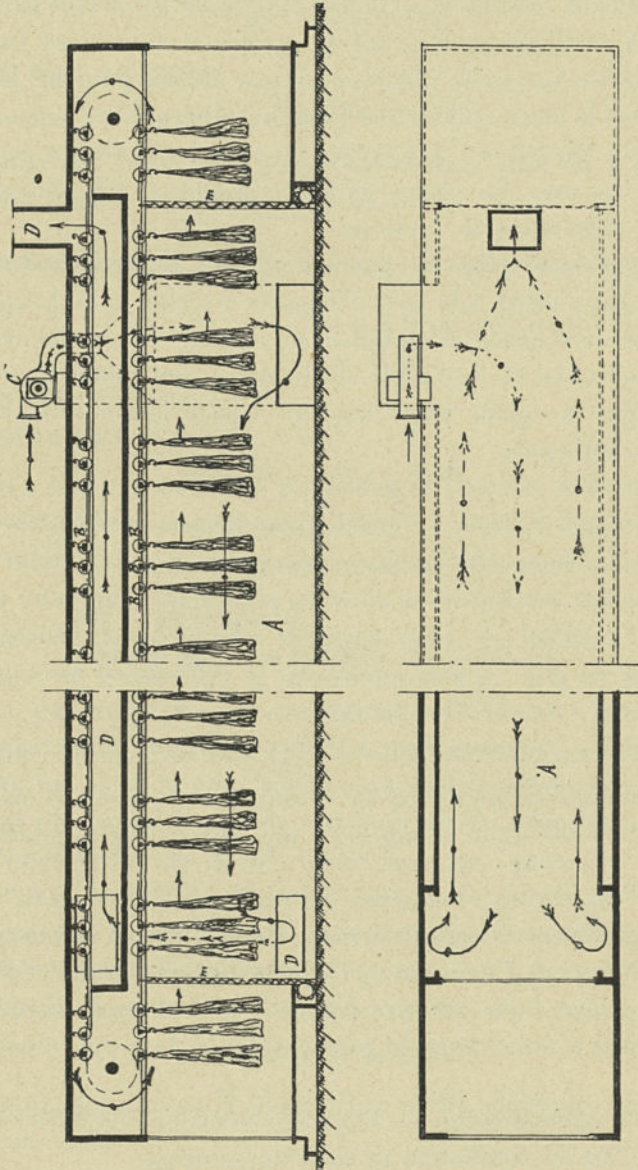


Fig. 93.

l'ouverture des portes. Les ouvriers qui manipulaient ces peaux subissaient, à l'entrée et à la sortie de ces chambres, des variations de température considérables.



La disposition de sèche adoptée comporte une galerie ou tunnel A, en charpente à doubles parois, qui est fermée, à ses deux extrémités, par des rideaux mobiles  $m, m'$ . Cette galerie est parcourue par deux chaînes à maillons guidées par des galets et entraînées par des roues dentées. La moitié inférieure de ces chaînes parcourt le haut du tunnel et la moitié supérieure passe au dehors. Elles supportent, à distances régulières, des séries de trois traverses en bois B, espacées les unes des autres de 236 millimètres. Ces séries sont distantes entre elles de 1,180 m.

Chaque traverse supporte, par des crochets, 6 peaux; soit 18 par série; il peut y avoir, à la fois, 270 peaux à sécher dans la galerie.

Du côté de la sortie et au-dessus du tunnel, est installé un ventilateur hélicoïdal C, de 0,40 m. de diamètre, qui refoule l'air dans un calorifère à vapeur placé dans un espace laissé libre par les piliers du bâtiment.

L'air chauffé parcourt la galerie et s'évacue par une gaine D placée en dessus du tunnel. Cette disposition forme une double paroi qui empêche, dans cette partie, le rayonnement à l'extérieur.

Comme dans la disposition de sèche précédente, l'air et les peaux à sécher circulent en sens contraire; l'air chaud, rencontrant des peaux de plus en plus mouillées, se refroidit et se sature, à mesure qu'il s'avance vers la sortie.

Les chaînes d'entraînement des cuirs reçoivent, d'une transmission, par des combinaisons mécaniques assez simples, un mouvement d'avancement intermittent de 1,180 m., longueur du pas des séries de traverses; ce mouvement ouvre, en même temps, les rideaux d'extrémités, de façon à permettre, à l'arrière et à l'avant du tunnel, l'entrée et la sortie d'une certaine quantité de peaux. Dès que le mouvement d'avancement est opéré, les rideaux se referment, la sèche s'opère; les ouvriers décrochent ensuite, d'un côté, les peaux sèches et accrochent, à l'autre extrémité, des peaux mouillées.

*Calculs d'établissement.* — Voici les calculs qui ont déterminé la quantité d'air de ventilation et sa température :

Quantité d'eau à évaporer : 40 kilogs à l'heure.

Température moyenne de l'air à l'entrée, 15°;  $Pt = 0,01050$ .

Température à la sortie, 35°;  $P\theta = 0,03628$  (n° 267).



Si l'on suppose l'air sortant aux deux tiers de sa saturation, chaque kilogramme d'air enlèvera,

$$\frac{2}{3} (P_0 - P_t) = 0,01718.$$

Poids d'air à envoyer,

$$40 : 0,01718 = 2300 \text{ kgs. d'air.}$$

A cause des fuites, des pertes de charge, etc., on a porté le volume à 2500 mètres cubes d'air à l'heure.

La température de l'air, à la sortie du calorifère, est donnée par :

$$(n^{\circ} 245) \quad T = 35^{\circ} + \frac{0,01718 [606,5 + 0,305 (35 - 15)]}{0,237} = 72^{\circ}.$$

Calories nécessaires :

Enlevées par l'air,

$$0,237 (35^{\circ} - 15^{\circ}) = 4,75 \text{ cal.}$$

— par la vapeur ambiante,

$$0,475 \times 0,01050 \times 20^{\circ} = 0,10 \text{ cal.}$$

— par l'eau évaporée,

$$0,01718 [605,5 + 0,305 (35^{\circ} - 15^{\circ})] = 10,5 \text{ cal.}$$

Total, par kilogramme d'eau enlevée : 15,35 cal.

Nombre de calories :  $\frac{40 \times 15,35}{0,01718} = 36\,000$  calories.

Afin de compenser les fuites et les pertes par rayonnement, on a augmenté cette quantité, qui a été portée à 45.000 calories.

Pour déterminer la surface des radiateurs :

La pression de la vapeur, fournie dans le calorifère, est de 3,500 kg., et sa température, 147° ;

La température de l'air à l'entrée, est 15°, d'où :

$$T' - t' = 147 - 15 = 132^{\circ}.$$

Quantité de chaleur à fournir par mètre carré de tuyau des radiateurs :

$$\frac{760 \times 132}{84} = 1200 \text{ cal. en air calme.}$$

Si la vitesse de l'air est de 1,50 m. par seconde,

$$1200 + 131 V = 1400 \text{ cal.}$$



La surface des tuyaux de chauffage sera,  $\frac{45\ 000}{1\ 400} = 33\text{ m}^2$ , en tuyaux lisses.

Quinze séries de peaux sont suspendues dans le tunnel et restent à sécher environ soixante minutes. Le mouvement d'avancement des cuirs se fait toutes les quatre minutes, soit 12 à 15 opérations à l'heure.

**247. Sèche lente à 4 compartiments.** — Pour des raisons de fabrication, la dessiccation de certains cuirs doit être effectuée très lentement et à basse température. Voici les conditions imposées pour un séchoir dans lequel se traite cette catégorie de marchandises :

Nombre de cuirs à sécher par jour : 200 ;

Température maximum dans l'intérieur de l'appareil : 30° ;

Les cuirs doivent rester de deux à trois jours dans le séchoir.

Comme d'après ces données, il y a constamment 600 peaux dans les étuves, les dispositions des sèches précédentes sont impraticables ; il faudrait employer un nombre considérable de chariots ou donner aux galeries de suspension une trop grande superficie.

Les séchoirs dont on se servait précédemment, pour ces marchandises, étaient des greniers, chauffés par des radiateurs à vapeur, dans lesquels les peaux étaient suspendues à des crochets ; des agitateurs à palettes mettaient l'air en mouvement, mais ne le renouvelaient pas. Ce renouvellement s'opérait, les jours de température favorable, par des orifices ouverts dans les murs latéraux ; par les temps humides, la circulation de l'air étant très faible, les peaux séchaient difficilement.

Nous avons adopté, pour cet appareil, une disposition de quatre chambres contiguës, séparées par des doubles cloisons formant gaines de distribution (fig. 94). Dans ces cloisons, des ouvertures sont pratiquées pour la circulation de l'air :

AA, A' A', passages inférieurs ;

BB, B' B', passages supérieurs ;

CC, C' C', passages latéraux pour l'évacuation de l'air au dehors.

Ces ouvertures sont garnies de registres qui peuvent se manoeu-



vrer de l'extérieur. Un ventilateur à force centrifuge, actionné par une transmission, refoule une colonne d'air qui traverse

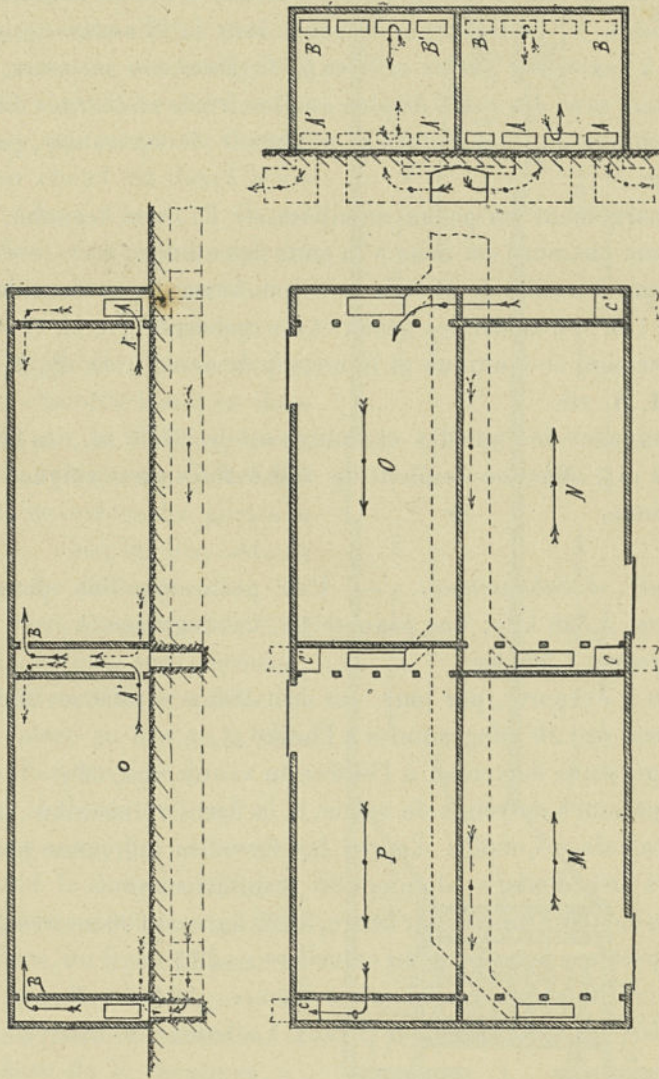


Fig. 94.

un calorifère à vapeur, puis se distribue dans les chambres M, N, O, P, contenant les peaux à sécher.

Cet air circule successivement dans trois de ces chambres M, N, O, par exemple ; la chambre P étant hors de circuit, en chargement ou en déchargement. Il traverse la chambre M, entrant par les



orifices supérieurs A, A, et sortant par ceux inférieurs B, B, — cette chambre contient les marchandises les plus sèches, l'air chaud leur enlève les dernières traces d'humidité; — il rentre ensuite dans la chambre N, la traverse, se rend dans la chambre O, et est évacué à l'extérieur par les orifices C, C. Dans son parcours, l'air, en contact avec des cuirs de plus en plus froids et chargés d'humidité, diminue de température et augmente de saturation, jusqu'à sa sortie.

Le chargement en peaux mouillées de P, étant terminé, cette quatrième chambre est mise à la suite des autres.

Lorsque les cuirs de M sont secs, on ferme les orifices de passage de l'air, on enlève les peaux et on recharge.

L'opération se continue et le circuit devient N, O, P, M, puis O, P, M, N, etc.

La longueur de l'une des chambres est de 12,50 m., sa largeur de 3,30 m.; chacune contient de 150 à 200 cuirs, suivant leurs dimensions.

*Calculs d'établissement.* — Une peau mouillée pèse, en moyenne, 3,500 kgs; une peau sèche, 2 kilogrammes;

Différence, 1,500 kg.

L'eau à évaporer, par jour, est de :  $200 \times 1,500 = 300$  kilogrammes, soit 30 kilogrammes à l'heure.

Température moyenne, à l'entrée du ventilateur, 12°;

Température moyenne de sortie, à la dernière chambre, 20°.

Les calculs, — établis d'après les formules indiquées pour les séchoirs précédents, — donnent les résultats suivants :

Poids de l'air à fournir par heure, 5 000 kg. = 4 000 mètres cubes;

Température à la sortie du calorifère = 28°;

Nombre de calories à fournir à l'heure : 28 000 calories;

Surface des calorifères, en tuyaux à ailettes : 30 mètres carrés.

Pour les raisons indiquées au n° 245, ces chiffres ont été majorés :

Le volume d'air a été porté à 8 000 mètres cubes et la surface des radiateurs à ailettes, à 35 mètres carrés.

L'appareil, par temps moyen, arrive à sécher les 600 peaux, dans deux jours.



248. Séchoirs à 2 compartiments. — Ce séchoir se compose de deux chambres contiguës A et B (fig. 95), garnies de rayonnages ou de traverses avec crochets de suspension. Elles peuvent être mises en communication avec le ventilateur *d* et le calorifère *g*, par les portes C et C'.

L'air chaud est dirigé à volonté, dans l'une ou l'autre chambre, et on peut en alterner la direction en se servant de portes et de registres opposés.

En supposant, par exemple, que la chambre B soit en chargement ou en déchargement, — ces opérations s'effectuent après l'ouverture des portes *m* ou *m'* — voici les dispositions de marche de l'appareil :

La porte C est ouverte et C' fermée, *m* et *n* sont fermées; *m'* est ouverte ainsi que le registre placé au bas de la cheminée d'évacuation, *r*.

L'air parcourt *x*, *x*, *x*, et s'évacue en *r*.

Quand le compartiment B, est garni de marchandises mouillées, on ferme la porte *m* ainsi que le registre *r*; on ouvre la porte glissante *n*, et le registre de la cheminée, *s'*.

L'air parcourt *x*, *x*, *x'*, *x'*, et sort en *s'*.

Dès que les marchandises du compartiment A sont complètement sèches, on ouvre C', *m* et *r'*; on ferme C, *n* et *s'*. Le courant, renversé dans la chambre B, parcourt *y*, *y*, *y*, *r'*.

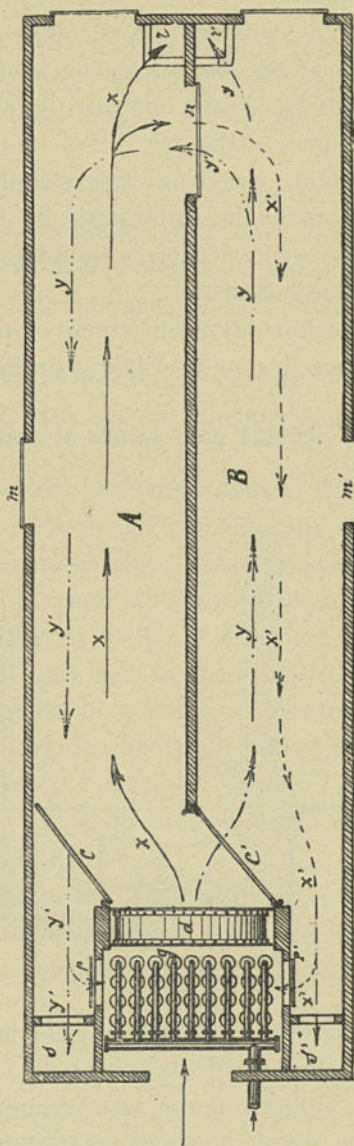


Fig. 95.



Après le rechargement de A, puis l'ouverture, de *n* et *s*, la fermeture de *m* et *n'*, le courant suit *y*, *y*, *y'*, *y'* ; il est évacué par la cheminée *s*.

Pour le traitement de certaines marchandises qui ne doivent pas être surprises par une sèche trop rapide, on a disposé les deux registres *p* et *p'* que l'on peut entr'ouvrir, à la fin de chaque opération, pour mélanger, à l'air entrant dans le calorifère, un peu d'air saturé provenant des chambres de sèche.

Les calculs de la puissance du calorifère et de la quantité d'air nécessaire à ce séchoir, s'établissent comme pour les appareils précédemment décrits.

Ce séchoir est spécialement employé pour le séchage des peaux, ainsi que des soies et laines en flotte.

249. Séchoir pour laines et poils. — Nous avons installé, dans

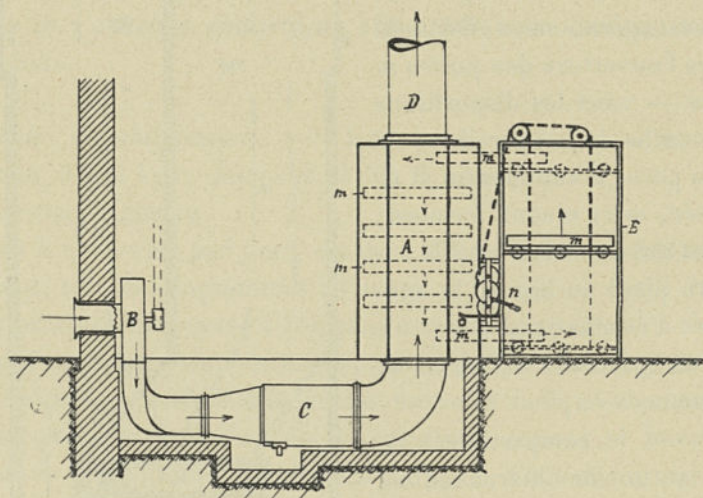


Fig. 96.

une tannerie, ce séchoir de construction allemande, pour la dessiccation de poils de veaux et de chèvres venant d'être lavés. Ces poils contiennent une assez grande quantité d'eau, dont on extrait la plus grande partie en les traitant dans une essoreuse ; le séchoir termine la sèche.

Cet appareil se compose d'une étuve rectangulaire verticale, à doubles parois A (fig. 96), dans laquelle circulent une série de



cadres ou claies *m*, superposés, contenant les matières à sécher.

Chacune de ces claies est formée de quatre planches latérales assemblées, et d'un fond en toile métallique.

L'air est refoulé par un ventilateur B, au travers d'un calorifère à vapeur C; il pénètre dans l'étuve, traverse les cadres superposés et enfin, sort par une cheminée D, placée à la partie supérieure.

Le calorifère C se compose d'un cylindre en tôle portant à ses extrémités des plaques tubulaires auxquelles sont mandrinés les tuyaux de passage de l'air. Ce calorifère reçoit la vapeur des générateurs de l'usine, et les eaux de condensation s'écoulent par un purgeur automatique.

Un seul ouvrier suffit à charger et décharger les matières à sécher et à faire circuler les cadres dans l'appareil; voici comment il procède :

Dès qu'il juge que les marchandises contenues dans le dernier cadre sont suffisamment sèches, il ouvre, à la main, une porte inférieure, *o*, et tire au dehors ce cadre, en le faisant glisser sur les galets d'un ascenseur vertical E, placé à l'avant de l'étuve. Il en enlève les laines sèches et le recharge de laines mouillées, qu'il étale régulièrement. Ceci fait, il agit sur la manivelle *n*, qui enclanche l'ascenseur sur la commande générale; le cadre est soulevé, par des chaînes à taquets, jusqu'au haut du monte-charges. Pendant ce mouvement, les claies, à l'intérieur, descendent de l'épaisseur de l'une d'entre elles et un dé clic fait ouvrir une porte, *s*, pratiquée à la partie supérieure de l'étuve.

Le cadre rechargé, qui a d'abord été entraîné verticalement jusqu'en face de la porte ouverte, toujours sollicité par les chaînes, poursuit son mouvement, mais en glissant transversalement, et s'introduit dans le séchoir.

La porte *s* se referme et la dessiccation s'opère.

Aussitôt que les marchandises du cadre inférieur sont sèches, l'ouvrier ouvre, à nouveau, la porte, *o*, du bas de l'étuve et fait glisser ce cadre au dehors; les opérations de chargement et de déchargement recommencent. Le mouvement se continue.

*Résultats de marche.* — On peut traiter dans ce séchoir, en



dix heures, 7 à 800 kilogrammes de poils de chèvres ou 600 kilogrammes de poils de veaux.

Il y a 10 cadres par appareil (dont un en chargement), qui ont 1,45 m.  $\times$  1,45 m. et 0.20 m. de profondeur. Chacun d'eux est chargé de 8 à 10 kilogrammes de matières.

L'opération complète nécessite un peu moins d'une heure et demie; il sort un cadre toutes les huit minutes.

L'air est envoyé dans le calorifère par un ventilateur à force centrifuge de 0,40 m. de diamètre de turbine, tournant à 900 tours et refoulant environ 6 000 mètres cubes d'air à l'heure. Le calorifère a une surface de 26 mètres carrés et reçoit de la vapeur à une pression de 2,500 kg.

Quand on traite des poils de couleur, la température intérieure de l'étuve est de 40 à 45°; pour les poils blancs, on ne dépasse pas 30° et la quantité traitée est plus faible.

100 kilogrammes de matières, sortant de l'essoreuse, donnent 53 kilogrammes de poils secs qui, laissés à l'air, reprennent environ 10 p. 100 d'humidité.

250. Séchoir à tiroir. — Il se compose de plusieurs comparti-

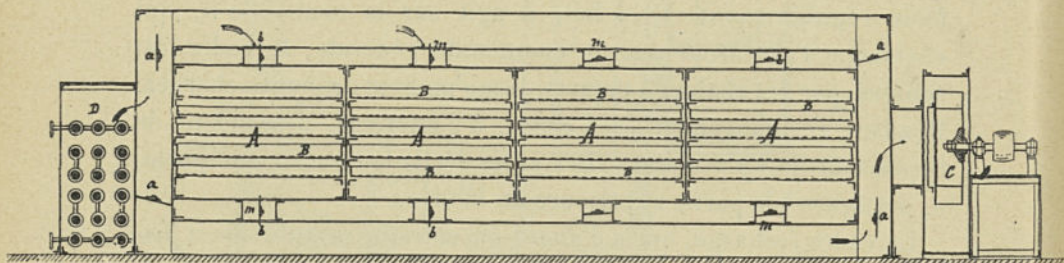


Fig. 97.

ments A, aux parois desquels sont fixés des coulisseaux en fer, recevant une série de cadres ou tiroirs superposés B, semblables à ceux de la sèche précédente (fig. 97), et pouvant contenir du linge, des herbes, plantes et racines.

L'air est mis en mouvement au moyen d'un ventilateur aspirant C, installé à l'une des extrémités de l'appareil; à l'autre extrémité est établi un calorifère à vapeur D, servant à réchauffer cet air. Des gaines *m*, *m'* sont ménagées autour des comparti-



ments; elles sont munies de registres dont les uns, *a*, *a'*, sont placés sur le circuit général, et les autres *b*, *b'*, règlent la distribution de l'air. Par la manœuvre de ces registres, on peut, à volonté, faire traverser, par l'air chaud, certains compartiments, pendant que d'autres sont en chargement, et employer des courants ascendants ou descendants, afin de régulariser la dessiccation des matières.

## 2° APPAREILS DE SÈCHE CONTINUE

Nous ne donnerons pas la description des anciens appareils à marche continue, — que l'on peut trouver dans tous les ouvrages traitant des séchoirs —, tels que : toiles sans fin pour sécher des matières pulvérulentes ; gaines, pour sécher les étoffes, etc., nous nous contenterons de décrire les appareils suivants :

251. Séchoir vertical. — Cet appareil se compose de deux

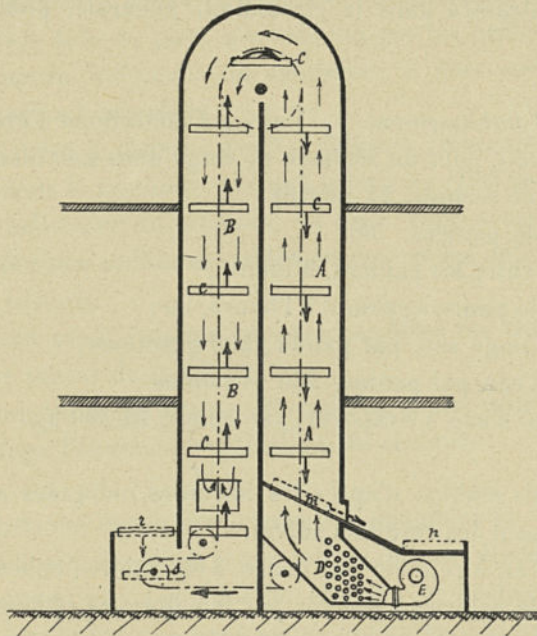


Fig. 98.

chaînes sans fin parallèles, à maillons articulés, circulant dans deux compartiments contigus, A et B, de grande hauteur (fig. 98).



A ces chaînes sont accrochées, de distance en distance, des suspensions qui supportent des paniers à grille recevant les marchandises à sécher : linge, étoffes, laines, etc. Tant que ces paniers restent suspendus, ils conservent une position horizontale.

Le mouvement d'avancement des chaînes est assez lent, environ 0,025 m. par seconde.

L'air est refoulé, par un ventilateur E, dans un calorifère à vapeur D ; il parcourt successivement les deux compartiments du séchoir, en marchant en sens contraire des marchandises à sécher, puis sort par une cheminée latérale.

Les paniers sont distants d'environ 1 mètre ; une disposition particulière les décroche de leurs suspensions, en *m*, quand les matières sont sèches, puis ils glissent sur un plan incliné jusqu'en *n*, où on les décharge. Une fois remplis à nouveau, ils sont déposés en *r*, et un mouvement de déclenchement les fait retomber en *s* ; là, ils sont accrochés, au passage, par les suspensions et entraînés dans la circulation générale, pour en sortir en *m*.

*Calculs d'établissement.* — Voici les conditions d'établissement de cet appareil, pour un séchage de linge dans une blanchisserie :

- Hauteur du séchoir, 14 mètres ;
- Nombre de paniers, 30 ;
- Distance entre les paniers, 1 mètre ;
- Nombre de paniers passant à l'heure, 90 ;
- Poids de linge sec, par panier, 500 grammes ;
- Poids de l'eau par panier, 250 grammes ;
- Poids total d'eau à évaporer, par heure, 22,500 kg.

Les calculs établis, d'après les formules indiquées aux nos 245 et 246, donnent les résultats suivants :

- Volume d'air à refouler par heure, 3 000 mètres cubes ;
- Nombre de calories à fournir par le calorifère, 20 000 calories ;
- Surface des radiateurs lisses, 15 mètres carrés.

Il existe une autre disposition de cet appareil, dont les dimensions sont plus restreintes ; il est chauffé par un poêle-calorifère et le mouvement d'avancement, qui est intermittent, se donne à la main.



252. Séchoir rotatif. — Il se compose d'un long tambour rotatif A, en tôle, de forme cylindro-conique, muni, à ses deux extrémités, de cercles métalliques qui lui servent de guides de roulement sur deux couples de galets à gorge B (fig. 99).

A l'un de ces cercles est fixée une couronne dentée, en fonte, assurant, par un engrenage intermédiaire, la commande du tambour.

Ce tambour est traversé, dans toute sa longueur, par un tube *a*,

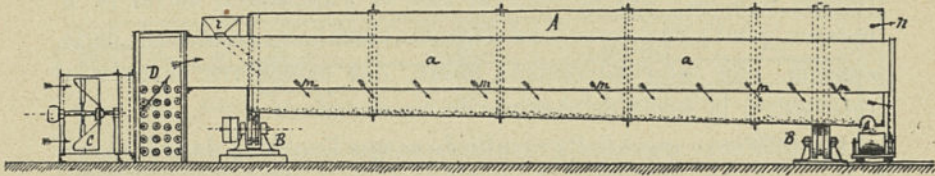


Fig. 99.

qui porte, à sa partie inférieure, une série d'orifices *m*. L'air, refoulé par un ventilateur à hélice C, traverse un calorifère à vapeur D, pénètre dans le tube *a*, puis, s'échappant par les orifices *m*, vient frapper la partie inférieure du tambour; il sort ensuite par le fond *n*, opposé au calorifère.

Les substances à sécher : grains, drèches, minerais, etc., sont introduites dans le tambour, par une trémie *r*; elles se réunissent à la partie inférieure du séchoir, où elles sont brassées par de petites palettes peu saillantes qui les guident et les entraînent vers l'orifice de sortie *s*.

L'air chaud vient frapper les marchandises en traitement, et réchauffe les parois du tambour.

Pour éviter les déperditions de chaleur, il est utile d'entourer d'un calorifuge l'enveloppe extérieure du séchoir.

Nous pourrions multiplier encore les exemples de dispositions de séchoirs à air chaud, à température initiale élevée, dont les applications peuvent s'étendre au séchage de beaucoup d'autres substances que celles que nous avons indiquées; les appareils que nous avons décrits mettent suffisamment en relief la plupart des dispositions particulières adoptées pour ce mode de séchage.



### § 3. — SÉCHAGE PAR COURANT D'AIR CHAUD ET APPAREILS DE RÉCHAUFFEMENT

Le principe de ces séchoirs diffère sensiblement de celui des précédents : les marchandises y sont bien distribuées dans une série de compartiments où l'air chaud circule successivement, en se saturant jusqu'à sa sortie ; mais, dans ceux-ci, la température initiale doit être très élevée, car elle va s'abaissant, au fur et à mesure que l'air traverse les différentes chambres ; tandis que dans ceux-là, elle est relativement faible, des calorifères partiels la relevant, à la sortie de chacune de ces chambres.

La différence essentielle résulte de ce que l'on doit, dans les premiers, envoyer au début de l'opération la totalité de la chaleur nécessaire à la sèche, pendant que, dans les seconds, la chaleur est modérée, étant maintenue constante par des sources successives.

Cette disposition, un peu plus compliquée que les précédentes, par suite de l'adjonction d'un certain nombre de surfaces de chauffe séparées, présente des avantages pour le séchage de substances fragiles qui seraient altérées par le contact d'un air trop chaud.

**253. Séchoir à chambres contiguës.** — Ce séchoir a été étudié pour le traitement journalier de 1 500 peaux de chèvres et 500 peaux de veaux (fig. 100).

La quantité d'eau à évaporer est sensiblement la même que pour l'appareil à tunnel décrit au n° 245 : 6 kilogrammes d'eau par douzaine de peaux ; soit, environ, 1 000 kilogrammes par jour.

Ce séchoir est composé de 8 chambres disposées par deux rangées de 4, avec couloir commun de chargement et de déchargement. Ces compartiments 1, 2, ... 7, 8, sont séparés par des cloisons doubles, formant gaines de distribution.

L'air est refoulé, par un ventilateur, dans les canaux supérieurs  $m$ ,  $m'$ , par le circuit  $x$ ,  $x'$ , puis il circule successivement dans les chambres consécutives, comme il est indiqué au n° 247.



L'une des chambres étant ouverte pour le déchargement et le chargement des matières, la chambre 8, par exemple; l'air circule de 1, 2, ... à 7, en se saturant au contact de matières de plus en plus mouillées. Il sort par les orifices A, A', de chacune des

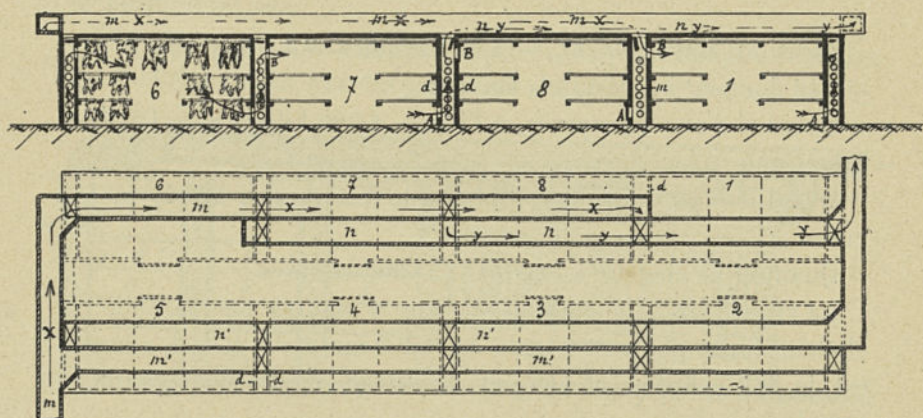


Fig. 100.

chambres et rentre dans la chambre suivante, par B, B'; à la dernière, il s'échappe à l'extérieur, par le canal  $n, n'$ , et le circuit  $y, y'$ . Quand la chambre B est rechargée, elle est mise à la suite; le circuit commence à 2, pour aboutir à 8; la chambre 1, étant ouverte pour le déchargement.

En résumé, l'air mis en mouvement par le ventilateur, traverse un calorifère, pénètre dans la chambre contenant les matières les plus sèches, passe successivement dans les autres chambres, en se réchauffant aux radiateurs placés à l'entrée de chacune d'elles, et sort enfin, après son passage dans la chambre contenant les marchandises les plus mouillées.

Afin d'accélérer, dans la première chambre, le séchage des marchandises et compenser les pertes de rayonnement des gaines de distribution, on donne, au calorifère placé immédiatement après le ventilateur,  $3/10$  de la surface de chauffe totale et, à chacun des calorifères établis à l'entrée des chambres,  $1/10$  de cette surface.

Les peaux sont disposées en trois rangées superposées; elles sont étalées sur des perches mobiles en bois. La durée totale d'une



opération est d'environ huit heures ; le temps employé pour le déchargement et le rechargement d'une chambre est d'une heure à une heure et demie.

Une équipe de trois hommes assure le service.

*Calculs d'établissement.* — Les formules indiquées aux n<sup>os</sup> 245 et 246 donnent les résultats suivants :

Quantité d'eau à évaporer, à l'heure, 1 000 kilog : 8 = 125 kilogrammes ;

Quantité d'air à insuffler, 15 000 kilogrammes ou 12 000 mètres cubes ;

Quantité de chaleur à fournir, 130 000 calories.

La vitesse de l'air étant d'environ 4 mètres par seconde, la chaleur émise par mètre carré de radiateur, en tuyaux à ailettes, est de 860 calories (n<sup>o</sup> 110), et la surface totale des calorifères sera :

$$130\,000 \text{ cal.} : 860 = 150 \text{ mètres carrés ;}$$

dont 45 mètres carrés, pour le calorifère d'entrée, et 14 mètres carrés, pour chacun des calorifères partiels.

Le ventilateur doit être à force centrifuge, à pression d'eau de 30 à 40 millimètres, pour compenser les pertes de charge par le passage de l'air au travers d'un aussi grand nombre de compartiments.

En examinant les conditions de marche de cet appareil, il est facile de s'assurer que la température est sensiblement régulière dans tous les compartiments de sèche, au lieu d'être en progression décroissante, comme dans ceux qui sont alimentés par une source de chaleur unique ; plus faible, à l'arrivée de l'air dans le séchoir, elle est plus forte, à sa sortie ; il en résulte un léger surcroît de pertes de chaleur, largement compensé par les avantages suivants :

Possibilité de traiter les marchandises délicates, à basse température ;

Maintien de l'humidité de constitution, dans les matières sortant des séchoirs.



254. Séchoir à compartiments et à tiroirs. — Cet appareil est destiné à sécher des substances qui ne peuvent être soumises à une température dépassant 30 à 35°, telles que : schappes et autres filaments légers, pâtes alimentaires, papiers et cartons, savons de parfumerie, etc.

Il se compose d'une rangée d'étuves, 6, par exemple, séparées les unes des autres, par des gaines de circulation d'air,  $m_1, m_2, \dots$

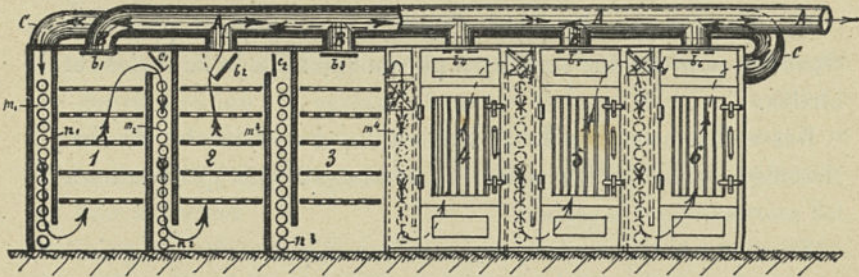


Fig. 101.

$m_6$ , dans lesquelles sont placés les radiateurs de chauffages à vapeur,  $n_1, \dots, n_6$  (fig. 101).

L'air circule d'une chambre à l'autre, comme dans la sèche précédente, et une communication C termine le cycle en réunissant la dernière chambre 6, avec la gaine  $m_1$ .

Au-dessus des diverses étuves est disposé un collecteur cylindrique A, en tôle galvanisée, à l'extrémité duquel se trouve un ventilateur aspirant. Ce collecteur communique, par les tubulaires B, avec la partie supérieure des étuves.

Pour assurer la circulation de l'air, chaque chambre est munie des appareils d'obturation suivants :

Soupape  $b_1, b_2, \dots, b_6$ , pouvant fermer les communications entre chacune des chambres et le collecteur d'aspiration ;

Registres  $c_1, c_2, \dots, c_6$ , faisant communiquer les chambres entre elles, par l'intermédiaire des gaines  $m_1, m_2, \dots$  ;

Chaque gaine porte, à sa partie supérieure, les registres glissants  $d_1, d_2, \dots, d_6$ , pour la rentrée de l'air frais dans le séchoir.

Quand une étuve est au repos pour son chargement ou son déchargement, dans la chambre qui la précède, on ouvre la soupape  $b$ , pour l'évacuation de l'air saturé ; le registre  $c$ , séparant les



compartiments, est fermé et le registre *d*, de l'étuve suivante, est ouvert pour la rentrée de l'air venant du dehors.

Si, par exemple, c'est l'étuve 3 qui est isolée, aussitôt que son rechargement de marchandises mouillées est terminé, elle est remise dans le circuit par la fermeture de *b*<sub>3</sub> et *c*<sub>3</sub>, et l'ouverture de *b*<sub>4</sub> et *c*<sub>3</sub>. Puis on ferme *d*<sub>3</sub> et on ouvre *d*<sub>3</sub>, pour la rentrée de l'air.

Le circuit devient 5-6-1-2-3; puis, à l'opération suivante, 6-1-2-3-4.

Les mouvements du registre C et de la soupape *b*, pour chaque chambre, sont rendus solidaires par un assemblage de leviers et de bielles.

Des coulisses en treillis *f*, fixées aux parois latérales de chaque chambre, reçoivent les cadres ou tiroirs grillagés qui contiennent les marchandises à sécher.

En résumé, l'air entre par un orifice *d*, parcourt une gaine *m*, s'échauffe au contact des radiateurs, pénètre à la partie inférieure de l'étuve contiguë, s'élève au travers des marchandises et enfin s'échappe par l'ouverture *c*, dans la chambre suivante; ce mouvement se continue de chambre en chambre, jusqu'à ce que l'air rencontre ouverte, l'une des soupapes *b*, d'évacuation au collecteur.

Dans ce séchoir, les dispositions de soupapes et de registres permettent de fonctionner soit, avec toutes les étuves marchant solidairement, comme il a été indiqué plus haut, soit, avec chaque étuve prise isolément.

Dans les différents séchoirs que nous avons décrits, les appareils de chauffe étaient exclusivement des radiateurs à vapeur; on pourrait obtenir des résultats équivalents, au moyen de calorifères à air chaud.

Si leur installation présente quelques complications, ces calorifères offrent, pour cet usage, des avantages appréciables :

Ils sont économiques, permettent, pendant la nuit, la marche au tirage naturel; — ce qui peut présenter un intérêt dans les sèches lentes; — et, avec eux, on n'a plus à craindre les fuites qui se produisent si fréquemment aux joints des radiateurs à vapeur, fuites qui, non seulement ont pour résultat une perte directe de chaleur, mais encore contribuent à augmenter le degré



hygrométrique de l'air, avant son entrée dans les chambres de sèche.

*Considérations générales.* — S'il est assez difficile de fournir à l'industriel des indications précises pour le choix des appareils de séchage qui conviennent à sa fabrication, les exemples que nous venons de citer sont assez variés, pour lui permettre de se guider utilement. Il y trouvera les éléments nécessaires à l'établissement de calculs approximatifs, dont il devra toujours majorer les résultats, car il est impossible de se rendre exactement compte du degré d'action de certains facteurs qui peuvent les fausser : pertes par le rayonnement, fuites d'air chaud par les fissures ou l'ouverture de portes et surtout, état hygrométrique et température de l'air extérieur.

Chaque problème de sèche nécessite une étude particulière, dans laquelle il faut s'inspirer de la nature et de la qualité des matières à sécher, de l'emplacement dont on dispose, de la proximité de la force motrice, etc.

Si l'on a des quantités considérables de marchandises saturées d'eau à traiter, l'action mécanique par presses ouessoreuses est beaucoup plus économique que la chaleur ; mais ce moyen est presque toujours insuffisant et doit être complété par le séchage à air libre ou en étuves.

Le séchage à air libre et le séchage par courant d'air, au moyen d'une cheminée d'appel, sont économiques, mais irréguliers. Ils nécessitent de vastes emplacements que l'on a pas toujours à sa disposition.

Le choix entre les divers appareils à température sera surtout influencé par la qualité des marchandises ; si elles peuvent supporter une chaleur élevée, on pourra se servir d'appareils de sèche à contacts, ou d'appareils à courant d'air, à haute température initiale ; si, au contraire, elles sont délicates, on devra employer tantôt les foyers et les plaques rayonnantes, tantôt les séchoirs à air chaud à réchauffements successifs de l'air.

Le fonctionnement des séchoirs à air chaud exige un certain nombre de précautions :



Pour éviter les pertes par le rayonnement extérieur, il faudra donner, à leurs parois, une forte épaisseur ou les protéger par un calorifuge;

Les substances à sécher seront mises en communication intime avec l'air chaud et étalées, par petites quantités, sous mince épaisseur ;

Enfin, les manipulations des marchandises, la circulation de l'air et la distribution de la température, devront se faire au moyen d'organes simples ; les opérations se suivant toujours dans le même ordre. Une fausse manœuvre du personnel chargé de la marche de ces appareils, ne devra entraîner ni accident, ni avarie aux marchandises en traitement.

---



## CHAPITRE XIV

### JURISPRUDENCE EN MATIÈRE DE SÉCURITÉ ET D'HYGIÈNE INDUSTRIELLE

Les lois principales qui régissent en France l'hygiène industrielle, sont celles du 2 novembre 1892, limitant la durée du travail pour les femmes et les enfants, et du 12 juin 1893, complétée par les décrets du 10 mars 1894 et 29 novembre 1904, sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs<sup>1</sup>.

Ces lois, en même temps qu'elles limitaient la durée du travail des femmes et des enfants dans les manufactures, étendaient et précisait les responsabilités patronales et obligeaient l'industriel à prendre, dans les parties dangereuses de son usine, des mesures de prudence et de sécurité pour préserver les ouvriers des accidents dont ils pourraient être victimes. Visant ensuite les maladies professionnelles, elles obligeaient le chef d'usine à évacuer à l'extérieur, à mesure de leur formation, les poussières, gaz nocifs et vapeurs produits par le travail, quand leur présence pouvait devenir un danger pour la santé du personnel.

Les lois qui concernent les accidents de l'ouvrier dans les usines sont : celle du 9 avril 1898 complétée par le décret du 23 mars 1902 et celle du 31 mars 1905<sup>2</sup>.

En matière d'accidents, de blessures en cours de travail, les responsabilités civiles du patron étaient régies par les articles 1382, 83 et 84 du Code civil. Ces responsabilités ne pouvaient résulter que d'une faute directe, d'une installation vicieuse de l'outillage, ou d'imprudences commises par l'industriel. L'ouvrier,

<sup>1</sup> Voir les notes n° 271 et 275.

<sup>2</sup> Voir les notes n° 272 et 276.



blessé dans l'accomplissement de son travail et réclamant une indemnité, était tenu de prouver qu'aucune faute ne lui était imputable.

La nouvelle législation, en admettant cette thèse qu'en dehors de l'imprudence ou de la maladresse de la victime, se fait sentir l'influence directe d'un mécanisme qui lui est imposé et dont il n'a pas le choix, a substitué au principe de la responsabilité par la faute patronale, celui résultant du risque professionnel de l'ouvrier.

Une indemnité est due à la victime, toutes les fois qu'il y a eu accident en cours de travail, par le seul fait de l'accident, et en dehors de toute faute commise.

Il faut cependant écarter du bénéfice de la loi, les cas où il est démontré que l'ouvrier a provoqué intentionnellement l'accident et ceux dans lequel il a perdu le bénéfice du contrat de louage avec son patron : un ouvrier blessé, en effectuant un travail pour son usage particulier ou en prêtant, sans ordre, son concours aux ouvriers d'un autre patron, perd ses droits à toute indemnité.

Ceci établi, nous allons donner rapidement l'historique, ainsi que la genèse des lois de sécurité et d'hygiène et des lois sur les accidents, que nous compléterons par quelques commentaires et un certain nombre d'arrêts de Cours fixant, sur quelques points douteux, les tendances actuelles de la jurisprudence.

#### § 1. — LOIS SUR L'HYGIÈNE ET LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL

255. — Comme nous l'avons indiqué au début de cet ouvrage, les questions de salubrité et de sécurité de l'ouvrier n'ont que tardivement éveillé l'attention de nos législateurs et lorsque la plupart des États industriels voisins nous avaient devancés dans cette voie.

La loi du 19 mai 1874, en organisant les inspections départementales, a été la première étape dans la marche de la législation protectrice de l'ouvrier; mais elle se heurta à de nombreuses protestations de la part de certains industriels et ne fut que timidement appliquée.

Cette loi fut suivie par celle du 2 novembre 1892 réglementant la durée du travail des femmes et des enfants et réorganisant l'Inspection.

Enfin, après une série de propositions dues à diverses initiatives,



— de MM. Félix Faure, en 1882; Lockroy, en 1887; Jules Roche, en 1890; — tous ces projets furent condensés; les rapports présentés le 24 septembre 1892 à la Chambre des députés, et, au Sénat, le 13 mai 1893, furent adoptés. La loi fut promulguée le 11 juin 1893 et complétée par les décrets du 10 mai 1894 et 29 novembre 1904.

De l'examen de cette loi il découle, qu'en matière d'hygiène et de sécurité des ouvriers, les Inspecteurs du travail ont à peu près pleins pouvoirs pour apprécier si, dans les aménagements de son usine, l'industriel s'est conformé ou non aux prescriptions légales; ils ont leurs entrées, à toute heure, dans les établissements et peuvent dresser contravention. Leurs affirmations font foi jusqu'à preuve du contraire.

Dans l'application des lois de la salubrité, ils se sont montrés jusqu'à ce jour assez tolérants et n'ont demandé, à l'industriel, que les modifications qu'il pouvait exécuter sans trop de dépenses et qui, parfois, loin d'être une charge pour lui, étaient une cause de bénéfices par l'augmentation du rendement de l'outil, résultant de l'augmentation de sécurité de l'ouvrier.

Mais, à mesure que les principes de sécurité et d'hygiène ont été appréciés sous leur véritable jour et sont entrés dans les mœurs industrielles, l'Inspection devint plus exigeante, et les tribunaux se montrèrent de plus en plus sévères, principalement quand il y eut négligence au sujet des appareils de protection: couvre-engrenages, garde-corps, couvre-scies, etc.

La jurisprudence de la cour de Cassation est, en cette matière, absolument constante, elle consacre le principe de l'entière responsabilité patronale.

**256. Arrêts de Cours.** — « La disposition de l'article 2 du décret du 10 mars 1894 est *impérative* et le juge ne peut prononcer la relaxe en donnant comme motif que l'isolement complet du moteur, enfermé dans une cage dont la clef n'était confiée qu'à l'ouvrier chargé de sa surveillance, rendait cette prescription inutile. (Cassation, mai 1898.)

Les dispositions de l'article 2, § 2, de la loi du 12 juin 1893 concernant l'hygiène et la sécurité du travailleur, qui prescrit



que, dans les Établissements où fonctionnent des procédés mécaniques : les roues, les courroies, les engrenages ou les autres organes pouvant offrir une cause de danger, soient séparés des ouvriers, de telle manière que l'approche n'en soit possible que pour les besoins du service, sont *générales* et *absolues*.

Elle intéresse tous les travailleurs et l'infraction qui y est commise engage la responsabilité de son auteur vis-à-vis de l'ouvrier qui en a été victime, quelque soit le travail auquel il est affecté. (Cassation, 10 mai 1901.)

S'il est établi que l'ouvrier s'est approché de l'organisme non protégé, en dehors des besoins de son service, ou même contrairement aux ordres reçus, il en résulte, à sa charge, une faute plus ou moins grave dont le juge devra tenir compte dans la fixation des dommages et intérêts, mais dont l'existence ne saurait effacer la faute du patron.

En conséquence, c'est à tort qu'un arrêt, après avoir reconnu que l'approche d'un engrenage n'était défendu d'aucune façon et sans contester que l'accident qui s'en est suivi eût été rendu possible, bien qu'il constate une faute de l'ouvrier, refuse de rechercher si le patron n'a pas commis une infraction à la loi de 1893, par ce double motif que l'accident n'était pas arrivé au cours du travail confié à l'ouvrier et que si les barrières avaient existé, elles n'eussent été destinées qu'à protéger l'ouvrier chargé de régler le fonctionnement de la machine. (Cassation, mai 1901.)

Dans le cas où l'industriel aurait contrevenu à la prescription de munir les organes dangereux de ses machines, d'appareils protecteurs, il serait non seulement responsable de ses ouvriers, mais encore de toutes autres personnes se trouvant dans ses ateliers<sup>1</sup>. (Cassation, 10 mars 1902.)

Les dispositions de l'article 2 du décret du 13 mars 1893 qui interdit d'employer les enfants au-dessous de dix-huit ans, des filles mineures ou des femmes, dans les ateliers où se trouvent des machines actionnées à la main ou par des moteurs mécaniques,

<sup>1</sup> La protection de la loi s'étend, dans ce cas, même à un visiteur de l'usine dûment autorisé. (Tribunal de Saint-Étienne.)



dont les parties dangereuses ne sont pas garanties par des couvre-engrenages, garde-mains et autres organes protecteurs et la disposition de l'article 4 de la loi du 2 novembre 1902 qui interdit d'employer ces mêmes personnes à aucun travail de nuit dans les usines et manufactures, étant *générales* et *absolues*; les infractions qui y sont commises engagent la responsabilité de leur auteur à l'égard de l'ouvrier qui en a été victime, alors même qu'une faute personnelle, plus ou moins grave, serait imputable à ce dernier. » (Cassation, 4 février 1903.)

En plus des jugements que nous venons de citer, un récent décret, courant novembre 1904, donne force de loi aux précédents arrêts de la Cour de Cassation.

Il implique la responsabilité absolue du patron, en cas de négligence dans le soin de munir son outillage d'appareils protecteurs.

À la suite des arrêts de Cour précédents, qui visent les appareils de sécurité, nous ne voyons à citer que le jugement suivant, intéressant l'enlèvement des poussières et gaz :

« Dans les établissements industriels, toutes les poussières, sans distinction, doivent être évacuées au dehors, à la différence des gaz dont l'évacuation n'est prescrite que s'ils sont incommodés, insalubres ou toxiques. » (Cassation, Cour crim. 27 mai 1899.)

## § 2. — LOI SUR LES ACCIDENTS DU TRAVAIL

257. — La réparation des accidents du travail constitue un des chapitres essentiels de l'histoire de la législation sociale.

*Législations générales.* — Une doctrine originale a pénétré dans le domaine du Droit Civil, substituant à la responsabilité de l'individu, qui était la base de la législation des pays industriels, une sorte de responsabilité collective.

Cette doctrine s'est traduite, chez certains d'entre eux, par l'organisation de l'assurance; chez d'autres, par l'institution de certaines garanties; chez d'autres encore, par la consécration du risque professionnel.

Toutes les lois traitant des accidents du travail, promulguées



depuis vingt ans, ont admis qu'au-dessus des fautes de la victime, s'exerce l'action aveugle, fatale, de l'outillage économique. Elles ont, en sanctionnant le droit à indemnité de l'ouvrier, dans tous les cas, — sauf de rares exceptions, — en exigeant des cotisations généralisées, affirmé la solidarité de tous, devant les dangers de l'industrie moderne.

*Législation française.* — Nos lois sur les accidents comportent, dans leurs conceptions juridiques, plusieurs modes successifs, dont l'analyse nous montre l'opportunité et la logique.

A l'origine, l'ouvrier, travaillant à la main, avec un outil que lui a rendu familier un long apprentissage, semble seul responsable de son accident. Pour réclamer une indemnité à son employeur, il faut qu'il prouve la faute de celui-ci.

Il ne peut agir qu'en invoquant les articles 1382 et suivants du Code civil : « Quiconque cause, par son fait, un dommage à autrui, lui en doit réparation. » La preuve de la faute du patron est souvent impossible et, en tous cas, difficile à faire.

Aussi, peu à peu, à mesure que se développe l'emploi de la machine et de métiers mécaniques, cette obligation de la preuve par l'ouvrier apparaît comme une injustice. On arrive à penser que si l'industriel fournit à son personnel un outillage complexe, que celui-ci ne connaît pas et dont il n'a pas le choix, il lui en doit garantir la sécurité. Quand il se produit un accident, il semble plus naturel de l'attribuer aux défauts de la machine, qu'à l'ouvrier négligent ou maladroit ; il faudra prouver que ce n'est pas elle qui est la cause du dommage. C'est le renversement de la preuve ; le patron est obligé de démontrer la faute de son ouvrier, pour que celui-ci n'ait pas droit à une indemnité.

On s'aperçoit ensuite que, dans un grand nombre de cas, il se produit des accidents qui ne sont imputables ni à la négligence de l'employeur, ni à la maladresse de l'employé.

C'est au machinisme industriel qu'ils se rapportent et, par suite, c'est celui qui en profite qui doit, dans la mesure du possible, en atténuer les inévitables méfaits.

Il ne s'agit plus de preuves ; il y a présomption légale que l'accident est fonction du travail et il faudra comprendre, dans les frais géné-



raux de l'industrie, la réparation des accidents causés par le matériel.

Poussant plus loin la généralisation de la responsabilité de l'accident, on voit que toutes les catégories d'industrie sont soumises aux mêmes risques et aux mêmes obligations, et on arrive à cette conception nette, que si la réparation de l'accident, causé par tel ou tel matériel industriel, doit être mis à la charge de l'employeur direct <sup>1</sup> de l'ouvrier atteint, elle doit être sous la garantie de toute la corporation des industries de même nature.

Généralisant plus encore, on rend toutes les industries solidaires les unes des autres <sup>2</sup> et on englobe, dans une seule et même classe, les accidents de toutes les catégories, pour en rendre responsable la nation tout entière; l'État apparaît à son tour, pour garantir finalement l'indemnité des risques professionnels.

Il faut remarquer que ces successives conceptions de la responsabilité ne sont pas le fait d'un droit nouveau, qu'il n'y a pas eu introduction, dans notre Droit, d'éléments étrangers au Code Civil. Si l'on examine de près chaque étape du processus de la loi sur les accidents du travail, on s'aperçoit que c'est toujours l'article 1382 qui domine la matière et que ce n'est qu'en recherchant, avec plus d'attention, quel était vraiment l'auteur du dommage, que l'on est arrivé à la conception actuelle.

A l'origine, il apparaissait que la cause de l'accident était l'ouvrier négligent ou maladroit, puis le patron qui fournissait un matériel insuffisant ou dangereux; enfin, l'industrie elle-même, puisque le travail est malheureusement auteur d'accident.

Et, comme la société moderne, avec son organisation de plus en plus complexe, impose à tous un travail intensif, c'est elle qui finalement doit garantir la réparation de l'inévitable dommage.

<sup>1</sup> Toujours le premier responsable.

<sup>2</sup> Il ne faut pas croire que cette solidarité n'est que théorique; si ses effets n'apparaissent pas clairement, elle n'en est pas moins réelle.

Elle se montre, par exemple, dans le calcul d'établissement du taux des primes d'assurance contre les accidents. Certaines industries, occupant peu d'ouvriers, offrent de grands dangers; il faudrait, pour couvrir réellement les risques, imposer aux patrons des cotisations élevées, presque ruineuses. Dans la pratique, comme d'autres industries, occupant un nombre considérable d'ouvriers, n'offrent que peu de dangers, on fait supporter à celles-là, grâce à une augmentation presque insensible du taux des primes, une partie des risques des premières.



**258. Commentaires.** — La loi du 9 avril 1898, y compris les modifications qui y ont été apportées par le décret du 23 mars 1902, peut s'analyser comme il suit :

*Indemnités.* — Les accidents survenus par le fait du travail et à l'occasion du travail, aux ouvriers et employés dans l'industrie du bâtiment; dans les usines, manufactures, chantiers, entreprises de transport, de chargement ou de déchargement; usines minières, carrières, et toutes les exploitations où sont fabriquées et mises en œuvre les matières explosibles; dans lesquels il est fait usage de machines mues par une autre force que celle de l'homme ou des animaux, donnent droit, au profit de la victime ou de ses représentants, à une indemnité, à la charge du chef de l'entreprise, si l'interruption de travail a duré plus de quatre jours.

L'indemnité donnée à la victime d'un accident industriel peut être temporaire ou permanente.

Tout ouvrier qui a subi une mutilation ou une diminution de capacité de travail, a droit à une rente viagère qui est déterminée par les deux considérations suivantes :

1° Les salaires antérieurs de l'ouvrier, dont la loi fixe la base.

2° Le coefficient d'incapacité de la victime constaté par un expert médecin ou chirurgien.

*Incapacité absolue et permanente :*

Rente des  $\frac{2}{3}$  du salaire annuel.

*Incapacité partielle et permanente :*

Rente égale au  $\frac{1}{3}$  de la réduction subie.

*Incapacité temporaire :*

Indemnité journalière égale à la moitié du salaire touché au moment de l'accident, si l'incapacité dure plus de quatre jours, et à dater du cinquième.

*En cas de mort :*

Rente de 20 p. 100 du salaire annuel pour le conjoint survivant, non divorcé ni séparé de corps. Il perd tous ses droits, s'il contracte un nouveau mariage; mais il lui est alloué un capital égal au triple de l'annuité.

Rente aux enfants légitimes ou naturels reconnus, orphelins de père et de mère, de moins de seize ans.



Elle atteint 15 p. 100 du salaire, s'il n'y a qu'un enfant, 25 p. 100, deux enfants, 35 p. 100, trois enfants et 40 p. 100, quatre. Au delà, rente de 20 p. 100, par tête, avec maximum de 60 p. 100, aux orphelins de père et de mère qui réunissent les mêmes conditions.

Rente de 10 p. 100, par tête, avec maximum de 30 p. 100, aux ascendants et descendants mineurs qui étaient à la charge de la victime.

Les ouvriers et employés couverts par la loi ne peuvent se prévaloir d'aucune autre disposition. Ceux dont le salaire excède 2 400 francs ne bénéficient de la loi qu'à concurrence de cette somme ; au delà, ils n'ont droit, — sauf convention contraire, — qu'au quart des rentes et indemnités stipulées ci-dessus.

*Paiements.* — Le paiement s'opère par semestre, les rentes étant incessibles et insaisissables.

Lors du règlement de la rente viagère, la victime a la facilité de réclamer le versement, en espèces, du 1/4 du capital qui y correspond ; elle peut aussi demander, mais sans qu'il en résulte un surcroît de charge pour le patron, que la rente soit reversible, par moitié, sur la tête de son conjoint.

*Ouvriers étrangers.* — Les ouvriers étrangers victimes d'accident qui, pourvus de rentes viagères, quittent le territoire français, reçoivent seulement un capital égal à trois annuités.

Les représentants d'un ouvrier étranger n'ont aucun droit si, au moment de l'accident, ils ne résident pas en France.

Les représentants d'ouvriers étrangers, ne résidant pas dans l'étendue du territoire français, peuvent cependant être indemnisés, si un décret du Conseil d'État rendait applicable, pour leur nationalité et en raison de la législation en vigueur dans leur pays, les mêmes dispositions.

*Frais médicaux.* — Les patrons supportent les frais médicaux et pharmaceutiques ; ils paient une indemnité funéraire de 100 francs au plus.

Si la victime choisit son médecin, le patron n'est tenu des frais de traitement que jusqu'à concurrence de la somme fixée par le juge de paix, selon les tarifs de l'assistance médicale gratuite.



Les employeurs peuvent se décharger pendant les trente, soixante, quatre-vingt-dix premiers jours, des frais de maladie temporaire, s'ils justifient :

1° Qu'ils ont affilié leurs ouvriers à des mutualités et pris à leur charge une partie de la cotisation ( $\frac{1}{3}$  au moins) ;

2° Que ces mutualités assurent l'exécution des prescriptions légales.

En dehors de l'action qui résulte de cette loi, la victime et ses représentants conservent le recours au droit commun contre toute autre personne que le patron ou ses préposés. Le chef d'industrie est exonéré, à concurrence de l'indemnité ainsi accordée ; il peut même se substituer à la victime pour exercer des poursuites.

*Salaires de base.* — Le salaire de base, qui fonde l'indemnité pour le mineur de seize ans ou pour l'apprenti, est égal au salaire le plus bas d'un ouvrier adulte de même catégorie, dans la même entreprise ; mais s'il y a incapacité temporaire, l'indemnité due au mineur de seize ans ne peut excéder son salaire.

Le salaire de base s'entend, pour le travailleur qui a été occupé dans les douze mois écoulés, de la rémunération effective qu'il a reçue en nature ou en argent ; pour celui qui a été occupé moins de douze mois, il s'établit sur la moyenne des rétributions des ouvriers appartenant à sa catégorie et pendant le temps où il n'a pas été employé.

*Déclaration d'accidents.* — L'accident doit être déclaré, dans les quarante-huit heures, par le patron ou la victime (notes n° 274). Avis en est donné par le maire, à l'inspecteur du travail.

Si l'accident paraît devoir entraîner la mort, l'incapacité permanente ou partielle, une copie de la déclaration et du certificat médical est délivrée au juge de paix du lieu de l'accident. Ce magistrat procède, dans les vingt-quatre heures, à une enquête qui doit être close dans les dix jours de l'accident.

Le défaut de déclaration, par le patron, est puni d'une amende de 1 à 15 francs et de 16 à 300 francs, s'il y a récidive dans l'année.

*Compétence.* — Le Tribunal Civil est compétent pour toutes les demandes en indemnités concernant les incapacités permanentes



et l'attribution de rentes. Les juges de paix connaissent de toutes les autres.

L'assistance judiciaire est assurée de plein droit aux travailleurs.

La pension peut être diminuée par le tribunal, s'il y a faute inexcusable de la victime, majorée, s'il y a faute lourde du patron ; mais, dans ce dernier cas, elle ne saurait excéder le salaire.

L'action en indemnité se prescrit par un an à la date de l'accident, de la clôture de l'enquête ou de la cessation de paiement de l'indemnité temporaire.

L'action en réduction ou en augmentation est ouverte pendant trois ans, à dater du jugement ou de l'accord.

*Garanties.* — La loi confère aux victimes les garanties de l'article 2101 du Code civil (privilège général sur les meubles), pour le remboursement des frais médicaux, pharmaceutiques et funéraires, ainsi que pour le paiement des indemnités d'incapacité temporaire.

Au cas où les patrons, sociétés d'assurance et syndicats de garantie, ne s'acquitteraient pas de leurs charges, le paiement pourrait être réclamé à la Caisse nationale d'Accidents qui perçoit, à cette fin, 0,04 fr., additionnels aux patentes, et, 0,05 fr., par hectare concédé de mines.

La Caisse nationale possède un recours contre le patron ou, s'il est assuré, contre l'assureur ; le privilège de l'article 2102 étant accordé sur l'indemnité due par ce dernier.

*Affichages des règlements.* — Enfin, la loi prévoit l'affichage de son texte ainsi que celui des règlements de sécurité à intervenir dans les ateliers. Les infractions qui y seront constatées par l'Inspecteur du travail, donneront lieu à une amende de 1 à 15 francs, portée de 16 à 300 francs. en cas de récidive.

259. Arrêts de Cours. — Dans les arrêts de Cours, fort nombreux en la matière, nous pourrions citer les suivants, qui interprètent presque tous quelques points laissés dans l'ombre par les textes des lois sur les accidents :

« On ne saurait réputer survenu à l'occasion du travail et tombant sous le coup de la loi de 1898, l'accident dont un ouvrier



a été victime, tandis qu'il avait momentanément abandonné le travail auquel il était préposé :

Nancy, 25 avril 1901.

Grenoble, 15 novembre 1901.

Seine, 20 juin 1901.

Pour aller chercher une cigarette :

Pontoise, 21 novembre 1900:

Amiens, 20 août 1900.

Cassation, 17 février 1902.

Pour prêter son aide à un travail étranger à sa tâche (Grenoble, 15 novembre 1901).

L'accident dont un ouvrier est victime, en cours de route, pour quitter et reprendre son travail, ne tombe sous l'application de la loi que si le chef d'industrie s'était chargé du transport ou avait prescrit un mode d'accès déterminé (Cassation, 25 juin 1901).

La loi ne s'applique pas, si l'ouvrier a suivi un chemin choisi par lui (Cassation, 25 février 1902).

Ou usé d'un moyen de locomotion non imposé (Grenoble, 21 juin 1900).

On ne peut considérer comme ayant été blessé par le fait, ou à l'occasion de son travail, et dès lors comme pouvant invoquer le bénéfice de la loi du 9 avril 1898, l'ouvrier blessé au cours d'une rixe avec l'un de ses camarades, ou en se livrant avec celui-ci à un jeu dangereux (Nancy, 11 juin 1902).

Mais une blessure reçue ainsi, serait considérée comme accident de travail, si la querelle avait eu lieu à propos des fonctions de l'ouvrier blessé, au moment où, conformément à son devoir et dans l'intérêt commun, il adressait, à un jeune camarade, de justes observations (Vienne, 22 septembre 1902).

Ou blessé par un objet fortuitement lancé, par un de ses voisins, et étranger à leur travail (Senlis, 19 février 1901).

Les accidents survenus pendant la suspension du travail donnent lieu à une indemnité, si la présence de l'ouvrier était commandée ou tolérée (Cassation, 23 avril 1902).

Il n'y a pas lieu à indemnité dans le cas où il est interdit aux



ouvriers, pendant la suspension du travail, de rester dans l'établissement (Agen, 30 juillet 1902).

Le patron est responsable, dans le cas où l'ouvrier s'est blessé à une machine dont il s'était approché dans un but de curiosité ou d'amusement, contrairement aux ordres reçus ; l'accident étant survenu dans l'atelier à une heure où le blessé était placé sous la surveillance et la direction du patron (Cassation, 8 juillet 1903).

Pour le coefficient d'incapacité, on ne doit pas faire entrer en ligne de compte l'état de la victime antérieurement à l'accident. Son état d'infirmité importe peu au point de vue de la détermination de son état actuel et par suite, de l'indemnité à laquelle elle a droit.

Le juge ne peut allouer à l'ouvrier atteint d'une incapacité permanente et absolue, l'indemnité moindre fixée pour l'incapacité permanente et partielle, sous le prétexte que telles eussent été les suites de l'accident, si cet ouvrier avait déjà été infirme au moment où il a été blessé.

En conséquence, si l'ouvrier, déjà privé d'un œil, perd l'autre, par l'effet d'un accident, il y a lieu de lui allouer, pour cette incapacité de travail permanente et absolue, une rente égale aux 2/3 de son salaire annuel :

Caen, 25 juin 1901.

Civ. cassation, 24 juin 1902.

C. civ. des Req., 10 décembre 1902. »

**260. Assurances.** — L'une des obligations les plus lourdes que la loi de 1898 impose à l'industriel est celle de garantir, par le dépôt d'un capital, les indemnités et les rentes dues aux victimes des accidents survenus dans son usine.

Cette charge aurait amené, à bref délai, la disparition de la petite industrie, si elle n'avait trouvé un palliatif dans l'Assurance.

L'assurance est l'opération qui consiste à répartir, entre un grand nombre de personnes, les pertes éprouvées par quelques-unes, de manière à indemniser ces dernières, sans préjudice notable pour la masse.



C'est une sorte d'association de gens soumis aux mêmes risques, qui s'engagent mutuellement à couvrir le sinistre arrivé inopinément à un des leurs.

Le principe de l'association est la base même de l'assurance et il se retrouve non seulement quand elle est mutuelle, mais encore, quand elle est organisée par des capitalistes ; ceux-ci ne sont que des agents s'interposant pour réunir les individus et les faire s'associer.

La Compagnie d'assurance, sous quelque forme qu'elle s'organise, s'engage vis-à-vis de son assuré à l'indemniser des effets dommageables que certains risques peuvent lui faire courir, moyennant une somme convenue appelée prime.

Les primes sont calculées sur divers éléments qu'il serait trop long d'énumérer et dont les données sont fournies par les observations et les statistiques. Aujourd'hui, elles correspondent à peu près aux risques connus ; la concurrence des Compagnies, qui se sont créées en suite de la loi de 1898, les a sensiblement unifiées.

Le taux est d'ailleurs, en quelque sorte, réglé par des indications officielles :

La loi de 1899 a, en effet, établi l'assurance d'État en créant, à côté de la Caisse Nationale des Retraites, une Caisse Assurances-Accidents. Les tarifs des primes sont révisés chaque année, suivant les renseignements fournis par les statistiques du ministère du Commerce. Ils sont portés, à la connaissance du public, par le *Journal officiel* et par des brochures déposées dans les Perceptions et les Trésoreries générales.

L'assurance directe, à la Caisse nationale, ne peut porter que sur les risques de mort et les indemnités ; il faut y joindre une assurance mutualiste pour les premiers secours et les frais de maladie ; dans ce cas seulement, elle offre des avantages.

Il faut ajouter que les Compagnies d'Assurances-Accidents sont sous le contrôle et la surveillance de l'État, qui les oblige à verser des cautionnements correspondants aux sinistres qu'elles ont à supporter.

La loi de 1898 ne fonctionne pas depuis assez longtemps pour que ses résultats puissent donner lieu, en matière d'assurance, à



des conclusions définitives. Nous pouvons cependant dire qu'en réunissant les indications fournies par les Caisses d'Assurance-Invalidité de l'Allemagne et les tarifs des primes de la Caisse nationale d'Accidents en France, il y a une corrélation entre les mesures préventives d'hygiène et de sécurité et le taux de l'Assurance industrielle.

Une fois encore, nous ne pouvons nous empêcher de constater l'intérêt direct de l'Industriel à observer les prescriptions de la loi sur les mesures de protection ; il y trouve le bénéfice matériel d'un abaissement de primes et de diminution de frais généraux, en même temps qu'il éprouve la satisfaction morale de compter dans son usine moins d'accidents. (Note n° 273.)

### § 3. — LÉGISLATION ÉTRANGÈRE

261. — Tous les pays industriels ont aujourd'hui leur législation ouvrière ; nous ne croyons pas devoir donner même une analyse de leurs différentes dispositions.

Ce sujet a été traité avec compétence et autorité, et nous ne pouvons qu'indiquer à nos lecteurs, que ces lois intéressent, les travaux de MM. Paul Pic et Em. Lévy, professeurs à la Faculté de Droit de Lyon, et la remarquable étude de législation comparée, publiée en 1904, par M. Paul Louis, dans la Bibliothèque contemporaine<sup>1</sup>.

Toutes ces législations se ressemblent d'ailleurs ; toutes comprennent une ou plusieurs lois d'hygiène et une ou plusieurs lois d'Assurances, — accidents, maladies, vieillesse, etc. ; — toutes ont, comme agents d'exécution et de surveillance, des Inspecteurs du Travail. Elles ne se différencient que par leur importance et surtout leur codification.

Sur ce dernier point, on peut les classer en deux systèmes :

La méthode anglaise, où la législation, née peu à peu du conflit d'abord, de l'entente ensuite, des Trade-Unions et des grands Industriels, comprend une série de lois formant un ensemble un peu confus, complexe, traditionaliste et respectueux de la liberté

<sup>1</sup> L'Ouvrier devant l'État.



individuelle, comme tout le Droit anglais, mais complet et précis dans l'application ;

Le système allemand, où la loi est sortie tout entière et d'un seul jet, de la collaboration de l'Empire et des théoriciens de la Social-Démocrate (K. Marx, Lassalle, Engels, etc.).

Les lois allemandes de 1883-84 et 1887, forment un monument juridique imposant et toutes les obligations en sont impérieuses pour l'ouvrier comme pour le patron. OEuvre remarquable, il faut le dire, et dont les résultats peuvent, dès maintenant, être enregistrés, ainsi que l'indique le rapport publié, en 1903, dans le *Bulletin de l'Association des Industriels de France*.

Suivant son tempérament national, chaque pays a adopté l'une ou l'autre méthode :

L'Italie, l'Autriche, quelques cantons de la Suisse (plus spécialement les cantons catholiques), ont légiféré comme les Anglais ;

Certains autres cantons, les pays Scandinaves, la Hongrie, le Japon, ont suivi le système allemand ;

En France, notre législation est le résultat du dualisme de ces deux systèmes.

De l'étude de ces lois, il apparaît que dans le monde industriel tout entier, les mêmes nécessités ont amené les mêmes solutions et que partout, les pouvoirs publics ont assuré, dans des conditions presque identiques, par les mêmes moyens d'Inspection et de Contrôle, la sécurité des ouvriers et la salubrité de l'atelier.

Au moment où nous terminions cet ouvrage, certaines modifications ont été apportées au décret du 10 mars 1894, sur l'hygiène et la sécurité des ouvriers, par un décret du 29 novembre 1904 ; et, à la loi de 1898, sur les accidents, par une nouvelle loi du 31 mars 1905. Nous ne pouvons en commenter les divers articles et renvoyons aux notes, nos 275 et 276, indiquant les modifications apportées aux lois précédentes.



## NOTES

### 262. Bétons armés.

Pour le plancher d'un magasin d'une usine Lyonnaise, il avait été décidé de construire un hourdis en béton armé, posé sur des fers à I.

On voulut se rendre compte si ce hourdis pouvait être composé d'une feuille de métal déployé, noyée dans un agglomérant de béton de mâchefer à la chaux

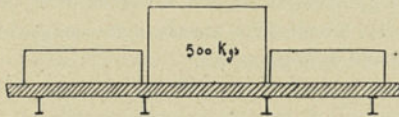


Fig. 102.

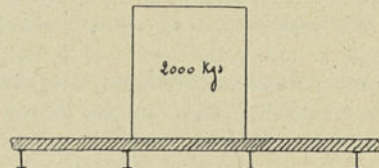


Fig. 103.

lourde, ou s'il était préférable que l'agglomérant fût un béton de ciment portland et gravier.

Les surcharges accidentelles que devaient supporter ce plancher étaient de 500 kilogrammes par mètre carré.

*Essais sur métal déployé et béton de mâchefer.* (15, 16 et 17 février 1899.)

Il a été procédé, sur des tablettes d'épreuves, aux essais suivants qui ont été poussés jusqu'à la rupture :

Chaque tablette reposait sur deux fers placés à la distance des solives du plancher, 0,80 m. et était chargée, sur toute sa surface, par des sacs de gravier empilés. Les flèches étaient mesurées par des appareils multiplicateurs.

Dose de chaux lourde, 350 kilogrammes par mètre cube de béton.

Métal déployé n° 15 ;

Dalles de 0,08 m. d'épaisseur.

L'épreuve a été faite après 30 jours de fabrication.

1<sup>re</sup> Expérience (fig. 102). Surcharge de 500 kilogrammes par mètre carré ; après 24 heures de charge, flèche de 0,00325.

Après déchargement, flèche de 0,00075.

2<sup>e</sup> Expérience (fig. 103). Surcharge de 2 000 kilogrammes par mètre carré.

Flèche de 0,006 ; quelques fissures.

Après déchargement, flèche 0,004.



3<sup>e</sup> Expérience (fig. 104). Rupture.

L'empilement des sacs de gravier étant difficile à maintenir stable, à une grande hauteur, la surcharge a été reportée au milieu de la dalle. La rupture a eu lieu après une surcharge de 1 600 kilogrammes, correspondant à 3 200 kilogrammes uniformément répartis.

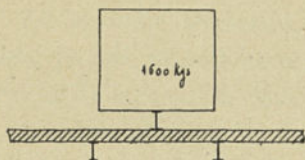


Fig. 104.

*Essais sur bétons en ciment portland artificiel et graviers (25 février).*

Dose de ciment : 300 kilogrammes par mètre cube de béton ;

Métal déployé n° 15.

L'épreuve a été faite après 30 jours de fabrication ; le ciment avait été un peu noyé au gachage et sa prise n'était pas très bonne.

1<sup>re</sup> Expérience. Surcharge de 710 kilogrammes par mètre carré :

Flèche immédiate, 0,003 ;

Flèche après 24 heures de charge, 0,00325.

2<sup>e</sup> Expérience. Après une flèche de 0,02 m., la rupture a eu lieu sous une surcharge, au milieu, de 1 960 kilogs.

Les essais précédents ayant permis de s'assurer que le béton de mâchefer armé se comportait bien avec la surcharge imposée de 500 kilogrammes par mètre carré et que la flèche était faible, les hourdis du plancher du magasin ont été exécutés ainsi, sur une surface de 400 mètres carrés.

Ce travail n'a donné lieu, jusqu'à ce jour, à aucune observation.

### 263. Planchers en ciment armé.

Nous avons fait exécuter un travail similaire, mais en ciment armé, courant 1903, dans une usine des environs de Lyon. Il comprend les planchers des deuxième, troisième et quatrième étages d'un bâtiment destiné à servir de magasins, d'entrepôts et d'étendages.

La surface de chacun des planchers est d'environ 1 000 mètres carrés ; soit en totalité, 3 000 mètres carrés. Ils sont portés sur les murs latéraux et des piliers médians.

Leur construction a été faite en béton de ciment portland et graviers, servant d'agglomérant à une armature en fer (fig. 105).

Les conditions de surcharges étaient les suivantes :

Surcharge des planchers, par mètre carré, 500 kilogrammes ;

Surcharge des sommiers A, par mètre carré de plancher, 400 kilogrammes ;

Surcharge des piliers D, correspondant à :

2<sup>e</sup> étage, 1 200 kilogrammes par mètre carré de plancher ;

3<sup>e</sup> — 800 — — —

4<sup>e</sup> — 400 — — —

Le bâtiment avait les dimensions suivantes : longueur intérieure 65,50 m. divisée en 12 travées de 5,50 m. chacune.

Largeur entre murs : 14,50 m. Ces murs sont renforcés par des contre-forts intérieurs de 0,50 m. de saillie.

Les sommiers A, des planchers, sont supportés par les murs et les piliers du



bâtiment. Leur ossature est reliée, d'une part, aux fers à I qui sont noyés dans les murs et leur servent de chaînage, et, d'autre part, avec les ferrures des piliers médians. A chaque travée, 7 solives B, distantes d'environ 1,80 m., relient les sommiers et supportent la plate-forme C.

La section transversale des sommiers est de 0,56 m. de hauteur, par 0,23 m. de largeur ; leur armature métallique est composée de deux barres de fer

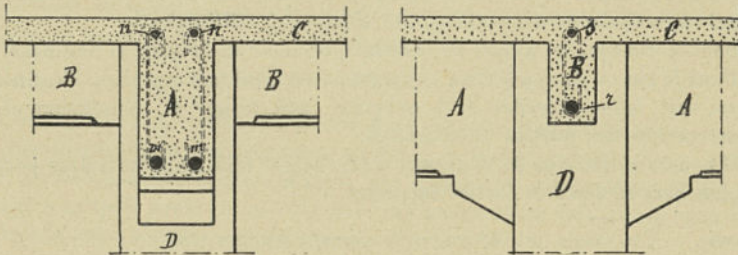


Fig. 103.

rond *m*, de 46 millimètres de diamètre, noyées à la partie inférieure de la poutre, et de deux barres *n*, de 14 millimètres, à la partie supérieure. Ces barres sont reliées par les étriers *p*.

La section transversale des solives est de 0,37 m. de hauteur, par 0,15 de largeur ; l'armature métallique se compose de rondins de 36 millimètres *r*, placés à la partie inférieure de la solive et de fers de 10 millimètres *s*, placés à la partie supérieure. Ils sont également réunis par des étriers.

La plate-forme C, de 0,08 m. d'épaisseur, est armée, dans chaque travée, de 21 tiges métalliques de 10 millimètres de diamètre assemblées aux ferrures des solives. Elle est recouverte d'une chappe en bitume artificiel de 0,02 m. d'épaisseur.

Les piliers qui supportent les poutres en leur milieu, sont carrés et leur section décroît à chaque étage : 0,40 m, de côté, au deuxième étage, 0,36, au troisième, 0,30, au quatrième. Ils sont construits en ciment armé de rondins en fer, de diamètre décroissant, 28, 23 et 17 millimètres, suivant les étages, reliés aux armatures des sommiers.

Les conditions de résistance de l'ouvrage ont seules été imposées à l'entrepreneur ; l'emploi des matériaux étant cependant sous la surveillance de l'ingénieur chargé des travaux.

Ces conditions sont indiquées dans la note suivante, qui est un extrait du cahier des charges de l'entrepreneur :

« Aux essais, les planchers en béton armé devront résister aux surcharges indiquées plus haut, augmentées d'un quart comme sécurité.

« Trois semaines après que chacun des planchers sera terminé, l'ingénieur pourra procéder à ces essais de surcharge, lesquels devront être faits par l'entrepreneur et à ses frais.

« Les surcharges prévues pourront être appliquées à un certain nombre de travées choisies par l'ingénieur ; soit à des travées consécutives, soit à des travées quelconques.



« Les surcharges devront rester en place, aux travées choisies, pendant vingt-quatre heures au moins; passé ce temps, les planchers ne devront présenter ni fissure, ni déformation apparente.

« La flèche maximum, par travée chargée, ne devra pas dépasser  $1/1500$  de la longueur de la travée ou de la poutre essayée avec la surcharge normale et  $1/1000$ , avec cette même surcharge augmentée de  $1/4$ .

« La travée étant ensuite déchargée, le plancher devra revenir à son état normal et la flèche permanente ne pas dépasser 1 millimètre.

« Sous la charge, les piliers ne devront présenter ni fissure, ni flambage.

« Dans le cas où les conditions ci-dessus ne seraient pas remplies, l'ingénieur pourra, soit faire procéder à la réfection, soit exiger la démolition et la reconstruction des parties défectueuses.

« Il pourra exiger que de nouveaux essais soient faits dans les autres parties des planchers et dans les parties réparées. »

*Essais.* — Ces essais ont été exécutés courant octobre 1903 :

Les travées ont été chargées de 625 kilogrammes par mètre carré, au moyen de sacs de gravier et de chaux.

La surface de la travée étant de  $5,50 \text{ m.} \times 7,25 \text{ m.} = 39,87 \text{ m}^2$ ; la charge totale, uniformément répartie par travée, a été de 24 950 kilogrammes.

*Plancher du deuxième étage.* (Essais des 3, 4 et 5 octobre 1903.)

1<sup>re</sup> Epreuve. — A la fin du chargement, la flèche de la solive atteint : 0,0046 m.

La flèche du sommier : 0,0013 m.

Pendant le chargement, l'aiguille oscille à chaque pose des éléments de charge.

Après 24 heures de chargement :

Flèche de la solive, 0,0054 ;

Flèche du sommier, 0,0025.

2<sup>o</sup> Epreuve. — La charge de la demi-travée a été reportée sur la demi-travée voisine, afin d'avoir une épreuve directe sur le sommier :

Charge uniformément répartie, 24 950 kilogrammes ;

La flèche de la solive se réduit à 0,004 ;

La flèche du sommier augmente et atteint 0,003.

Après déchargement complet, au bout de trois heures :

La solive n'a plus que 0,0015 de flèche ;

Le sommier, 0,0009.

On peut considérer ces épreuves comme satisfaisantes ; la flexion du sommier n'atteignant, à la charge, que 0,003, c'est-à-dire :

$0,003 : 7,500 = 4 : 2\,500$  de la portée du sommier.

*Plancher du 3<sup>e</sup> étage.* (Essais des 5 et 6 octobre) :

Charge, 24 950 kilogrammes ;

Flexion des solives, 0,0071.

Flexion du sommier, 0,0035.

Après 24 heures consécutives de chargement :

Flexion des solives, 0,0087 ;

Flexion du sommier, 0,0035.



Immédiatement après le déchargement complet :

Flexion des solives, 0,0028 ;

Flexion du sommier, 0,0012.

16 heures après le déchargement :

Flexion des solives, 0,0024 ;

Flexion du sommier, 0,0012.

Ces derniers résultats, qui peuvent être considérés comme assez satisfaisants, puisque la flèche de la poutre n'atteint que :

$$0,0035 : 7,500 = 1/2\ 000 \text{ de la portée,}$$

sont cependant bien inférieurs à ceux des essais du premier étage.

Cette infériorité a été attribuée, partie à ce que ce dernier étage, exécuté plus récemment que l'autre, n'avait pas atteint le même degré de siccité ; partie, à ce qu'il avait été exécuté par une température très élevée, peu favorable à la prise régulière du ciment.

Depuis leur mise en service, quelques fissures de peu d'importance se sont formées dans ces planchers, plus spécialement aux attaches et à la partie inférieure des poutres qui travaille à la traction.

A la suite d'un agrandissement des ateliers, une partie du deuxième étage a reçu, sur son plancher en ciment armé, un certain nombre de machines. Il nous a été assez facile d'étudier l'effet produit par ces appareils, à mouvements intermittents, ayant d'assez fortes réactions :

Bien que les résistances propres des planchers en ciment armé soient suffisantes, leur masse paraît faible et les vibrations ne s'y amortissent pas complètement ; on a dû, pour éviter la transmission des vibrations aux planchers, interposer entre les outils et ces derniers, des garnissages en substances résistantes, mais flexibles : cadres en bois supportés sur des plaques de liège aggloméré. De plus, les attaches et scellements d'outils ne pouvant se faire solidement, dans la mince épaisseur des hourdis des planchers, il a fallu, par des traverses, intéresser plusieurs solives entre elles pour consolider l'attache de ces outils.

De ces observations, nous avons conclu que, si ce système de construction, convenablement exécuté, offrait quelques avantages économiques pour les planchers de magasins et dépôts, il était moins indiqué pour les planchers d'ateliers. Ceux en hourdis de béton de mâchefer ou de graviers, sur fers à I, sont, il est vrai, un peu plus coûteux ; mais, par contre, ils présentent, pour cet emploi, une stabilité plus grande et une masse plus considérable pour l'amortissement des vibrations d'un outillage en marche. Les fers de leur armature étant beaucoup plus espacés, ils offrent aussi plus de facilités pour changer les outils de place ou pour toute autre transformation.



**264. Documents administratifs concernant la législation des appareils à vapeur.** — Les appareils à vapeur sont régis par les décrets suivants :

DÉCRET DU 30 AVRIL 1880

*Réglementant les appareils à vapeur autres que ceux qui sont placés à bord des bateaux.*

ARTICLE PREMIER. — Sont soumis aux formalités et aux mesures prescrites par le présent règlement : 1<sup>o</sup> les générateurs de vapeur, autres que ceux qui sont placés à bord des bateaux ; 2<sup>o</sup> les récipients définis ci-après (titre V).

TITRE PREMIER

MESURES DE SURETÉ RELATIVES AUX CHAUDIÈRES PLACÉES A DEMEURE

ART. 2. — Aucune chaudière neuve ne peut être mise en service qu'après avoir subi l'épreuve réglementaire ci-après définie. Cette épreuve doit être faite chez le constructeur et sur sa demande.

Toute chaudière venant de l'étranger est éprouvée, avant sa mise en service, sur le point du territoire français désigné par le destinataire dans sa demande.

ART. 3. — Le renouvellement de l'épreuve peut être exigé de celui qui fait usage d'une chaudière :

- 1<sup>o</sup> Lorsque la chaudière, ayant déjà servi, est l'objet d'une nouvelle installation ;
- 2<sup>o</sup> Lorsqu'elle a subi une réparation notable ;
- 3<sup>o</sup> Lorsqu'elle est remise en service après un chômage prolongé.

A cet effet, l'intéressé devra informer l'ingénieur des mines de ces diverses circonstances. En particulier, si l'épreuve exige la démolition du massif du fourneau ou l'enlèvement de l'enveloppe de la chaudière et un chômage plus ou moins prolongé, cette épreuve pourra ne point être exigée, lorsque des renseignements authentiques sur l'époque et les résultats de la dernière visite, intérieure et extérieure, constitueront une présomption suffisante en faveur du bon état de la chaudière. Pourront être notamment considérés comme renseignements probants les certificats délivrés aux membres des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur par celles de ces Associations que le Ministre aura désignées.

Le renouvellement de l'épreuve est exigible également lorsque, à raison des conditions dans lesquelles une chaudière fonctionne, il y a lieu, par l'ingénieur des mines, d'en suspecter la solidité.

Dans tous les cas, lorsque celui qui fait usage d'une chaudière contestera la nécessité d'une nouvelle épreuve, il sera, après une instruction où celui-ci sera entendu, statué par le Préfet.

En aucun cas, l'intervalle entre deux épreuves consécutives n'est supérieur à dix années. Avant l'expiration de ce délai, celui qui fait usage d'une chaudière à vapeur doit lui-même demander le renouvellement de l'épreuve.

ART. 4. — L'épreuve consiste à soumettre la chaudière à une pression hydraulique supérieure à la pression effective qui doit ne point être dépassée dans le service. Cette pression d'épreuve sera maintenue pendant le temps



nécessaire à l'examen de la chaudière, dont toutes les parties doivent pouvoir être visitées.

La surcharge d'épreuve par centimètre carré est égale à la pression effective, sans jamais être inférieure à un demi-kilogramme ni supérieure à 6 kilogrammes.

L'épreuve est faite sous la direction de l'ingénieur des mines et en sa présence, ou, en cas d'empêchement, sous la présence du garde-mines opérant d'après ses instructions.

Elle n'est pas exigée pour l'ensemble d'une chaudière dont les diverses parties, éprouvées séparément, ne doivent être réunies que par des tuyaux placés, sur tout leur parcours, en dehors du foyer et des conduits de flammes, et dont les joints peuvent être facilement démontés.

Le chef de l'établissement où se fait l'épreuve fournit la main-d'œuvre et les appareils nécessaires à l'opération.

ART. 5. — Après qu'une chaudière ou partie de chaudière a été éprouvée avec succès, il y est apposé un timbre, indiquant, en kilogrammes par centimètre carré, la pression effective que la vapeur ne doit pas dépasser.

Les timbres sont poinçonnés et reçoivent trois nombres indiquant le jour, le mois et l'année de l'épreuve.

Un de ces timbres est placé de manière à être toujours apparent après la mise en place de la chaudière.

ART. 6. — Chaque chaudière est munie de deux soupapes de sûreté, chargées de manière à laisser la vapeur s'écouler dès que sa pression effective atteint la limite maximum indiquée par le timbre réglementaire.

L'orifice de chacune des soupapes doit suffire à maintenir, celle-ci étant au besoin convenablement déchargée ou soulevée et quelle que soit l'activité du feu, la vapeur dans la chaudière à un degré de pression qui n'excède, pour aucun cas, la limite ci-dessus.

Le constructeur est libre de répartir, s'il le préfère, la section totale d'écoulement nécessaire des deux soupapes réglementaires entre un plus grand nombre de soupapes.

ART. 7. — Toute chaudière est munie d'un manomètre en bon état, placé en vue du chauffeur et gradué de manière à indiquer en kilogrammes la pression effective de la vapeur dans la chaudière.

Une marque très apparente indique sur l'échelle du manomètre la limite que la pression effective ne doit point dépasser.

La chaudière est munie d'un ajutage terminé par une bride de quatre centimètres (0,04 m.) de diamètre et cinq millimètres (0,005 mm.) d'épaisseur disposée pour recevoir le manomètre vérificateur.

ART. 8. — Chaque chaudière est munie d'un appareil de retenue, soupape ou clapet, fonctionnant automatiquement et placé au point d'insertion du tuyau d'alimentation qui lui est propre.

ART. 9. — Chaque chaudière est munie d'une soupape ou d'un robinet d'arrêt de vapeur, placé, autant que possible, à l'origine du tuyau de conduite de vapeur, sur la chaudière même.

ART. 10. — Toute paroi en contact par une de ses faces avec la flamme doit être baignée par l'eau sur sa face opposée.

Le niveau de l'eau doit être maintenu, dans chaque chaudière, à une hauteur de marche telle qu'il soit, en toute circonstance, à six centimètres (0,06 m.), au



moins, au-dessus du plan pour lequel la condition précédente cesserait d'être remplie. La position limite sera indiquée, d'une manière très apparente, au voisinage du tube de niveau mentionné à l'article suivant :

Les prescriptions énoncées au présent article ne s'appliquent point :

1° Aux surchauffeurs de vapeur distincts de la chaudière ;

2° A des surfaces relativement peu étendues et placées de manière à ne jamais rougir, même lorsque le feu est poussé à son maximum d'activité, telles que les tubes ou parties de cheminée qui traversent le réservoir de vapeur, en envoyant directement à la cheminée principale les produits de la combustion.

ART. 11. — Chaque chaudière est munie de deux appareils indicateurs du niveau de l'eau, indépendants l'un de l'autre, et placés en vue de l'ouvrier chargé de l'alimentation.

L'un de ces deux indicateurs est un tube en verre, disposé de manière à reporter en vue de l'ouvrier chargé de l'alimentation l'indication du niveau de l'eau dans la chaudière.

## TITRE II

### ÉTABLISSEMENT DES CHAUDIÈRES A VAPEUR PLACÉES A DEMEURE

ART. 12. — Toute chaudière à vapeur destinée à être employée à demeure ne peut être mise en service qu'après une déclaration adressée par celui qui fait usage du générateur au préfet du département. Cette déclaration est enregistrée à sa date. Il en est donné acte. Elle est communiquée sans délai à l'ingénieur en chef des mines.

ART. 13. — La déclaration fait connaître avec précision :

1° Le nom et le domicile du vendeur de la chaudière ou l'origine de celle-ci ;

2° La commune et le lieu où elle est établie ;

3° La forme, la capacité et la surface de chauffe ;

4° Le numéro du timbre réglementaire ;

5° Un numéro distinctif de la chaudière, si l'établissement en possède plusieurs ;

6° Enfin, le genre d'industrie et l'usage auquel elle est destinée.

ART. 14. — Les chaudières sont divisées en trois catégories.

Cette classification est basée sur le produit de la multiplication du nombre exprimant en mètres cubes la capacité totale de la chaudière (avec ses bouilleurs et ses réchauffeurs alimentaires, mais sans y comprendre les surchauffeurs de vapeur) par le nombre exprimant, en degrés centigrades, l'excès de la température de l'eau correspondant à la pression indiquée par le timbre réglementaire sur la température de 100°, conformément à la table annexée au présent décret.

Si plusieurs chaudières doivent fonctionner ensemble dans un même emplacement et si elles ont entre elles une communication quelconque, directe ou indirecte, on prend, pour former le produit comme il vient d'être dit, la somme des capacités de ces chaudières.

Les chaudières sont de première catégorie quand le produit est plus grand que 200 ; de la deuxième, quand le produit n'excède pas 200, mais surpasse 50 ; de la troisième, si le produit n'excède pas 50.

ART. 15. — Les chaudières comprises dans la première catégorie doivent être établies en dehors de toute maison d'habitation et de tout atelier surmonté d'étages. N'est pas considérée comme un étage, au-dessus de l'emplacement



d'une chaudière, une construction dans laquelle ne se fait aucun travail nécessitant la présence d'un personnel à poste fixe.

ART. 16. — Il est interdit de placer une chaudière de première catégorie à moins de trois mètres (3 mètres) d'une maison d'habitation.

Lorsqu'une chaudière de première catégorie est placée à moins de dix mètres (10 mètres) d'une maison d'habitation, elle en est séparée par un mur de défense.

Ce mur, en bonne et solide maçonnerie, est construit de manière à défilier la maison par rapport à tout point de la chaudière distant de moins de dix mètres (10 mètres) sans toutefois que sa hauteur dépasse de un mètre (1 mètre) la partie la plus élevée de la chaudière. Son épaisseur est égale au tiers au moins de sa hauteur, sans que cette épaisseur puisse être inférieure à un mètre (1 mètre) en couronne. Il est séparé du mur de la maison voisine par un intervalle libre de trente centimètres de largeur au moins.

L'établissement d'une chaudière de première catégorie à la distance de dix mètres (10 mètres) ou plus d'une maison d'habitation n'est assujéti à aucune condition particulière.

Les distances de trois mètres (3 mètres) et de dix mètres (10 mètres), fixées ci-dessus, sont réduites respectivement à un mètre cinquante centimètres (1,50 m.) et à cinq mètres (5 mètres), lorsque la chaudière est enterrée de façon que la partie supérieure de ladite chaudière se trouve à un mètre (1 mètre) en contre-bas du sol, du côté de la maison voisine.

ART. 17. — Les chaudières comprises dans la deuxième catégorie peuvent être placées dans l'intérieur de tout atelier, pourvu que l'atelier ne fasse pas partie d'une maison d'habitation.

Les foyers sont séparés des murs des maisons voisines par un intervalle libre de un mètre (1 mètre) au moins.

ART. 18. — Les chaudières de troisième catégorie peuvent être établies dans un atelier quelconque, même lorsqu'il fait partie d'une maison d'habitation.

ART. 20. — Si, postérieurement à l'établissement d'une chaudière, un terrain contigu vient à être affecté à la construction d'une maison d'habitation, celui qui fait usage de la chaudière devra se conformer aux mesures prescrites par les articles 16, 17 et 18, comme si la maison eût été construite avant l'établissement de la chaudière.

## TITRE V

### RÉCIPIENTS

ART. 30. — Sont soumis aux dispositions suivantes, les récipients de formes diverses, d'une capacité de plus de 100 litres, au moyen desquels les matières à élaborer sont chauffées, non directement à feu nu, mais par de la vapeur empruntée à un générateur distinct, lorsque leur communication avec l'atmosphère n'est point établie par des moyens excluant toute pression effective nettement appréciable.

ART. 31. — Ces récipients sont assujétiés à la déclaration prescrite par les articles 12 et 13.

Ils sont soumis à l'épreuve, conformément aux articles 2, 3, 4 et 5. Toutefois, la surcharge d'épreuve sera, dans tous les cas, égale à la moitié de la pression maximum à laquelle l'appareil doit fonctionner, sans



que cette surcharge puisse excéder 4 kilogrammes par centimètre carré.

ART. 32. — Ces récipients sont munis d'une soupape de sûreté réglée pour la pression indiquée par le timbre, à moins que cette pression ne soit égale ou supérieure à celle fixée pour la chaudière alimentaire.

L'orifice de cette soupape, convenablement déchargée ou soulevée au besoin, doit suffire à maintenir, pour tous les cas, la vapeur dans le récipient à un degré de pression qui n'excède pas la limite du timbre.

Elle peut être placée, soit sur le récipient lui-même, soit sur le tuyau d'arrivée de la vapeur, entre les robinets et le récipient.

ART. 33. — Les dispositions des articles 30, 31 et 32 s'appliquent également aux réservoirs dans lesquels de l'eau à haute température est emmagasinée, pour fournir ensuite un dégagement de vapeur ou de chaleur, quel qu'en soit l'usage.

ART. 34. — Un délai de six mois, à partir de la promulgation du présent décret, est accordé pour l'exécution des quatre articles qui précèdent.

## TITRE VI

### DISPOSITIONS GÉNÉRALES

ART. 35. — Le Ministre peut, sur le rapport des ingénieurs des mines, l'avis du préfet et celui de la Commission centrale des machines à vapeur, accorder dispense de tout ou partie des prescriptions du présent décret, dans tous les cas où, à raison soit de la forme, soit de la faible dimension des appareils, soit de la position spéciale des pièces contenant de la vapeur, il serait reconnu que la dispense ne peut pas avoir d'inconvénient.

ART. 36. — Ceux qui font usage de générateurs ou de récipients de vapeur veilleront à ce que ces appareils soient entretenus constamment en bon état de service.

A cet effet, ils tiendront la main à ce que des visites complètes, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, soient faites à des intervalles rapprochés, pour constater l'état des appareils et assurer l'exécution, en temps utile, des réparations ou remplacements nécessaires.

Ils devront informer les ingénieurs des réparations notables faites aux chaudières et aux récipients, en vue de l'exécution des articles 3 (1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup> et 3<sup>o</sup>) et 31, § 2.

ART. 37. — Les contraventions au présent règlement sont constatées, poursuivies et réprimées conformément aux lois.

ART. 38. — En cas d'accident ayant occasionné la mort ou des blessures, le chef de l'établissement doit prévenir immédiatement l'autorité chargée de la police locale et l'ingénieur des mines chargé de la surveillance. L'ingénieur se rend sur les lieux, dans le plus bref délai, pour visiter les appareils, en constater l'état et rechercher les causes de l'accident. Il rédige sur le tout :

1<sup>o</sup> Un rapport qu'il adresse au procureur de la République et dont une expédition est transmise à l'ingénieur en chef, qui fait parvenir son avis à ce magistrat.

2<sup>o</sup> Un rapport qui est adressé au préfet, par l'intermédiaire et avec l'avis de l'ingénieur en chef.

En cas d'accident n'ayant occasionné ni mort ni blessure, l'ingénieur des mines seul est prévenu ; il rédige un rapport qu'il envoie, par l'intermédiaire et avec l'avis de l'ingénieur en chef, au préfet.



En cas d'explosion, les constructions ne doivent point être réparées et les fragments de l'appareil rompu ne doivent point être déplacés ou dénaturés avant la constatation de l'état des lieux par l'ingénieur.

ART. 39. — Par exception, le Ministre pourra confier la surveillance des appareils à vapeur aux ingénieurs ordinaires et aux conducteurs des ponts et chaussées, sous les ordres de l'ingénieur en chef des mines de la circonscription.

ART. 40. — Les appareils à vapeur qui dépendent des services spéciaux de l'Etat sont surveillés par les fonctionnaires et agents de ces services.

ART. 41. — Les attributions conférées aux préfets des départements par le présent décret sont exercées par le préfet de police dans toute l'étendue de son ressort.

ART. 42. — Est rapporté le décret du 25 janvier 1865.

### 265. — Modification au décret du 30 avril 1880. Décret du 29 juin 1886.

ARTICLE PREMIER. — Lorsque plusieurs générateurs de vapeur, placés à demeure, sont groupés sur une conduite générale de vapeur, en nombre tel que le produit, formé comme il est dit à l'article 14 du décret du 30 avril 1880, en prenant comme base du calcul le timbre réglementaire le plus élevé, dépasse le nombre de 1800, lesdits générateurs sont répartis par séries correspondant chacune à un produit au plus égal à ce nombre; chaque série est munie d'un clapet automatique d'arrêt, disposé de façon à éviter, en cas d'explosion, le déversement de la vapeur des séries restées intactes.



## 266. Force élastique, volume et densité de la vapeur d'eau.

TEMPÉRA- TURE	PRESSION en kg. par cm <sup>2</sup> .	POIDS du m <sup>3</sup> .	VOLUME de 1 kg.	CHAUDIÈRES	
				Volume en 3 <sup>e</sup> catégorie.	Volume en 2 <sup>e</sup> catégorie.
				litres.	litres.
100°	0,00	0,5884	1,6995	—	—
120°	1,000	1,0986	0,91024	2 500	10 000
127°	1,500	1,3446	0,7437	1 850	7 400
133°	2,000	1,5861	0,6305	1 500	6 000
138°	2,500	1,8239	0,5483	1 300	5 200
143°	3,000	2,0585	0,4858	1 160	4 600
147°	3,500	2,2904	0,4366	1 060	4 250
151°	4,000	2,5197	0,3969	980	3 900
154°	4,500	2,7467	0,3640	925	3 700
158°	5,000	2,9517	0,3365	860	3 400
161°	5,500	3,1948	0,3130	820	3 250
164°	6,000	3,4162	0,2927	780	3 100
167°	6,500	3,6359	0,2750	745	3 000
169°	7,000	3,8542	0,2594	725	2 900
172°	7,500	4,0709	0,2456	690	2 750
174°	8,000	4,2864	0,2333	675	2 700
176°	8,500	4,5005	0,2222	650	2 600
179°	9,000	4,7135	0,2121	630	2 500
181°	9,500	4,9253	0,2030	615	2 450
183°	10,000	5,1359	0,1947	600	2 400
187°	11,000	5,5543	0,1800	575	2 300
190°	12,000	5,9687	0,1675	550	2 200
194°	13,000	6,3795	0,1567	530	2 100
197°	14,000	6,7870	0,1473	510	2 050
200°	15,000	7,1917	0,1390	500	2 000



## 267. Table donnant par degré de température :

- 1° Le poids sec d'air et de vapeur contenu dans 1 mètre cube d'air saturé.  
 2° La chaleur contenue dans l'air et dans la vapeur, par mètre cube d'air saturé.  
 3° Le poids de vapeur contenu dans l'air saturé, par kilog. d'air sec.

TEMPÉRA- TURE	POUR 1 M <sup>3</sup> D'AIR SATURÉ				POIDS de vapeur (en kg.) dans l'air saturé, par kg. d'air sec.
	POIDS EN KG.		CHALEUR		
	Air sec P	Vapeur P'	C de l'air.	c de la vapeur.	
<i>t</i>					<i>p</i>
0°	1,2854	0,0049	0,000	2,9528	0,00380
1	1,2801	0,0052	0,3043	3,1610	0,00405
2	1,2748	0,0056	0,6061	3,3820	0,00438
4	1,2651	0,0064	1,2032	3,8648	0,00505
6	1,2537	0,0072	1,7880	4,4085	0,00570
8	1,2431	0,0082	2,3638	5,0195	0,00660
10	1,2324	0,0094	2,9293	5,7033	0,00765
12	1,2216	0,0106	3,4845	6,4680	0,00970
15	1,2052	0,0127	4,2973	7,7845	0,01050
18	1,1835	0,0152	5,0853	9,3306	0,01280
20	1,1772	0,0171	5,5964	10,5046	0,01450
22	1,1656	0,0193	6,0955	11,806	0,01656
25	1,1478	0,0228	6,8208	14,030	0,01985
28	1,1293	0,0170	7,5163	16,587	0,02388
30	1,1166	0,0301	7,9623	18,517	0,02694
32	1,0967	0,0333	8,6017	21,775	0,03226
35	1,0829	0,0393	9,0093	24,246	0,03628
38	1,0613	0,0458	0,5862	28,304	0,04315
40	1,0462	0,0507	9,9471	31,351	0,04844
45	1,0656	0,0648	10,7577	40,221	0,06448
50	0,9604	0,0823	11,445	51,143	0,08565
55	0,8997	0,1034	11,893	64,480	0,11377
60	0,8524	0,1291	12,157	80,642	0,15142
65	0,7873	0,1597	12,164	100,055	0,20284
70	0,7133	0,1963	11,869	123,233	0,27520
75	0,6290	0,2395	11,215	150,705	0,38055
80	0,5330	0,2900	10,139	183,050	0,54420
85	0,4240	0,3495	7,560	220,935	0,82316
90	0,3000	0,4180	5,910	274,660	1,39385
100°	0,0000	0,5880	0,000	374,850	∞



### 268. Calculs des canalisations électriques.

La section des fils en millim. carrés, pour courant continu, est donnée par la formule :

$$S = \frac{W \times L \times 0,0175}{p \times E} .$$

W, nombre de watts à transmettre, 1 HP est représenté par 736 watts ;

L, longueur d'un fil simple ;

p, perte, exprimée en fraction de la perte d'énergie que l'on veut consentir dans la canalisation. Dans l'intérieur des usines, on lui fait dépasser rarement 0,05, soit 5 p. 100 de la force transportée.

E, tension ou force électro-motrice, nombre de volts.

Pour courants triphasés :

$$I = \frac{W}{E \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi} ,$$

et :

$$S = \frac{W \times L \times 0,0175}{p \times E \times \cos^2 \varphi} ,$$

dans lesquels I est le débit en ampères, par phase.

Cos  $\varphi$  dépend du rapport entre le travail réellement effectué par les moteurs alimentés et celui qu'ils effectuent en apparence. La charge inductive, dans les moteurs, a pour effet de faire retarder l'intensité immédiate sur la tension qui le produit, et l'énergie fournie n'est plus le produit de la tension par l'intensité ; il faut multiplier ce produit par le cos  $\varphi$  de l'angle dont l'intensité retarde sur la tension correspondante.



## 269. Règles pour la fourniture et les essais des machines électriques et transformateurs <sup>1</sup>.

*Puissance nominale.* — La puissance nominale est celle pour laquelle la machine est vendue ; elle sera indiquée par une plaque fixée sur la machine.

Elle sera exprimée en kilowatts aux bornes, dans le cas de courant continu ; en kilo-volts-amp. avec indication du facteur de puissance, dans le cas de courants alternatifs. Pour les alternateurs destinés à assurer un service de moteurs, il y aura lieu de prévoir un facteur de puissance, au plus, égal à 0,8. La puissance de l'excitatrice sera déterminée par cette condition.

Outre la puissance nominale, on indiquera sur la plaque de la machine :

La tension normale (composée en cas de courant triphasé) ;

La vitesse normale et la fréquence des alternances.

*Echauffement.* — L'échauffement d'une machine électrique doit, avant tout, être compatible avec la conservation en parfait état de l'isolant.

Les limites maxima, mesurées après une durée d'essais spécifiée dans le paragraphe suivant, sont :

Pour les inducteurs traversés par un courant continu, 45° C ;

Pour tous les autres enroulements de machines et les fers dans lesquels ils sont noyés, 40° C ;

Pour l'enroulement des transformateurs, 45° C ;

Pour les collecteurs, bagues et balais, 50° C ;

Pour les paliers, bornes et connexions, 30° C.

Ces limites d'échauffement supposent une température ambiante ne dépassant pas 35° C.

*Durée de l'essai.* — Sauf spécifications contraires, la durée de l'essai, à charge nominale, après lequel on mesurera la surélévation de température, sera déterminée, pour les machines, par le tableau ci-après :

$K = \frac{\text{volts-ampères}}{\text{tours par minute}}$	Durée de l'essai.
0 à 5 . . . . .	2 heures.
5 à 10 . . . . .	3 —
10 à 30 . . . . .	4 —
30 à 80 . . . . .	5 —
80 à 200 . . . . .	6 —
200 à 500 . . . . .	7 —
500 à 800 . . . . .	8 —
800 à 1 500 . . . . .	9 —
1 500 et plus . . . . .	10 —

<sup>1</sup> Extrait des règles imposées par les Associations des Propriétaires à vapeur ayant un service électrique.



Pour les transformateurs, la durée de l'essai sera celle du fonctionnement.

*Mesures des températures.* — Pour les circuits inducteurs traversés par courants continus, cette température sera mesurée, toujours par augmentation de résistance.

Pour les induits à collecteurs, toujours par thermomètres.

Pour les autres circuits : autant que possible par les deux procédés, en prenant la plus élevée des valeurs trouvées.

Pour déduire la surélévation de température de l'augmentation de résistance, on ramènera à 0° les résistances mesurées, en admettant comme coefficient de la température du cuivre, la valeur constante de 0,004.

Dans toutes les mesures par thermomètre, on appliquera celui-ci au point accessible le plus chaud.

Le thermomètre indiquant la température ambiante sera placé dans l'axe de la machine et à un mètre en avant du palier, en tenant compte des circonstances locales.

La température ambiante sera maintenue aussi constante que possible; si elle varie, pendant la durée de l'essai, on prendra la moyenne du dernier quart de l'essai.

*Rendement.* — On distinguera :

$$a) \text{ Le rendement} = \frac{\text{puissance utilisable}}{\text{puissance absorbée.}}$$

$$b) \text{ Le rendement mesurable} = \frac{\text{puissance utilisable}}{\text{puissance mesurable} + \text{pertes totales.}}$$

$$c) \text{ Le rendement électrique mesurable} = \frac{\text{puissance utilisable}}{\text{puissance utilisable} + \text{pertes électriques mesurables.}}$$

Quand les puissances utilisables et absorbées peuvent être mesurées directement, avec une précision suffisante, le rendement à indiquer est celui défini par *a*.

Dans tous les autres cas, les rendements à indiquer seront définis par *b* et *c*.

La mesure sera faite par la méthode des pertes séparées.

Les chiffres donnés pour les rendements s'entendent, sauf indication contraire, pour la charge nominale, en y comprenant les pertes dues aux appareils auxiliaires tels que : rhéostat, excitatrice, ventilateur, etc.

*Surcharges.* — Toute machine doit pouvoir supporter, sans détérioration, une surcharge de courant ou de couple de 20 p. 100, pendant 1/10 de la durée des essais.

Les transformateurs supporteront cette surcharge pendant une heure.

Les moteurs à marche prolongée et les transformateurs supporteront, en plus, une surcharge de 40 p. 100 pendant trois minutes.

Pour les alternateurs, cette surcharge s'entend avec le facteur de puissance prévu.

Les génératrices devront, à vitesse normale, pouvoir maintenir leur tension de régime, pendant toute la durée de la surcharge.

*Essais de surtension.* — Toutes les machines de plus de 1 kilowatt devront pouvoir supporter, au moment de la réception, deux essais de surtension :

Pour des tensions inférieures à 3 000 volts, dans le premier essai, la tension sera produite par une source indépendante et sera deux fois la tension normale ;



cette tension sera appliquée entre les enroulements et la masse et entre les différents enroulements d'un même appareil.

Dans le deuxième essai, destiné à prouver la résistance intérieure des enroulements, les machines devront pouvoir produire ou absorber une fois et demie la tension normale.

*Isolement.* — Les machines d'une tension inférieure à 500 volts devront présenter une résistance au moins égale à  $R = 2000 E$  ( $R$  étant exprimé en ohms et  $E$  étant la tension normale en volts).

A partir de 500 volts, toutes les machines auront au moins une résistance d'isolement d'un mégohm.

Si, après séchage d'une machine, les valeurs ci-dessus ne sont pas atteintes, le constructeur sera tenu de procéder, à ses frais, à de nouveaux essais de surtension qui, s'ils réussissent, le dispenseront de la condition d'isolement.



## 270. Comparaison entre le prix du HP à vapeur et celui du HP électrique.

Nous prendrons, pour exemple, la fourniture, aux outils, d'un travail effectif de 100 HP, pendant 300 jours de travail de dix heures, par un courant électrique ou par une machine à vapeur, à détente variable et à condensation, alimentée par des générateurs consommant un combustible dont le prix, rendu à l'usine, est de 28 francs la tonne.

L'évaluation des frais d'exploitation, dans l'un et l'autre cas, ne peut être que très approximative ; elle dépend de la distance de l'usine aux points d'approvisionnement, des émoluments du personnel, de la perfection et du degré d'entretien des moteurs, etc.

Ces frais peuvent se calculer ainsi :

1° Dans le cas de commande par machine à vapeur :

Prix approximatif d'une machine à vapeur pouvant développer 100 HP, à 7 kg. de pression et à 10 p. 100 d'introduction ; à détente variable et condensation . . . . .	49 000 francs.
Installation, jusqu'à la transmission principale, comprenant fondations, courroie, etc . . . . .	5 000 —
Tuyauterie et robinetterie . . . . .	3 500 —
Chaudière . . . . .	9 500 —
Fumisteries et cheminée de 30 mètres . . . . .	5 000 —
150 mètres carrés de bâtiments . . . . .	4 500 —
<b>Total des frais de premier établissement . . . . .</b>	<b>46 500 francs.</b>
Intérêts, à 5 p. 100 . . . . .	2 325 francs
Amortissements du matériel, à 10 p. 100 . . . . .	3 200 —
Amortissements des bâtiments, fumisterie, cheminée, etc. à 5 p. 100 . . . . .	725 —

*Frais d'exploitation :*

Quantité de vapeur, par heure et HP : 9,500 kg

Par jour,  $9,500 \times 10 \times 100 = 9\,500$  kgs.

Houille brûlée pendant 300 jours, si la vaporisation est de 7 kgs :

$$\frac{9\,500 \times 300}{7} = 408 \text{ tonnes.}$$

Combustible . . . . .	41 500 francs.
Allumage . . . . .	1 150 —
Huiles et chiffons, 10 p. 100 . . . . .	1 150 —
Entretien et nettoyage des générateurs, 5 p. 100 . . . . .	570 —
Redevance d'eau . . . . .	350 —
1 chauffeur et 1 mécanicien . . . . .	3 600 —
<b>Dépense annuelle . . . . .</b>	<b>24 570 francs.</b>



2° Dans les cas de commande par matériel électrique :

Transformateur triphasé de 100 KVA et accessoires.	5 500 francs.
Canalisations électriques . . . . .	2 500 —
5 moteurs divers, appareillage, courroies, etc. . . . .	9 500 —
Fondations . . . . .	1 200 —
Part de bâtiments . . . . .	1 800 —
<i>Total des frais de premier établissement . . . . .</i>	<u>20 500 francs.</u>
Intérêt 5 p. 100. . . . .	1 025 francs.
Amortissements du matériel, à 10 p. 100 . . . . .	1 750 —
Amortissements sur constructions, à 5 p. 100. . . . .	450 —
Huiles et chiffons . . . . .	450 —
2/3 d'un ouvrier électricien, le reste pour l'éclairage. . . . .	1 500 —
<i>Dépenses annuelles . . . . .</i>	<u>4 675 francs.</u>

Différence 24 570 — 4 675 = 19 895 francs, à répartir sur 100 HP utilisables, majorés des pertes que l'on peut évaluer ainsi :

Pertes en transformation. . . . .	4 p. 100
— en canalisations électriques. . . . .	3 —
— dans les moteurs . . . . .	14 — en moyenne.

Pertes, entre la moyenne probable du travail effectif dans l'usine et le prix réel, payé par le consommateur, 10 p. 100.

$$\text{au total : } \frac{100 \text{ HP}}{0,96 \times 0,97 \times 0,86 \times 0,90} = 138 \text{ HP.}$$

Le prix de location, à égalité de frais, sera donc de :

$$19 895 : 138 = 145 \text{ francs.}$$



## 271. Hygiène et sécurité des travailleurs dans les établissements industriels.

*Extrait de la loi du 12 juin 1893.*

ARTICLE PREMIER. — Sont soumis aux dispositions de la présente loi les manufactures, fabriques, usines, chantiers, ateliers de tout genre et leurs dépendances.

Sont seuls exceptés les établissements où ne sont employés que les membres de la famille sous l'autorité soit du père, soit de la mère, soit du tuteur.

Néanmoins, si le travail s'y fait à l'aide de chaudière à vapeur ou de moteur mécanique, ou si l'industrie exercée est classée au nombre des établissements dangereux ou insalubres, l'inspecteur aura le droit de prescrire les mesures de sécurité et de salubrité à prendre conformément aux dispositions de la présente loi.

ART. 2. — Les établissements visés à l'article premier doivent être tenus en constant état de propreté et présenter les conditions d'hygiène et de salubrité nécessaires à la santé du personnel.

Ils doivent être aménagés de manière à garantir la sécurité des travailleurs. Dans tout établissement fonctionnant par des appareils mécaniques, les roues, les courroies, les engrenages ou tout autre organe pouvant offrir une cause de danger seront séparés des ouvriers de telle manière que l'approche n'en soit possible que pour les besoins du service. Les puits, trappes et ouvertures doivent être clôturés.

Les machines, mécanismes, appareils de transmission, outils et engins doivent être installés et tenus dans les meilleures conditions possibles de sécurité.

Les dispositions qui précèdent sont applicables aux théâtres, cirques, magasins et autres établissements similaires où il est fait emploi d'appareils mécaniques.

ART. 4. — Les inspecteurs du travail sont chargés d'assurer l'exécution de la présente loi et des règlements qui y sont prévus ; ils ont entrée dans les établissements spécifiés à l'article premier et au dernier paragraphe de l'article 2, à l'effet de procéder à la surveillance et aux enquêtes dont ils sont chargés.

ART. 5. — Les contraventions sont constatées par les procès-verbaux des inspecteurs, qui font foi jusqu'à preuve contraire.

ART. 6. — Toutefois, en ce qui concerne l'application des règlements d'administration publique prévus par l'article 3 ci-dessus, les inspecteurs, avant de dresser procès-verbal, mettront les chefs d'industrie en demeure de se conformer aux prescriptions dudit règlement.

Cette mise en demeure sera faite par écrit sur le registre de l'usine ; elle sera datée et signée, indiquera les contraventions relevées et fixera un délai à l'expiration duquel ces contraventions devront avoir disparu. Ce délai ne sera jamais inférieur à un mois.

Dans les quinze jours qui suivent cette mise en demeure, le chef d'industrie adresse, s'il le juge convenable, une réclamation au ministre du Commerce et de l'Industrie. Ce dernier peut, lorsque l'obéissance à la mise en demeure nécessite des transformations importantes portant sur le gros œuvre de l'usine, après avis conforme du Comité des arts et manufactures, accorder à l'industriel



un délai dont la durée, dans tous les cas, ne dépassera jamais dix-huit mois.

Notification de la décision est faite à l'industriel dans la forme administrative; avis en est donné à l'inspecteur.

ART. 7. — Les chefs d'industrie, directeurs, gérants ou préposés, qui auront contrevenu aux dispositions de la présente loi et des règlements d'administration publique relatifs à son exécution, seront poursuivis devant le tribunal de simple police et punis d'une amende de 5 francs à 15 francs. L'amende sera appliquée autant de fois qu'il y aura de contraventions distinctes constatées par le procès-verbal, sans toutefois que le chiffre total des amendes puisse excéder 200 francs.

Le jugement fixera, en outre, le délai dans lequel seront exécutés les travaux de sécurité et de salubrité imposés par la loi.

Les chefs d'industrie sont civilement responsables des condamnations prononcées contre leurs directeurs, gérants ou préposés.

ART. 8. — Si, après une condamnation prononcée en vertu de l'article précédent, les mesures de sécurité ou de salubrité imposées par la présente loi ou par les règlements d'administration publique n'ont pas été exécutées dans le délai fixé par le jugement qui a prononcé la condamnation, l'affaire est, sur un nouveau procès-verbal, portée devant le tribunal correctionnel qui peut, après une nouvelle mise en demeure restée sans résultat, ordonner la fermeture de l'établissement.

Le jugement sera susceptible d'appel; la cour statuera d'urgence.

ART. 9. — En cas de récidive, le contrevenant sera poursuivi devant le tribunal correctionnel et puni d'une amende de 50 à 500 francs, sans que la totalité des amendes puisse excéder 2 000 francs.

Il y a récidive, lorsque le contrevenant a été frappé, dans les douze mois qui ont précédé le fait qui est l'objet de la poursuite, d'une première condamnation pour infraction à la présente loi ou aux règlements d'administration publique relatifs à son exécution.

ART. 12. — Seront punis d'une amende de 100 à 500 francs et, en cas de récidive, de 500 à 1 000 francs tous ceux qui auront mis obstacle à l'accomplissement des devoirs d'un inspecteur.

Les dispositions du Code pénal qui prévoient et répriment les actes de résistance, les outrages et les violences contre les officiers de la police judiciaire sont, en outre, applicables à ceux qui se rendront coupables de faits de même nature à l'égard des inspecteurs.

#### *Décret du 10 mars 1894.*

ARTICLE PREMIER. — Les emplacements affectés au travail dans les manufactures, fabriques, usines, chantiers, ateliers de tous genres et leurs dépendances seront tenus en état constant de propreté. Le sol sera nettoyé à fond au moins une fois par jour avant l'ouverture ou après la clôture du travail, mais jamais pendant le travail. Ce nettoyage sera fait soit par un lavage, soit à l'aide de brosses ou de linges humides si les conditions de l'industrie ou de la nature du revêtement du sol s'opposent au lavage. Les murs et les plafonds seront l'objet de fréquents nettoyages; les enduits seront refaits toutes les fois qu'il sera nécessaire.



ART. 2. — Dans les locaux où l'on travaille des matières organiques altérables, le sol sera rendu imperméable et toujours bien nivelé, les murs seront recouverts d'un enduit permettant un lavage efficace.

En outre, le sol et les murs seront lavés aussi souvent qu'il sera nécessaire avec une solution désinfectante. Un lessivage à fond avec la même solution sera fait au moins une fois par an.

Les résidus putrescibles ne devront jamais séjourner dans les locaux affectés au travail et seront enlevés au fur et à mesure.

ART. 3. — L'atmosphère des ateliers et de tous les autres locaux affectés au travail sera tenue constamment à l'abri de toute émanation provenant d'égouts, fossés, puisards, fosses d'aisances ou de toute autre source d'infection.

Dans les établissements qui déverseront les eaux résiduaires ou de lavage dans un égout public ou privé, toute communication entre l'égout et l'établissement sera munie d'un intercepteur hydraulique fréquemment nettoyé et abondamment lavé au moins une fois par jour.

Les travaux dans les puits, conduites de gaz, canaux de fumée, fosses d'aisances, cuves ou appareils quelconques pouvant contenir des gaz délétères ne seront entrepris qu'après que l'atmosphère aura été assainie par une ventilation efficace. Les ouvriers appelés à travailler dans ces conditions seront attachés par une ceinture de sûreté.

ART. 4. — Les cabinets d'aisances ne devront pas communiquer directement avec les locaux fermés où seront employés des ouvriers. Ils seront éclairés, abondamment pourvus d'eau, munis de cuvettes avec inflexion siphonide du tuyau de chute. Le sol, les parois seront en matériaux imperméables, les peintures seront d'un ton clair.

Il y aura au moins un cabinet pour cinquante personnes et des urinoirs en nombre suffisant.

Aucun puits absorbant, aucune disposition analogue ne pourra être établie qu'avec l'autorisation de l'Administration supérieure et dans les conditions qu'elle aura prescrites.

ART. 5. — Les locaux fermés affectés au travail ne seront jamais encombrés ; le cube d'air par ouvrier ne pourra être inférieur à 6 mètres cubes.

Ils seront largement aérés. Ces locaux, leurs dépendances et notamment les passages et escaliers seront convenablement éclairés.

ART. 6. — Les poussières ainsi que les gaz incommodes, insalubres ou toxiques seront évacués directement au dehors de l'atelier au fur et à mesure de leur production.

Pour les buées, vapeurs, gaz, poussières légères, il sera installé des hottes avec cheminées d'appel ou tout autre appareil d'élimination efficace.

Pour les poussières déterminées par les meules, les batteurs, les broyeurs et tous autres appareils mécaniques, il sera installé, autour des appareils, des tambours en communication avec une ventilation aspirante énergique.

Pour les gaz lourds, tels que vapeur de mercure, de sulfure de carbone, la ventilation aura lieu par descensum : les tables ou appareils de travail seront mis en communication directe avec le ventilateur.

La pulvérisation des matières irritantes ou toxiques ou autres opérations, telles que le tamisage et l'embarrillage de ces matières, se feront mécaniquement en appareils clos.



L'air des ateliers sera renouvelé de façon à rester dans l'état de pureté nécessaire à la santé des ouvriers.

ART. 7. — Pour les industries désignées par arrêté ministériel, après avis du Comité consultatif des arts et manufactures, les vapeurs, ses gaz incommodes et insalubres et les poussières seront condensés ou détruits.

ART. 8. — Les ouvriers ne devront point prendre leurs repas dans les ateliers ni dans aucun local affecté au travail.

Les patrons mettront à la disposition de leur personnel les moyens d'assurer la propreté individuelle, vestiaires avec lavabos, ainsi que l'eau de bonne qualité pour la boisson.

ART. 9. — Pendant les interruptions de travail pour les repas, les ateliers seront évacués et l'air en sera entièrement renouvelé.

ART. 10. — Les moteurs à vapeur, à gaz, les moteurs électriques, les roues hydrauliques, les turbines ne seront accessibles qu'aux ouvriers affectés à leur surveillance. Ils seront isolés par des cloisons ou barrières de protection.

Les passages entre les machines, mécanismes, outils mus par ces moteurs auront une largeur d'au moins 80 centimètres ; le sol des intervalles sera nivelé.

Les escaliers seront solides et munis de fortes rampes.

Les puits, trappes, cuves, bassins, réservoirs de liquides corrosifs ou chauds seront pourvus de solides barrières ou garde-corps.

Les échafaudages seront munis, sur toutes leurs faces, de garde-corps de 90 centimètres de haut.

ART. 11. — Les monte-charges, ascenseurs, élévateurs seront guidés et disposés de manière que la voie de la cage du monte-charge et des contrepoids soit fermée ; que la fermeture du puits à l'entrée des divers étages ou galerie s'effectue automatiquement ; que rien ne puisse tomber du monte-charge dans le puits.

Pour les monte-charges destinés à transporter le personnel, la charge devra être calculée au tiers de la charge admise pour le transport des marchandises, et les monte-charges seront pourvus de freins, chapeaux, parachutes ou autres appareils préservateurs.

ART. 12. — Toutes les pièces saillantes mobiles et autres parties dangereuses des machines et notamment les bielles, roues, volants, les courroies et câbles, les engrenages, les cylindres et cônes de frictions ou tous autres organes de transmission qui seraient reconnus dangereux seront munis de dispositifs protecteurs, tels que gaines et chéneaux de bois ou de fer, tambours pour les courroies et les bielles, ou de couvre-engrenages, garde-mains, grillages.

Les machines-outils à instruments tranchants, tournant à grande vitesse, telles que machines à scier, fraiser, raboter, découper, hacher, les cisailles, coupe-chiffons et autres engins semblables seront disposés de telle sorte que les ouvriers ne puissent, de leur poste de travail, toucher involontairement les instruments tranchants.

Sauf le cas d'arrêt du moteur, le maniement des courroies sera toujours fait par le moyen de systèmes, tels que monte-courroie, porte-courroie, évitant l'emploi direct de la main.

On devra prendre autant que possible des dispositions telles qu'aucun ouvrier ne soit habituellement occupé à un travail quelconque dans le plan de



rotation ou aux abords immédiats d'un volant, d'une meule ou de tout autre engin pesant et tournant à grande vitesse.

ART. 13. — La mise en train et l'arrêt des machines devront être toujours précédés d'un signal convenu.

ART. 14. — L'appareil d'arrêt des machines motrices sera toujours placé sous la main des conducteurs qui dirigent ces machines.

Les contremaitres ou chefs d'atelier, les conducteurs de machines-outils, métiers, etc., auront à leur portée le moyen de demander l'arrêt des moteurs.

ART. 15. — Des dispositifs de sûreté devront être installés dans la mesure du possible pour le nettoyage et le graissage des transmissions ou mécanismes en marche.

En cas de réparation d'un organe mécanique quelconque, son arrêt devra être assuré par un calage convenable de l'embrayage ou du volant ; il en sera de même pour les opérations de nettoyage qui exigent l'arrêt des organes mécaniques.

ART. 16. — Les sorties des ateliers sur les cours, vestibules, escaliers et autres dépendances intérieures de l'usine doivent être munies de portes s'ouvrant de dedans en dehors. Ces sorties seront assez nombreuses pour permettre l'évacuation rapide de l'atelier ; elles seront toujours libres et ne devront jamais être encombrées de marchandises, de matières en dépôt ni d'objets quelconques.

Le nombre des escaliers sera calculé de manière que l'évacuation de tous les étages d'un corps de bâtiment contenant des ateliers puisse se faire immédiatement.

Dans les ateliers occupant plusieurs étages, la construction d'un escalier incombustible pourra, si la sécurité l'exige, être prescrite par une décision du ministre du Commerce, après avis du Comité des arts et manufactures.

Les récipients pour l'huile ou le pétrole servant à l'éclairage seront placés dans des locaux séparés et jamais au voisinage des escaliers.

ART. 17. — Les machines dynamos devront être isolées électriquement.

Elles ne seront jamais placées dans un atelier où des corps explosifs, des gaz détonants ou des poussières inflammables se manient ou se produisent.

Les conducteurs électriques placés en plein air pourront rester nus ; dans ce cas, ils devront être portés par des isolateurs de porcelaine ou de verre ; ils seront écartés des masses métalliques, telles que gouttières, tuyaux de descente, etc.

A l'intérieur des ateliers, les conducteurs nus destinés à des prises de courant sur leur parcours seront écartés des murs, hors de la portée de la main, et convenablement isolés.

Les autres conducteurs seront protégés par des enveloppes isolantes.

Toutes précautions seront prises pour l'échauffement des conducteurs, à l'aide de coupe-circuits et autres dispositifs analogues.

ART. 18. — Les ouvriers et ouvrières qui ont à se tenir près des machines doivent porter des vêtements ajustés et non flottants.



## 272. Accidents du travail. Loi du 9 avril 1898.

Concernant les responsabilités des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail. (Les art. 2, 7, 11, 12, 17, 18, 20 et 22 de la loi de 1898, ont été remplacés par ceux de la loi du 22 mars 1902, qui les modifient.)

### TITRE PREMIER

#### INDEMNITÉS EN CAS D'ACCIDENTS

ARTICLE PREMIER. — Les accidents survenus par le fait du travail, ou à l'occasion du travail, aux ouvriers et employés occupés dans l'industrie du bâtiment, les usines, manufactures, chantiers, les entreprises de transport par terre et par eau, de chargement et de déchargement, les magasins publics, mines, minières, carrières et, en outre, dans toute exploitation ou partie d'exploitation dans laquelle sont fabriquées ou mises en œuvre des matières explosives, ou dans laquelle il est fait usage d'une machine mue par une force autre que celle de l'homme ou des animaux, donnent droit, au profit de la victime ou de ses représentants, à une indemnité à la charge du chef d'entreprise, à la condition que l'interruption de travail ait duré plus de quatre jours.

Les ouvriers qui travaillent seuls d'ordinaire ne pourront être assujettis à la présente loi par le fait de la collaboration accidentelle d'un ou de plusieurs de leurs camarades.

ART. 2. — Les ouvriers et employés désignés à l'article précédent ne peuvent se prévaloir, à raison des accidents dont ils sont victimes dans leur travail, d'aucunes dispositions autres que celles de la présente loi.

Ceux dont le salaire annuel dépasse deux mille quatre cents francs (2 400 fr.) ne bénéficient de ces dispositions que jusqu'à concurrence de cette somme. Pour le surplus, ils n'ont droit qu'au quart des rentes stipulées à l'article 3, à moins de conventions contraires élevant le chiffre de la quotité.

ART. 3. — Dans les cas prévus à l'article premier, l'ouvrier ou l'employé a droit :

Pour l'incapacité absolue et permanente, à une rente égale aux deux tiers de son salaire annuel ;

Pour l'incapacité partielle et permanente, à une rente égale à la moitié de la réduction que l'accident aura fait subir au salaire ;

Pour l'incapacité temporaire, à une indemnité journalière égale à la moitié du salaire touché au moment de l'accident, si l'incapacité de travail a duré plus de quatre jours et à partir du cinquième jour.

Lorsque l'accident est suivi de mort, une pension est servie aux personnes ci-après désignées, à partir du décès, dans les conditions suivantes :

A. Une rente viagère égale à 20 p. 100 du salaire annuel de la victime pour le conjoint survivant non divorcé ou séparé de corps, à la condition que le mariage ait été contracté antérieurement à l'accident.

En cas de nouveau mariage, le conjoint cesse d'avoir droit à la rente mentionnée ci-dessus ; il lui sera alloué, dans ce cas, le triple de cette rente à titre d'indemnité totale.

B. Pour les enfants, légitimes ou naturels, reconnus avant l'accident, orphelins de père ou de mère, âgés de moins de seize ans, une rente calculée sur le salaire annuel de la victime à raison de 15 p. 100 de ce salaire s'il n'y a qu'un



enfant, de 25 p. 100 s'il y en a deux, de 35 p. 100 s'il y en a trois, et 40 p. 100 s'il y en a quatre ou un plus grand nombre.

Pour les enfants, orphelins de père et de mère, la rente est portée pour chacun d'eux à 20 p. 100 du salaire.

L'ensemble de ces rentes ne peut, dans le premier cas, dépasser 40 p. 100 du salaire ni 60 p. 100 dans le second.

C. Si la victime n'a ni conjoint ni enfant dans les termes des paragraphes A et B, chacun des ascendants et descendants qui était à sa charge recevra une rente viagère pour les ascendants et payable jusqu'à seize ans pour les descendants. Cette rente sera égale à 10 p. 100 du salaire annuel de la victime, sans que le montant total des rentes ainsi allouées puisse dépasser 30 p. 100.

Chacune des rentes prévues par le paragraphe C est, le cas échéant, réduite proportionnellement.

Les rentes constituées en vertu de la présente loi sont payables par trimestre ; elles sont incessibles et insaisissables.

Les ouvriers étrangers, victimes d'accidents, qui cesseront de résider sur le territoire français, recevront, pour toute indemnité, un capital égal à trois fois la rente qui leur avait été allouée.

Les représentants d'un ouvrier étranger ne recevront aucune indemnité si, au moment de l'accident, ils ne résidaient pas sur le territoire français.

ART. 4. — Le chef d'entreprise supporte en outre les frais médicaux et pharmaceutiques et les frais funéraires. Ces derniers sont évalués à la somme de cent francs (100 francs) au maximum.

Quant aux frais médicaux et pharmaceutiques, si la victime a fait choix elle-même de son médecin, le chef d'entreprise ne peut être tenu que jusqu'à concurrence de la somme fixée par le juge de paix du canton, conformément aux tarifs adoptés dans chaque département pour l'assistance médicale gratuite.

ART. 5. — Les chefs d'entreprise peuvent se décharger pendant les trente, soixante ou quatre-vingt-dix premiers jours à partir de l'accident, de l'obligation de payer aux victimes les frais de maladie et l'indemnité temporaire, ou une partie seulement de cette indemnité, comme il est spécifié ci-après, s'ils justifient :

1° Qu'ils ont affilié leurs ouvriers à des sociétés de secours mutuels et pris à leur charge une quote-part de la cotisation qui aura été déterminée d'un commun accord et en se conformant aux statuts-types approuvés par le Ministre compétent, mais qui ne devra pas être inférieure au tiers de cette cotisation ;

2° Que ces sociétés assurent à leurs membres, en cas de blessures, pendant trente, soixante ou quatre-vingt-dix jours, les soins médicaux et pharmaceutiques et une indemnité journalière.

Si l'indemnité journalière servie par la société est inférieure à la moitié du salaire quotidien de la victime, le chef d'entreprise est tenu de lui verser la différence.

ART. 6. — Les exploitants de mines, minières et carrières peuvent se décharger des frais et indemnités mentionnés à l'article précédent moyennant une subvention annuelle versée aux caisses ou sociétés de secours constituées dans ces entreprises en vertu de la loi du 29 juin 1894.

Le montant et les conditions de cette subvention devront être acceptés par la Société et approuvés par le ministre des Travaux Publics.

Ces deux dispositions seront applicables à tous autres chefs d'industrie qui



auront créé, en faveur de leurs ouvriers, des caisses particulières de secours en conformité du titre III de la loi du 29 juin 1894. L'approbation prévue ci-dessus sera, en ce qui les concerne, donnée par le ministre du Commerce et de l'Industrie.

ART. 7. — Indépendamment de l'action résultant de la présente loi, la victime ou ses représentants conservent contre les auteurs de l'accident, autres que le patron ou ses ouvriers et préposés, le droit de réclamer la réparation du préjudice causé, conformément aux règles du droit commun.

L'indemnité qui leur sera allouée exonérera à due concurrence le chef de l'entreprise des obligations mises à sa charge. Dans le cas où l'accident a entraîné une incapacité permanente ou la mort, cette indemnité devra être attribuée sous forme de rentes servies par la Caisse nationale des retraites.

En outre de cette allocation sous forme de rente, le tiers reconnu responsable pourra être condamné, soit envers la victime, soit envers le chef de l'entreprise, si celui-ci intervient dans l'instance, au paiement des autres indemnités et frais prévus aux articles 3 et 4 ci-dessus.

Cette action contre les tiers responsables pourra même être exercée par le chef d'entreprise, à ses risques et périls, au lieu et place de la victime ou de ses ayants droit si ceux-ci négligent d'en faire usage.

ART. 8. — Le salaire qui servira de base à la fixation de l'indemnité allouée à l'ouvrier âgé de moins de seize ans ou à l'apprenti victime d'un accident ne sera pas inférieur au salaire le plus bas des ouvriers valides de la même catégorie occupés dans l'entreprise.

Toutefois, dans le cas d'incapacité temporaire, l'indemnité de l'ouvrier âgé de moins de seize ans ne pourra pas dépasser le montant de son salaire.

ART. 9. — Lors du règlement définitif de la rente viagère, après le délai de revision prévu à l'article 19, la victime peut demander que le quart au plus du capital nécessaire à l'établissement de cette rente, calculé d'après les tarifs dressés pour les victimes d'accidents par la Caisse des Retraites pour la vieillesse, lui soit attribué en espèces.

Elle peut aussi demander que ce capital, ou ce capital réduit du quart au plus comme il vient d'être dit, serve à constituer sur sa tête une rente viagère réversible, pour moitié au plus, sur la tête de son conjoint. Dans ce cas, la rente viagère sera diminuée de façon qu'il ne résulte de la réversibilité aucune augmentation de charges pour le chef d'entreprise.

Le Tribunal, en Chambre du Conseil, statuera sur ces demandes.

ART. 10. — Le salaire servant de base à la fixation des rentes s'entend, pour l'ouvrier occupé dans l'entreprise pendant les douze mois écoulés avant l'accident, de la rémunération effective qui lui a été allouée pendant ce temps, soit en argent, soit en nature.

Pour les ouvriers occupés pendant moins de douze mois avant l'accident, il doit s'entendre de la rémunération effective qu'ils ont reçue depuis leur entrée dans l'entreprise, augmentée de la rémunération moyenne qu'ont reçue, pendant la période nécessaire pour compléter les douze mois, les ouvriers de la même catégorie.

Si le travail n'est pas continu, le salaire annuel est calculé tant d'après la rémunération reçue pendant la période d'activité que d'après le gain de l'ouvrier pendant le reste de l'année.



## TITRE II

ART. 11. — Tout accident ayant occasionné une incapacité de travail doit être déclaré dans les quarante-huit heures, non compris les dimanches et jours fériés, par le chef d'entreprise ou ses préposés, au maire de la commune qui en dresse procès-verbal et en délivre immédiatement récépissé.

La déclaration et le procès-verbal doivent indiquer, dans la forme réglée par décret, les nom, qualité et adresse du chef d'entreprise, le lieu précis, l'heure et la nature de l'accident, les circonstances dans lesquelles il s'est produit, la nature des blessures, les noms et adresses des témoins.

Dans les quatre jours qui suivent l'accident, si la victime n'a pas repris son travail, le chef d'entreprise doit déposer à la mairie, qui lui en délivre immédiatement récépissé, un certificat de médecin indiquant l'état de la victime, les suites probables de l'accident et l'époque à laquelle il sera possible d'en connaître le résultat définitif.

La déclaration d'accident pourra être faite dans les mêmes conditions par la victime ou ses représentants jusqu'à l'expiration de l'année qui suit l'accident.

Avis de l'accident, dans les formes réglées par décret, est donné immédiatement par le Maire à l'Inspecteur départemental du travail ou à l'Ingénieur ordinaire des mines chargé de la surveillance de l'entreprise.

L'article 15 de la loi du 2 novembre 1892 et l'article 41 de la loi du 12 juin 1893 cessent d'être applicables dans les cas visés par la présente loi.

ART. 12. — Dans les vingt-quatre heures qui suivent le dépôt du certificat, et au plus tard dans les cinq jours qui suivent la déclaration de l'accident, le Maire transmet au Juge de Paix du canton où l'accident s'est produit la déclaration et soit le certificat médical, soit l'attestation qu'il n'a pas été produit de certificat.

Lorsque, d'après le certificat médical, produit en exécution du paragraphe précédent ou transmis ultérieurement par la victime à la justice de paix, la blessure paraît devoir entraîner la mort ou une incapacité permanente, absolue ou partielle de travail, ou lorsque la victime est décédée, le juge de paix, dans les vingt-quatre heures, procède à une enquête à l'effet de rechercher :

- 1° La cause, la nature et les circonstances de l'accident ;
- 2° Les personnes victimes et le lieu où elles se trouvent, le lieu et la date de leur naissance ;
- 3° La nature des lésions ;
- 4° Les ayants droit pouvant, le cas échéant, prétendre à une indemnité, le lieu et la date de leur naissance ;
- 5° Le salaire quotidien et le salaire annuel des victimes ;
- 6° La Société d'assurance à laquelle le chef d'entreprise était assuré ou le Syndicat de garantie auquel il était affilié.

Les allocations tarifées pour le juge de paix et son greffier, en exécution de l'article 29 de la présente loi et de l'article 31 de la loi de finances du 13 avril 1900, seront avancées par le Trésor.

ART. 13. — L'enquête a lieu contradictoirement dans les formes prescrites par les articles 33, 36, 37, 38 et 39 du Code de procédure civile, en présence des parties intéressées ou celles-ci convoquées d'urgence par lettre recommandée.



Le juge de paix doit se transporter auprès de la victime de l'accident qui se trouve dans l'impossibilité d'assister à l'enquête.

Lorsque le certificat médical ne lui paraîtra pas suffisant, le juge de paix pourra désigner un médecin pour examiner le blessé.

Il peut aussi commettre un expert pour l'assister dans l'enquête.

Il n'y pas lieu, toutefois, à nomination d'expert dans les entreprises administrativement surveillées, ni dans celles de l'Etat placées sous le contrôle d'un service distinct du service de gestion, ni dans les établissements nationaux où s'effectuent des travaux que la sécurité publique oblige à tenir secrets. Dans ces divers cas, les fonctionnaires chargés de la surveillance ou du contrôle de ces établissements ou entreprises et, en ce qui concerne les exploitations minières, les délégués à la sécurité des ouvriers mineurs, transmettent au juge de paix, pour être joint au procès-verbal d'enquête, un exemplaire de leur rapport.

Sauf les cas d'impossibilité matérielle dûment constatés dans le procès-verbal, l'enquête doit être close dans le plus bref délai et, au plus tard, dans les dix jours à partir de l'accident. Le juge de paix avertit, par lettre recommandée, les parties de la clôture de l'enquête et du dépôt de la minute au Greffe, où elles pourront, pendant un délai de cinq jours, en prendre connaissance et s'en faire délivrer une expédition, affranchie du timbre et de l'enregistrement. A l'expiration de ce délai de cinq jours, le dossier de l'enquête est transmis au Président du Tribunal civil de l'arrondissement.

ART. 14. — Sont punis d'une amende de un à quinze francs (1 à 15 francs) les chefs d'industrie ou leurs préposés qui ont contrevenu aux dispositions de l'article 11.

En cas de récidive dans l'année, l'amende peut être élevée de seize à trois cents francs (16 à 300 francs).

L'article 463 du Code pénal est applicable aux contraventions prévues par le présent article.

### TITRE III

#### COMPÉTENCE. — JURIDICTIONS. — PROCÉDURE. — REVISION.

ART. 17. — Les jugements rendus en vertu de la présente loi sont susceptibles d'appel, selon les règles du droit commun. Toutefois, l'appel sous réserve des dispositions de l'article 449 du Code de procédure civile, devra être interjeté dans les trente jours de la date du jugement s'il est contradictoire, et, s'il est par défaut, dans la quinzaine à partir du jour où l'opposition ne sera plus recevable.

L'opposition ne sera plus recevable en cas de jugement par défaut contre partie, lorsque le jugement aura été signifié à personne, passé le délai de quinze jours à partir de cette signification.

La cour statuera d'urgence dans le mois de l'acte d'appel. Les parties pourront se pourvoir en cassation.

Toutes les fois qu'une expertise médicale sera ordonnée, soit par le juge de paix, soit par le Tribunal ou par la Cour d'appel, l'expert ne pourra être le médecin qui a soigné le blessé, ni un médecin attaché à l'entreprise ou à la société d'assurance à laquelle le chef d'entreprise est affilié.



ART. 18. — L'action en indemnité prévue par la présente loi se prescrit par un an à dater du jour de l'accident, ou de la clôture de l'enquête du juge de paix, ou de la cessation du paiement de l'indemnité temporaire.

L'article 55 de la loi du 10 août 1871 et l'article 124 de la loi du 5 avril 1884 ne sont pas applicables aux instances suivies contre les départements ou les communes, en exécution de la présente loi.

ART. 19. — La demande en revision de l'indemnité fondée sur une aggravation ou une atténuation de l'infirmité de la victime ou son décès par suite des conséquences de l'accident, est ouverte pendant trois ans à dater de l'accord intervenu entre les parties ou de la décision définitive.

Le titre de pension n'est remis à la victime qu'à l'expiration des trois ans.

ART. 20. — Aucune des indemnités déterminées par la présente loi ne peut être attribuée à la victime qui a intentionnellement provoqué l'accident.

Le Tribunal a le droit, s'il est prouvé que l'accident est dû à une faute inexcusable de l'ouvrier, de diminuer la pension fixée au titre 1<sup>er</sup>.

Lorsqu'il est prouvé que l'accident est dû à la faute inexcusable du patron ou de ceux qu'il s'est substitué dans la direction, l'indemnité pourra être majorée, mais sans que la rente ou le total des rentes allouées puisse dépasser, soit la réduction, soit le montant du salaire annuel.

En cas de poursuites criminelles, les pièces de procédure seront communiquées à la victime ou à ses ayants droit.

Le même droit appartiendra au patron ou à ses ayants droit.

ART. 21. — Les parties peuvent toujours, après détermination du chiffre de l'indemnité due à la victime de l'accident, décider que le service de la pension sera suspendu et remplacé, tant que l'accord subsistera, par tout autre mode de réparation.

Sauf dans le cas prévu à l'article 3, paragraphe A, la pension ne pourra être remplacée par le paiement d'un capital que si elle n'est pas supérieure à 100 francs.

ART. 22. — Le bénéfice de l'assistance judiciaire est accordé de plein droit, sur le visa du Procureur de la République, à la victime de l'accident ou à ses ayants droit devant le Président du Tribunal civil et devant le Tribunal.

Le Procureur de la République procède comme il est prescrit à l'article 13 (§§ 2 et suivants) de la loi du 22 janvier 1851, modifiée par la loi du 10 juillet 1901.

Le bénéfice de l'assistance judiciaire s'applique de plein droit à l'acte d'appel. Le premier Président de la Cour, sur la demande qui lui sera adressée à cet effet, désignera l'avoué près la Cour dont la constitution figurera dans l'acte d'appel, et commettra un huissier pour le signifier.

Si la victime de l'accident se pourvoit devant le bureau d'assistance judiciaire pour en obtenir le bénéfice en vue de toute la procédure d'appel, elle sera dispensée de fournir les pièces justificatives de son indigence.

Le bénéfice de l'assistance judiciaire s'étend de plein droit aux instances devant le juge de paix, à tous les actes d'exécution mobilière et immobilière et à toute contestation incidente à l'exécution des décisions judiciaires.

L'assisté devra faire déterminer par le bureau d'assistance judiciaire de son domicile la nature des actes et procédure d'exécution auxquels l'assistance s'appliquera.



## TITRE IV

## GARANTIES

ART. 23. — La créance de la victime de l'accident ou de ses ayants droit relative aux frais médicaux, pharmaceutiques et funéraires ainsi qu'aux indemnités allouées à la suite de l'incapacité temporaire de travail, est garantie par le privilège de l'article 2101 du Code civil et y sera inscrite sous le n° 6.

Le paiement des indemnités pour incapacité permanente de travail ou accidents suivis de mort est garanti conformément aux dispositions des articles suivants.

ART. 24. — A défaut, soit par les chefs d'entreprise débiteurs, soit par les sociétés d'assurances à primes fixes ou mutuelles, ou les syndicats de garantie liant solidairement tous leurs adhérents, de s'acquitter, au moment de leur exigibilité, des indemnités mises à leur charge à la suite d'accidents ayant entraîné la mort ou une incapacité permanente de travail, le paiement en sera assuré aux intéressés par les soins de la Caisse nationale des Retraites pour la vieillesse, au moyen d'un fonds spécial de garantie constitué comme il va être dit et dont la gestion sera confiée à ladite caisse.

ART. 25. — Pour la constitution du fonds spécial de garantie, il sera ajouté au principal de la contribution des patentes des industriels visés par l'article premier, quatre centimes (0 fr. 04) additionnels. Il sera perçu sur les mines une taxe de cinq centimes (0 fr. 05) par hectare concédé.

Ces taxes pourront, suivant les besoins, être majorées ou réduites par la loi de finances.

ART. 26. — La Caisse nationale des Retraites exercera un recours contre les chefs d'entreprise débiteurs, pour le compte desquels des sommes auront été payées par elle, conformément aux dispositions qui précèdent.

En cas d'assurance du chef d'entreprise, elle jouira, pour le remboursement de ses avances, du privilège de l'article 2102 du Code civil sur l'indemnité due par l'assureur et n'aura plus de recours contre le chef d'entreprise.

Un règlement d'administration publique déterminera les conditions d'organisation et de fonctionnement du service conféré par les dispositions précédentes à la Caisse nationale des Retraites et, notamment, les formes du recours à exercer contre les chefs d'entreprise débiteurs ou les sociétés d'assurances et les syndicats de garantie, ainsi que les conditions dans lesquelles les victimes d'accidents ou leurs ayants droit seront admis à réclamer à la caisse le paiement de leurs indemnités.

Les décisions judiciaires n'emporteront hypothèque que si elles sont rendues au profit de la Caisse des Retraites exerçant son recours contre les chefs d'entreprise ou les compagnies d'assurances.

ART. 27. — Les compagnies d'assurances mutuelles ou à primes fixes contre les accidents, françaises ou étrangères, sont soumises à la surveillance et au contrôle de l'État et astreintes à constituer des réserves ou cautionnements dans les conditions déterminées par un règlement d'administration publique.

Le montant des réserves ou cautionnements sera affecté par privilège au paiement des pensions et indemnités.

Les syndicats de garantie seront soumis à la même surveillance et un



règlement d'administration publique déterminera les conditions de leur création et de leur fonctionnement.

Les frais de toute nature résultant de la surveillance et du contrôle seront couverts au moyen de contributions proportionnelles au montant des réserves ou cautionnements, et fixés annuellement, pour chaque compagnie ou association, par arrêté du ministre du Commerce.

ART. 28. — Le versement du capital représentatif des pensions allouées en vertu de la présente loi ne peut être exigé des débiteurs.

Toutefois, les débiteurs qui désireront se libérer en une fois pourront verser le capital représentatif de ces pensions à la Caisse nationale des Retraites, qui établira à cet effet, dans les six mois de la promulgation de la présente loi, un tarif tenant compte de la mortalité des victimes d'accidents et de leurs ayants droit.

Lorsqu'un chef d'entreprise cesse son industrie, soit volontairement, soit par décès, liquidation judiciaire ou faillite, soit par cession d'établissement, le capital représentatif des pensions à sa charge devient exigible de plein droit et sera versé à la Caisse nationale des Retraites. Ce capital sera déterminé au jour de son exigibilité, d'après le tarif visé au paragraphe précédent.

Toutefois, le chef d'entreprise ou ses ayants droit peuvent être exonérés du versement de ce capital, s'ils fournissent des garanties qui seront à déterminer par un règlement d'administration publique.

## TITRE V

### DISPOSITIONS GÉNÉRALES

ART. 29. — Les procès-verbaux, certificats, actes de notoriété, significations, jugements et autres actes faits ou rendus en vertu et pour l'exécution de la présente loi, sont délivrés gratuitement, visés pour timbre et enregistrés gratis lorsqu'il y a lieu à la formalité de l'enregistrement.

Dans les six mois de la promulgation de la présente loi, un décret déterminera les émoluments des Greffiers de Justice de paix pour leur assistance et la rédaction des actes de notoriété, procès-verbaux, certificats, significations, jugements, envois de lettres recommandées, extraits, dépôt de la minute d'enquête au Greffe, et pour tous les actes nécessités par l'application de la présente loi, ainsi que les frais de transport auprès des victimes et d'enquête sur place.

ART. 30. — Toute convention contraire à la présente loi est nulle de plein droit.

ART. 31. — Les chefs d'entreprise sont tenus, sous peine d'une amende de un à quinze francs (1 à 15 francs), de faire afficher dans chaque atelier la présente loi et les règlements d'administration relatifs à son exécution.

En cas de récidive dans la même année, l'amende sera de seize à cent francs (16 à 100 francs).

Les infractions aux dispositions des articles 11 et 31 pourront être constatées par les inspecteurs du travail.



## 273. Statistique des accidents dans les usines.

Proportion des accidents déclarés par rapport au nombre d'ouvriers employés dans les catégories professionnelles soumises en 1903 au *contrôle de l'Inspection* :

	NOMBRE d'accidents déclarés.	NOMBRE d'ou- vriers.	ACCIDENTS p. 0/000	MORTS		INCAPACITÉ			
				Nombre.	0/000	permanente.		temporaire.	
						Nom- bre.	p. 0/000.	Nom- bre.	p. 0/000
Industrie de l'alimen- tation . . . . .	13 159	291 577	45,1	88	0,3	220	0,8	12 678	43,4
Industries chimiques .	9 575	102 819	93,1	34	0,3	96	0,9	9 344	90,9
Caoutchouc, papiers, cartons . . . . .	3 330	70 151	47,5	17	0,2	97	1,4	3 169	45,2
Industrie du livre . . .	1 859	78 425	23,7	1	—	39	0,5	1 795	22,9
Industrie textile pro- prement dite . . . . .	14 618	634 378	23,0	26	0,1	494	0,7	13 975	22,0
Travail des étoffes, des vêtements . . . . .	1 678	352 560	4,8	4	—	29	0,1	1 627	4,6
Travail des pailles, des plumes des crins . . .	218	15 674	13,9	—	—	5	0,3	213	13,6
Cuir et peaux . . . . .	3 072	124 664	24,6	11	0,1	65	0,5	2 943	23,6
Industrie du bois . . .	15 470	283 234	54,6	68	0,2	593	2,1	14 578	51,5
Métallurgie . . . . .	15 750	82 565	190,7	41	0,5	124	1,5	15 505	187,8
Travaux des métaux ordinaires . . . . .	42 955	451 343	95,2	91	0,2	748	1,7	41 587	92,1
Travaux des métaux fins . . . . .	321	18 912	17,0	2	0,1	5	0,3	307	16,2
Pierres précieuses . . .	57	1 623	35,1	—	—	—	—	57	35,1
Taille, polissage des pierres . . . . .	909	19 391	49,9	7	0,3	19	0,1	926	47,7
Terrassements, cons- tructions en pierres .	29 887	256 933	116,3	335	1,2	548	2,1	28 387	110,6
Travail des pierres et des terres au feu . . .	8 360	152 486	54,8	25	0,2	120	1,8	8 114	53,2

	ACCIDENTS			MORTS	
	1901	1902	1903	1902	1903
TOTAUX . . . . .	229 162	223 286	212 753	815	750

On peut constater une diminution sensible du nombre d'accidents et de morts.

Cette diminution doit être d'autant plus importante que beaucoup d'accidents, les premières années d'application de la loi, n'étaient pas déclarés.



## Décret du 23 mars 1902.

(MODÈLE I)

274. DÉCLARATION D'ACCIDENT DU TRAVAIL<sup>1</sup>

(Art. 11 de la loi du 9 avril 1898, modifié par la loi du 22 mars 1902.)

Le *soussigné* (indiquer les nom, prénoms, profession et adresse, soit du chef d'entreprise, s'il fait la déclaration lui-même, soit de son préposé, en mentionnant son emploi dans l'entreprise, soit des représentants de la victime, en mentionnant à quel titre ils la représentent (père, mère, conjoint, enfant, mandataire, etc.); si la déclaration est faite par la victime elle-même, indiquer ici les renseignements prévus ci-après sous le n° 3) *déclare à M. le Maire de la commune de....., canton de....., arrondissement de....., département de....., conformément à l'article 11 de la loi du 9 avril 1898, modifié par la loi du 22 mars 1902, qu'un accident ayant occasionné une incapacité de travail est survenu le....., à..... heure....., dans* (indiquer la nature de l'établissement et son adresse, ainsi que le lieu précis où l'accident s'est produit), *à* (indiquer les nom, prénoms, âge, sexe, profession et adresse de la victime).

*L'accident a été occasionné par la cause matérielle* (spécifier l'engin, le travail, le fait qui a occasionné l'accident) *ci-après, dans les circonstances suivantes : .....*

*L'accident a produit les blessures suivantes* (préciser la nature des blessures : fracture de la jambe, contusions, lésions internes, asphyxie, etc. Spécifier s'il y a eu décès).

*Les témoins de l'accident sont* (indiquer les noms, professions et adresses).

*Je déclare être assuré contre les accidents du travail par la Société ci-après* (titre et siège du syndicat de garantie, de la société mutuelle ou de la compagnie à primes fixes qui assure le chef d'entreprise. S'il n'y a pas d'assureur, le déclarer expressément).

*Fait à....., le..... 19...*

(Signature du déclarant.)

<sup>1</sup> Cette déclaration doit être remise à la Mairie par le chef d'entreprise ou son préposé dans les quarante-huit heures de l'accident, non compris les dimanches et jours fériés. Dans les quatre jours qui suivent l'accident, si la victime n'a pas repris son travail, le chef d'entreprise ou son préposé doit, en outre, déposer un certificat de médecin indiquant l'état de la victime, les suites probables de l'accident et l'époque à laquelle il sera possible d'en connaître le résultat définitif. (Modèle IV.)

Si la déclaration est faite par la victime ou ses ayants droit, le certificat médical doit être joint à la déclaration.



### 275. Extraits du décret du 29 novembre 1904.

Modifications ou complément de certains articles du décret du 10 mars 1894 :

ART. 2. — *Les résidus putrescibles ne devront jamais séjourner dans les locaux affectés au travail et seront enlevés au fur et à mesure, à moins qu'ils ne soient déposés dans des récipients métalliques hermétiquement clos, vidés et lavés au moins une fois par jour.*

ART. 5. — *Le cube d'air, par personne, ne pourra être inférieur à 7 mètres cubes.*

Le cube d'air sera de 10 mètres au moins, par personne employée dans les laboratoires, cuisines, chais, boutiques et bureaux ouverts au public.

Un avis affiché dans chaque local de travail indiquera sa capacité en mètres cubes.

Les locaux fermés, affectés au travail, seront largement aérés et, en hiver, convenablement chauffés.

L'aération sera suffisante pour empêcher une élévation exagérée de température.

ART. 8. — Toutefois l'autorisation d'y prendre les repas pourra être accordée en cas de besoin et après enquête, par l'Inspecteur divisionnaire, sous les justifications suivantes :

1° Que les opérations effectuées ne comportent pas l'emploi de substances toxiques;

2° Qu'elles ne donnent lieu à aucun dégagement de gaz incommodés, insalubres ou toxiques;

3° Que les autres conditions d'hygiène soient jugées suffisantes.

ART. 11. — Les appareils de levage porteront l'indication du poids qu'ils peuvent soulever.

ART. 14. — Chaque machine-outil, métier, etc., sera, en outre, installé et entretenu de manière à pouvoir être isolé, par son conducteur, de la commande qui l'actionne.

### 276. — Loi du 31 mars 1905, modifiant divers articles de la loi du 9 avril 1898, sur les accidents du travail.

Voici quelles sont les modifications apportées par cette loi :

1° Elle met hors de tout débat le droit pour les ouvriers à recevoir l'indemnité journalière les dimanches et jours fériés (art. 3) ;

2° Elle leur accorde l'indemnité journalière pendant les quatre premiers jours, toutes les fois que l'incapacité temporaire a duré plus de dix jours (art. 3) ;

3° Elle contient d'utiles dispositions relatives aux ouvriers étrangers (art. 3) ;

4° Elle précise les date et lieu de payement des indemnités journalières et des rentes (art. 3) ;

5° Elle formule des règles nouvelles relativement à la détermination du salaire de base de l'indemnité journalière (art. 3) et des rentes (art. 10) ;

6° Elle met fin aux conflits qui ont surgi au sujet des tarifs médicaux et des frais d'hospitalisation (art. 4) ;

7° Elle contient des dispositions nouvelles relativement aux ouvriers blessés soit à l'étranger, soit en France, loin de l'établissement ou dépôt auquel ils



étaient attachés et particulièrement aux agents des chemins de fer (art. 15) ;

8° Elle rend absolue — en ce qui concerne le paiement des rentes — la couverture des chefs d'entreprise qui ont pris la précaution de s'assurer (art. 16) ;

9° Elle institue pour la revision une procédure précise (art. 19) ;

10° Elle rend impossible le rachat des rentes dans des conditions dangereuses pour les mineurs, ou contraires aux tarifs (art. 21) ;

11° Elle met au point l'article 29, relatif au contrôle des compagnies et sociétés d'assurances (art. 29) ;

12° Elle précise les cas de nullité, définit les délais nouveaux qui peuvent courir pour la prescription ou la revision, lorsque la nullité est prononcée (art. 30) ;

13° Elle rend nulles les obligations contractés envers certains intermédiaires (art. 30) ;

14° Elle formule certaines sanctions pénales indispensables (art. 30).



## TABLE DES MATIÈRES

---

AVANT-PROPOS . . . . .	1
HYGIÈNE INDUSTRIELLE . . . . .	1

### CHAPITRE PREMIER

#### CONSTRUCTION DES USINES

De la construction des usines . . . . .	6	Vitrages . . . . .	13
Choix d'un emplacement et disposition des bâtiments . . . . .	7	Toitures isolantes . . . . .	14
Orientation des bâtiments . . . . .	8	Chéneaux . . . . .	15
Murs . . . . .	8	Colonnes . . . . .	15
Enduits . . . . .	9	Distribution d'eau . . . . .	16
Dallages et planchers . . . . .	9	Eaux usées . . . . .	17
Planchers en béton armé . . . . .	10	Cabinets d'aisances . . . . .	17
Charpentes . . . . .	11	Disposition des cabinets . . . . .	20

### CHAPITRE II

#### FORCES MOTRICES

§ 1. <i>Machines à vapeur</i> . . . . .	22	§ 3. <i>Description des chaudières</i> . . . . .	32
Machines compound . . . . .	23	Chaudières à bouilleurs . . . . .	32
Moteurs à grande vitesse . . . . .	23	— à foyers intérieurs . . . . .	33
Condensation . . . . .	24	— semi-tubulaires . . . . .	33
Graissage . . . . .	25	— à faisceaux tubulaires amovibles . . . . .	34
Choix d'un moteur . . . . .	25	— multi-tubulaires . . . . .	34
Entretien des machines à vapeur . . . . .	26	§ 4. <i>Appareils économiques accessoires</i> . . . . .	35
Coups d'eau . . . . .	27	Surchauffeurs de vapeur . . . . .	36
Rendement des machines à vapeur . . . . .	28	Economiseur . . . . .	37
§ 2. <i>Générateurs à vapeur</i> . . . . .	28	Tirage induit . . . . .	38
Combustible . . . . .	28	§ 5. <i>Choix d'une chaudière à vapeur</i> . . . . .	39
Foyers . . . . .	29	Altérations des chaudières . . . . .	40
Cheminées . . . . .	29	Alimentation . . . . .	41
Construction des cheminées . . . . .	30		
Carneaux . . . . .	30		
Surface de chauffe . . . . .	31		
Production de vapeur . . . . .	32		



Dépôts tartreux . . . . .	42	§ 6. <i>Moteurs hydrauliques</i> . . . . .	47
Entretien des chaudières . . . . .	43	Calculs des chutes d'eau . . . . .	47
Foyers à combustibles pauvres . . . . .	44	Turbines . . . . .	48
Chaudières à tannées et appareils à mélanges . . . . .	46	Choix d'une turbine et rendement . . . . .	49
		Turbines américaines . . . . .	50

## CHAPITRE III

## TRANSMISSION D'ÉNERGIE. ÉCLAIRAGE

§ 1. <i>Transmissions mécaniques</i> . . . . .	51	Fourniture du courant . . . . .	58
§ 2. <i>Transmissions électriques</i> . . . . .	52	Prix du courant électrique . . . . .	59
Source intérieure d'énergie électrique . . . . .	53	§ 3. <i>Eclairage</i> . . . . .	59
— extérieure d'énergie électrique . . . . .	53	Eclairage électrique . . . . .	60
Courants continus et courants alternatifs . . . . .	53	Dynamos à courant continu . . . . .	61
Génératrices et moteurs triphasés . . . . .	54	Lampes . . . . .	62
Canalisations . . . . .	55	Intensité de l'éclairage . . . . .	62
Choix du matériel électrique moteur . . . . .	55	Eclairage par réflexion . . . . .	63
Entretien du matériel électrique . . . . .	56	Batteries d'accumulateurs . . . . .	63
Accidents . . . . .	57	Conditions de marche d'une batterie . . . . .	63
		Choix d'une dynamo de charge . . . . .	64
		Survolteurs . . . . .	65
		Installation d'une batterie d'accumulateurs . . . . .	65
		Soins à apporter aux accumulateurs . . . . .	66

## CHAPITRE IV

## SÉCURITÉ DU PERSONNEL OUVRIER DANS LES USINES

§ 1. <i>Précautions générales</i> . . . . .	68	Meules artificielles . . . . .	77
Chaudières, machines à vapeur et tuyauteries . . . . .	69	§ 3. <i>Monte-charges et ascenseurs</i> . . . . .	78
Arbres de transmission . . . . .	71	Monte-charges à barrières . . . . .	78
Débrayages . . . . .	71	— à portes verrouillées . . . . .	79
Courroies . . . . .	72	Ascenseur industriel . . . . .	81
Montage des courroies . . . . .	73	Transmission de mouvement aux monte-charges . . . . .	81
Câbles de transmission . . . . .	74	Monte-charges à câbles . . . . .	82
Transmissions électriques . . . . .	74	Entretien des monte-charges . . . . .	83
§ 2. <i>Ateliers de réparations</i> . . . . .	75		
Meules . . . . .	76		

## CHAPITRE V

## CHAUFFAGE

Température des ateliers . . . . .	85	Radiateurs . . . . .	90
§ 1. <i>Chauffages à vapeur</i> . . . . .	87	Tuyauterie d'alimentation et d'extraction . . . . .	91
Transmission de la chaleur de la vapeur à l'air . . . . .	87	Enveloppes mauvaises conductrices . . . . .	91
Surfaces radiantes nervées . . . . .	89	Isolement des conduites à vapeur . . . . .	92
Applications des formules précédentes . . . . .	90	§ 2. <i>Chauffage par l'air chaud</i> . . . . .	93
		Calorifères . . . . .	93



Transmission de la chaleur entre deux fluides en mouvement . . .	93	Causes d'élevation de la température	96
Quantités de chaleur fournies par mètre carré d'utilisateur . . . .	95	Causes d'abaissement de la température . . . . .	97
Calculs des pertes de chaleur par les parois des bâtiments . . . . .	96	Puissance des appareils de chauffe .	100
		Surface radiante des chauffages . .	100
		Dépenses de combustible . . . . .	101

CHAPITRE VI

VENTILATION ET HUMIDIFICATION

§ 1. <i>Ventilation</i> . . . . .	102	de ventilation par mètre cube de capacité . . . . .	111
Composition de l'air . . . . .	102	Ventilation des locaux à température variable . . . . .	112
Air confiné . . . . .	103	Ventilation et chauffage de bâtiments de grand volume . . . . .	113
Influence de la respiration et des autres causes de viciation . . . .	103	§ 3 <i>Humidification</i> . . . . .	114
Quantité d'air nécessaire à la ventilation . . . . .	104	Etat hygrométrique de l'air . . . .	114
Ventilation partielle . . . . .	106	Humidification des ateliers où l'on travaille les textiles . . . . .	115
Distribution de l'air . . . . .	106	Rôle de l'électricité dans le traitement des textiles . . . . .	116
Vitesse de l'air . . . . .	107	Degré d'humidification des locaux .	117
Ventilation naturelle . . . . .	107	Dispositions diverses d'humidification . . . . .	118
— thermique . . . . .	108	Humidification à l'eau froide et à l'eau chaude . . . . .	119
— mécanique . . . . .	109	§ 4. <i>Rafraîchissement des ateliers</i> . .	119
§ 2. <i>Chauffage et ventilation simultanés</i> . . . . .	110		
Ventilation pratique des ateliers . .	110		
Quantité de chaleur à fournir à l'air			

CHAPITRE VII

APPAREILS DE CHAUFFAGE

§ 1. <i>Chauffages à vapeur</i> . . . . .	124	§ 3. <i>Chauffages à air chaud</i> . . . . .	131
Chauffages à haute pression . . . .	124	Chauffage de l'air de ventilation . .	131
Chauffages à moyenne pression et chauffages par les vapeurs d'échappement . . . . .	125	Poêles calorifères . . . . .	132
Eaux de condensation . . . . .	126	Calorifères à air chaud à haute température . . . . .	133
Purge d'air . . . . .	126	Disposition des calorifères . . . .	133
Avantages et inconvénients des chauffages à vapeur . . . . .	126	Calorifères à tuyaux verticaux ou horizontaux . . . . .	134
Chauffage à vapeur et ventilation combinés . . . . .	127	Avantages et inconvénients des calorifères à haute température . . . .	135
Régulation de la température de l'air . . . . .	128	Calorifères céramiques . . . . .	137
§ 2. <i>Chauffages à basse pression</i> . .	129	Avantages et inconvénients des calorifères à basse température . . . .	137
Chauffage à eau chaude . . . . .	129	Calorifères mixtes . . . . .	138
Applications des chauffages à eau chaude et à basse pression . . . .	131	Calorifères à étages . . . . .	139
Chauffage à eau chaude à haute pression . . . . .	131	Rayon d'action d'un calorifère à air chaud . . . . .	141
		Régulation de la marche des chauffages . . . . .	142
		Considérations générales sur les appareils de chauffage . . . . .	142



## CHAPITRE VIII

APPAREILS DE VENTILATION ET D'HUMIDIFICATION  
CANAUX DE DISTRIBUTION

§ 1. <i>Ventilation naturelle</i> . . . . .	144	Prises d'air. . . . .	156
Châssis d'aération . . . . .	144	Bouches d'air. . . . .	157
§ 2. <i>Ventilation mécanique</i> . . . . .	145	Vitesse de l'air dans les conduites (saison d'hiver) . . . . .	158
Ventilateurs . . . . .	145	Vitesse de l'air dans les conduites (saison d'été) . . . . .	158
Ventilateurs hélicoïdaux . . . . .	146	Dimensions des conduites. . . . .	159
— à force centrifuge . . . . .	147	Canaux d'évacuation de l'air vicié. . . . .	159
Travail d'un ventilateur. . . . .	148	§ 4. <i>Appareils d'humidification</i> . . . . .	159
Ventilation par aspiration. . . . .	148	Pulvérisateurs . . . . .	160
— refoulement. . . . .	149	Pulvérisateurs par l'eau sous pres- sion . . . . .	160
Avantages de la ventilation par pulsion. . . . .	150	Appareil Drosophore . . . . .	161
Ventilation par aspiration et par refoulement . . . . .	150	Pulvérisateurs des vignes. . . . .	161
§ 3. <i>Canaux de distribution d'air</i> . . . . .	151	— par l'air comprimé . . . . .	162
Bâtiments en rez-de-chaussée . . . . .	151	Humidificateurs à contact. . . . .	162
— en halls . . . . .	153	— en pluie . . . . .	163
— à étages . . . . .	154	Appareils de rafraîchissement des ateliers. . . . .	164
Anciens bâtiments . . . . .	155		

## CHAPITRE IX

## CONSTRUCTION D'USINES. APPLICATIONS

Tissage de Saint-Paul en Cornillon. . . . .	167	Usine de Charlieu . . . . .	182
Usine de Vizilles . . . . .	169	Résultats de marche . . . . .	185
Usine de Faverges . . . . .	172	Usine de Villeurbanne . . . . .	185
Modifications ultérieures . . . . .	174	Usine de Bourg-le-Péage . . . . .	191
Usine de Chabons. . . . .	176	Résultats de marche . . . . .	197
Améliorations nouvelles. . . . .	180	Usine des Avenières . . . . .	199

## CHAPITRE X

## DE L'ENTRETIEN DES USINES. CITÉS ET MAISONS OUVRIÈRES

§ 1. <i>De l'entretien des usines</i> . . . . .	203	Maisons ouvrières à Chabons . . . . .	208
De la propreté dans les usines. . . . .	204	§ 3. <i>Cités ouvrières</i> . . . . .	210
§ 2. <i>Maisons ouvrières</i> . . . . .	205	Cités ouvrières affectées aux usines de soieries . . . . .	211
Des maisons ouvrières à l'étranger. . . . .	206	Distribution . . . . .	211
— — en France . . . . .	207	Construction et aménagements . . . . .	213
Influence sur la mortalité. . . . .	208	Surveillance . . . . .	215
Résultats financiers. . . . .	208	Considérations générales . . . . .	215



## CHAPITRE XI

## ENLÈVEMENT DES POUSSIÈRES, VAPEURS ET GAZ

§ 1. <i>Des poussières</i> . . . . .	218	§ 3. <i>Poussières végétales</i> , . . . . .	230
Poussières d'origine minérale . . . . .	219	Poussières de textiles . . . . .	230
— — végétale . . . . .	220	— de scieries et machines à	
— — animale . . . . .	220	bois . . . . .	232
— — hétérogènes . . . . .	222	— de tanneries . . . . .	234
Disposition et marche des appareils		§ 4. <i>Poussières animales</i> , . . . . .	234
d'évacuation des poussières . . . . .	222	Poussières de crins, poils, etc. . . . .	234
§ 2. <i>Appareils d'entraînement et de</i>		— de fabriques de chaus-	
<i>réception. Poussières minérales</i> . . . . .	223	sures et chapeaux . . . . .	235
Enlèvement des poussières arséni-		§ 5. <i>Poussières hétérogènes</i> . . . . .	235
cales et plombiques . . . . .	223	§ 6. <i>Fumées, gaz et vapeurs</i> . . . . .	237
Broyages de chaux, plâtre, ciments,		Fumées . . . . .	237
engrais, etc. . . . .	224	Vapeurs d'eau . . . . .	238
Chambres à poussières . . . . .	225	Des gaz . . . . .	239
Meulage et polissage. Meules en grès		Acide carbonique et oxyde de car-	
et en composition . . . . .	227	bone . . . . .	240
Polissoirs . . . . .	229	Vapeurs de produits chimiques . . . . .	241

## CHAPITRE XII

## ENLÈVEMENT DES POUSSIÈRES, BUÛES, VAPEURS. APPLICATIONS

Usine de Bourg-le-Péage . . . . .	245	Usine de chaussures, à Villeur-	
— de Plancher-les-Mines . . . . .	248	banne et aux Avenières . . . . .	253
— Saint-Chamond . . . . .	252		

## CHAPITRE XIII

## APPAREILS DE SÉCHAGE

Séchage . . . . .	255	Séchoir à deux compartiments . . . . .	271
§ 1. <i>Séchage par chauffage direct</i> . . . . .	256	— pour laines et poils . . . . .	272
§ 2. <i>Séchage par l'air chaud</i> . . . . .	256	— à tiroirs . . . . .	274
Séchoir à charges complètes . . . . .	257	Appareils de sèche continue :	
Séchoir fractionné et intermittent . . . . .	259	Séchoir vertical . . . . .	275
Séchoir à marche continue . . . . .	259	— rotatif . . . . .	277
Appareils à marche intermittente :		§ 3. <i>Séchage par courant d'air chaud</i>	
Séchoir à tunnel . . . . .	260	<i>et appareils de réchauffement</i> . . . . .	278
— à température élevée . . . . .	264	Séchoir à chambres contiguës . . . . .	278
— à 4 compartiments . . . . .	268	— à compartiments et à tiroirs . . . . .	281



CHAPITRE XIV  
 JURISPRUDENCE EN MATIÈRE DE SÉCURITÉ  
 ET D'HYGIÈNE INDUSTRIELLE

§ 1. <i>Lois sur l'hygiène et la sécurité du travail</i> . . . . . 286 Arrêts de Cours . . . . . 287 § 2. <i>Lois sur les accidents du travail</i> . 289 Commentaires. . . . . 292	Arrêts de Cours . . . . . 295 Assurances . . . . . 297	§ 3. <i>Législation étrangère</i> . . . . . 299
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

NOTES

Bétons armés. . . . . 301 Planchers en ciment armé. . . . . 302 Documents administratifs concernant la législation des appareils à vapeur. 306 Modification au décret du 30 avril 1880. Décret du 29 juin 1886. . . . . 311 Force élastique, volume et densité de la vapeur d'eau . . . . . 312 Table donnant, par degré de température, le poids de vapeur contenu dans l'air saturé, par kilogr. d'air sec. . . . . 313 Calculs des canalisations électriques. 314	Règles pour la fourniture et les essais des machines électriques et transformateurs . . . . . 315 Comparaison entre le prix du HP vapeur et du HP électrique . . . . . 318 Hygiène et sécurité des travailleurs dans les établissements industriels. 320 Accidents du travail. Loi du 9 avril 1898 325 Statistique des accidents dans les usines . . . . . 333 Déclaration d'accidents du travail. . 334 Extrait du décret du 29 novembre 1904. 335 Extrait de la loi du 31 mars 1905. . 335
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------