

Limité au chauffage, ventilation, séchage, (P56 à 137)



NOUVELLE
ENCYCLOPÉDIE PRATIQUE DES CONSTRUCTEURS

MÉCANICIENS, CHAUDRONNIERS, ÉLECTRICIENS

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

René CHAMPLY

MÉCANICIEN-ÉLECTRICIEN

Avec le concours d'Ingénieurs et Constructeurs spécialistes

TOME VINGTIÈME

CONSTRUCTION
ET
ORGANISATION DES USINES

BÂTIMENTS, EAU, CHAUFFAGE, VENTILATION, ÉCLAIRAGE, SÉCHAGE
TRAVAIL EN SÉRIE, BUREAU DE DESSIN,
PRIX DE REVIENT, MAGASINS,
CONTROLE DU PERSONNEL, PRÉCAUTION CONTRE L'INCENDIE

Avec 146 figures dans le texte

PARIS ET LIÈGE
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER

PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

LIÈGE, 1, QUAI DE LA GRANDE-BRETAGNE, 1

1930

Tous droits réservés.

R. CHAMPLY

XX

CONSTRUCTION
ET ORGANISATION DES USINES

LIBRAIRIE
POLYTECHNIQUE
CH. BÉRANGER

1930

16.049

16.049

0.1





OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

- Guide pratique du Chauffeur d'automobiles**, 10^e édition, in-8° br., 401 p., 429 fig. 24 fr. »
- L'électricité à la campagne**, 2^e édition, in-8° br., 294 pages, 281 fig. 21 fr. 60
- Comment on devient Forgeron**, 4^e édition, in-8° br., 224 pages, 281 fig. 25 fr. »
- Gazogènes et moteurs à gaz pauvre à la portée de tous**, 2^e édition, gr. in-8° br., 232 pages, 90 fig. 30 fr. »
- Le Moteur d'automobiles**, 5^e édition, in-16 br., 92 pages, 51 fig. 3 fr. 50
- Comment on devient Tourneur sur métaux**, 11^e édition, in-8° br., 245 pages, 179 fig. 25 fr. »
- Nouvelle Encyclopédie pratique du bâtiment et de l'habitation**, 15 vol. chaque volume. 7 fr. 50
Les 15 volumes. 100 fr. »
- Manuel pratique du moteur agricole**, 2^e édition, 212 pages, 247 figures. 7 fr. 50
- Le moteur électrique vulgarisé**, 1 vol., 160 pages, 111 fig. 12 fr. »
- Ma Maison à Bon Marché**, 1 vol. in-8°, 275 pages, 262 fig. 24 fr. »
- La force motrice et l'eau à la campagne**, 1 vol., 430 pages, in-8°, 2^e édition. 42 fr. »
- Le travail industriel du Bois**, 2 vol. in-8° de 280 pages, chacun. 27 fr. et 30 fr. »
- L'air comprimé ou raréfié, production, emploi**, 1 volume in-8° raisin de 270 pages, avec 260 figures. 67 fr. 50
- Comment on devient Électricien-Mécanicien**, 2 volumes in-8° couronne, contenant ensemble 628 pages avec 418 figures dans le texte, chaque volume. 23 fr. »
- Tables et recettes du Mécanicien-Électricien**, 1 volume in-8° couronne de 420 pages avec 131 figures dans le texte... 28 fr. »
- 100 Travaux à faire soi-même**, 1 vol. in-8° couronne de 400 pages, avec 522 figures dans le texte. 21 fr. »
- Encyclopédie pratique des Constructeurs** (20 volumes).
- Gourmandinet**, 550 recettes culinaires inédites, par M^{me} Marie-Antoinette Champly, 1 vol. in-8°, 208 pages, broché. 6 fr. »

Les prix ci-dessus ne sont donnés qu'à titre indicatif et sans engagement de la part de l'éditeur.



NOUVELLE
ENCYCLOPÉDIE PRATIQUE DES CONSTRUCTEURS

MÉCANICIENS, CHAUDRONNIERS, ÉLECTRICIENS

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

René CHAMPLY

MÉCANICIEN-ÉLECTRICIEN

Avec le concours d'Ingénieurs et Constructeurs spécialistes

TOME VINGTIÈME
CONSTRUCTION
ET
ORGANISATION DES USINES

BATIMENTS, EAU, CHAUFFAGE, VENTILATION, ÉCLAIRAGE, SÉCHAGE

TRAVAIL EN SÈRGE, BUREAU DE DESSIN,

PRIX DE REVIENT, MAGASINS,

CONTROLE DU PERSONNEL, PRÉCAUTION CONTRE L'INCENDIE

Avec 146 figures dans le texte

PARIS ET LIÈGE
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER

PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

LIÈGE, 1, QUAI DE LA GRANDE-BRETAGNE, 1

1930

Tous droits réservés.

ALPHABET GREC

Les formules employées en mécanique, électricité, utilisant souvent des lettres de l'alphabet grec, lettres dont chacune conserve une signification pour l'objet qu'elle désigne habituellement, nous croyons bon de donner ci-après la nomenclature des lettres grecques et leur prononciation :

Majuscules	Minuscules	Noms	Signes français correspondants
—	—	—	—
A.....	α.....	alpha.....	a
B.....	β.....	béta.....	b
Γ.....	γ.....	gamma.....	g
Δ.....	δ.....	delta.....	d
E.....	ε.....	epsilon.....	e
Z.....	ζ.....	dzéta.....	z
H.....	η.....	éta.....	ê
Θ.....	θ.....	thêta.....	th
I.....	ι.....	iota.....	i
K.....	κ.....	kappa.....	k
Λ.....	λ.....	lambda.....	l
M.....	μ.....	mu.....	m
N.....	ν.....	nu.....	n
Ξ.....	ξ.....	xi.....	x
O.....	ο.....	omicron.....	o
Π.....	π.....	pi.....	p
Ρ.....	ρ.....	rho.....	r
Σ.....	σ, ς.....	sigma.....	s
T.....	τ.....	tau.....	t
Υ.....	υ.....	upsilon.....	u
Φ.....	φ.....	phi.....	ph
Χ.....	χ.....	chi.....	ch
Ψ.....	ψ.....	psi.....	ps
Ω.....	ω.....	oméga.....	ô

TABLE DES MATIÈRES

PREMIERE PARTIE

CONSTRUCTION DES USINES

CHAPITRE PREMIER

CHOIX DES MATÉRIAUX

	Pages
Choix des matériaux.	1

CHAPITRE II

VOIES D'ACCÈS

Raccordements.	4
------------------------	---

CHAPITRE III

BÂTIMENTS

Systèmes de construction.	5
Construction des bâtiments	10
Charpentes en bois, assemblées	11
Fermes en bois, assemblées	11
Equarrissages des bois.	13
Fermes pour couverture en matériaux légers.	15
Fermes en planches	16
Sheeds en bois	17
Fermes en fer	18
Sheeds en fer.	23
Abris légers.	23
Bâtiments en béton armé	24
Supports des ponts roulants.	25
Remplissages	27
Chemins roulants suspendus	27

CHAPITRE IV

CLOTURES

	Pages.
Clôtures à claire voie	28

CHAPITRE V

LE SOL

Bureaux	33
Forges, fonderies, estampage	33
Emboutissage, ateliers de grosses machines travaillant à froid	33
Menuiserie, modelage, carrosserie, ébénisterie, avionnerie	33
Filatures, tissages, fabriques diverses	34
Ateliers de montage de machines	34
Entre-rails de chemins de fer	34
Cours, passages de camions et gros roulage	34
Pavage en briques	35
Dalles de verre	35
Sols économiques	35
Terrains inconsistants	35
Macadam	36

CHAPITRE VI

TOITURES

Matériaux durs, incombustibles	37
Tuiles de verre	39
Verre armé	39
Toitures calorifugées	39

CHAPITRE VII

AMÉNAGEMENTS INTÉRIEURS

Cloisons intérieures des bureaux et ateliers	41
Escaliers et Ascenseurs	41
Portes	41

CHAPITRE VIII

SOURCES D'ÉLECTRICITÉ

Batterie d'accumulateurs	42
------------------------------------	----



CHAPITRE IX

L'EAU

	Pages.
Moyens de se procurer de l'eau	44
Eaux pluviales	45
Puits creusés	47
Galeries de réserve d'eau	48
Puits instantanés	49
Puits artésiens	53
Eaux fluviales	55
Terrains marécageux	55
Réservoirs d'eau	55

CHAPITRE X

LE CHAUFFAGE

Chauffage des bureaux	56
Pertes de chaleur	58
Cheminées d'appartement	63
Poêles	64
Calorifères à air chaud, en cave	66
Circulation d'air chaud	68
Purification et réemploi de l'air chauffé	69
Vapeur à haute ou moyenne pression	70
Vapeur à basse pression	73
Eau chaude	73
Chauffage par vapeurs ou gaz d'échappement	75
Chauffage par les eaux de condensation	76
Utilisation des eaux de réfrigération des compresseurs d'air et autres appareils industriels	76
Système Perkins. Eau chaude sous pression	76
Disposition des surfaces de chauffe : Radiation indirecte	77
Chauffage par colonnes	77
Chauffage par batteries	78
Chauffage par radiateurs	78
Renseignements divers	80
Calcul approché des tuyauteries	80
Calories transmises par les surfaces de chauffe	81
Diamètres des canalisations d'eau chaude	81
Diamètres des canalisations, de vapeur	82
Chauffage de plain-pied. — Retour au plancher	83
Chauffage de plain-pied. — Retour au plafond	83
Calories transmises par les tuyaux à l'air ambiant. Chauffage à vapeur sous pression	84



	Pages.
Chauffage à l'eau chaude	84
Chaleur spécifique de l'air	84
Gaz, pétrole, électricité	85

CHAPITRE XI

LA VENTILATION

Ventilation des locaux.	86
Ventilation naturelle.	87
Registres	90
Ventilation artificielle ou forcée	90
Conduites d'air.	93
Evacuation des buées.	95
Méthode par aspiration	95
Méthode par insufflation	95

CHAPITRE XII

HUMIDIFICATION

Humidification des salles.	97
Renseignements hygrométriques.	100

CHAPITRE XIII

**ASPIRATION DES POUSSIÈRES, SCIURES
DÉCHETS DE BOIS**

Poussières nuisibles.	101
-------------------------------	-----

CHAPITRE XIV

ÉCLAIRAGE DES BUREAUX ET ATELIERS

Intensité lumineuse	107
Flux lumineux	108
Éclairement	108
Éclairement des surfaces environnantes.	113
Eclairage artificiel	114
Chantiers et montages	114
Cours et voies de transport.	114
Locaux intérieurs	115
Eclairage au gaz et à l'acétylène.	119
Gaz surpressé.	120
Eclairage naturel.	121



CHAPITRE XV

SÉCHAGE ET SÉCHOIRS

	Pages.
Séchage naturel.	122
Séchage par chauffage.	123
Séchage méthodique.	124
Par aspiration.	126
Par refoulement.	126
Calcul de la dépense d'un séchoir.	131
Constantes des mélanges d'air et de vapeur d'eau.	135
Séchage dans le vide.	136
Séchage des vernis et peintures.	136
Récupération des solvants.	137

DEUXIÈME PARTIE

ORGANISATION DES USINES

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS SUR L'ORGANISATION

Direction générale	139
Achats	141
Ventes	142
Comptabilité générale.	142
Correspondance.	143
Machines à calculer et machines comptables.	145
Force Motrice.	147
Assurances incendie.	147
Assurances accidents.	147
Contentieux.	147

CHAPITRE II

FABRICATION ET OUVRIERS

Service fabrication.	149
Contre-maitres ou chefs d'ateliers.	151
Salaire de l'ouvrier.	154



	Pages
Livre de paye des ouvriers.	156
Pour augmenter le rendement.	156
Renforcement des parties mécaniques.	157
Equipped des machines-outils.	158
Conduite du travail	158
Outillage et affûtage.	159
Tables-servantes.	159
Travail en série et à la chaîne.	160

CHAPITRE III

BUREAU DE DESSIN

Organisation	166
------------------------	-----

CHAPITRE IV

PRIX DE REVIENT

Le prix coûtant.	169
Prix de vente et bénéfice	171
Conditions de vente et de montage.	172
Conditions des travaux à l'attachement.	180

CHAPITRE V

MAGASINS

Généralités	182
Comptabilité des magasins.	185
Commandes.	187
Marquage des outils et du matériel.	187

CHAPITRE VI

PESAGE ET COMPTAGE

Instruments de pesage.	189
Comptage.	190

CHAPITRE VII

CONTROLE DU PERSONNEL

Pointage	191
Contrôleurs de rondes.	195

	Pages.
Contrôle du temps utilisé	195
Contrats d'embauchage	196
Certificat de sortie.	197
Ouvriers étrangers	198
Jeunes gens de moins de 18 ans.	199
Travaux au dehors.	199

CHAPITRE VIII

VESTIAIRES ET LAVABOS D'OUVRIERS

Vestiaires.	201
Lavabos.	206
Bains douches.	2 7

CHAPITRE IX

URINOIRS ET WATER-CLOSETS

Appareils inodores.	208
Crachoirs.	210

CHAPITRE X

INFIRMERIE ET SOINS D'URGENCE

Pharmacie d'urgence.	211
Ampoules.	212
Blessures ouvertes.	212
Brûlures	212
Congestions, contusions, insolation.	213
Hémorragies, luxations, membres brisés.	214
Piqûres d'insectes et d'outils.	215
Secours aux électrocutés, noyés ou asphyxiés.	215

CHAPITRE XI

L'EAU POTABLE POUR LES OUVRIERS

Filtration.	219
Epuration, stérilisation de l'eau.	220
Pour avoir de l'eau fraîche en été.	221
Boissons hygiéniques pour ateliers.	222



CHAPITRE XII

**BALAYAGE DES ATELIERS. FIXATION
DES POUSSIÈRES**

Chlorure de calcium	223
-------------------------------	-----

CHAPITRE XIII

PRÉCAUTION CONTRE L'INCENDIE

Avertisseurs d'incendie	225
Matériel de premier secours. Extincteurs.	226
Bouches et prises d'eau.	227
Grenades extinctrices.	228
Limitation des incendies	229

CHAPITRE XIV

BREVETS ET MARQUES DE FABRIQUE

Paiement des taxes de brevets en France.	231
Conseils aux inventeurs pauvres.	232

CHAPITRE XV

MODELAGE

Modèles en bois.	235
Retrait des métaux	236
Rapport entre les poids des modèles en bois et ceux des pièces coulées.	237
Classification et conservation des modèles.	238

CHAPITRE XVI

RÉCUPÉRATION DES DÉCHETS

Essorage des chiffons, et déchets huileux à sec.	239
Essorage avec réchauffage par vapeur d'eau.	239
Epuration des huiles ayant servi au graissage.	240
Utilisation des huiles et graisses récupérées.	240
BIBLIOGRAPHIE	241
TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.	245

CONSTRUCTION ET ORGANISATION DES USINES

PREMIÈRE PARTIE

CONSTRUCTION DES USINES

CHAPITRE PREMIER

CHOIX DES MATÉRIAUX

Le problème qui se pose est de couvrir de grands espaces **économiquement**, sans encombrer les locaux de poteaux, qui gênent les manutentions et en ayant la clarté nécessaire au travail; on réalisera ces désirs au moyen de charpentes à grande portée, avec **parties vitrées** dans la toiture qui sera généralement surmontée d'un **lanterneau** pour la ventilation naturelle.

Le **choix des matériaux** doit d'abord retenir l'attention : la **Pierre**, la **brique**, le **bois**, le **fer** et le **ciment armé** sont à choisir selon les cas particuliers que nous allons examiner.

Si l'on trouve sur place de bonnes pierres, **non gélives**, on peut songer à les employer pour faire les **fondations** et construire les murs; mais les murs de

CHAPITRE X

LE CHAUFFAGE

Un homme qui a froid travaille peu et mal ; la température à entretenir **dans les bureaux** est de 16 à 18 degrés et, dans les ateliers, 14 à 15 degrés. Les ateliers de forge, de fours, chaudières et machines motrices ne

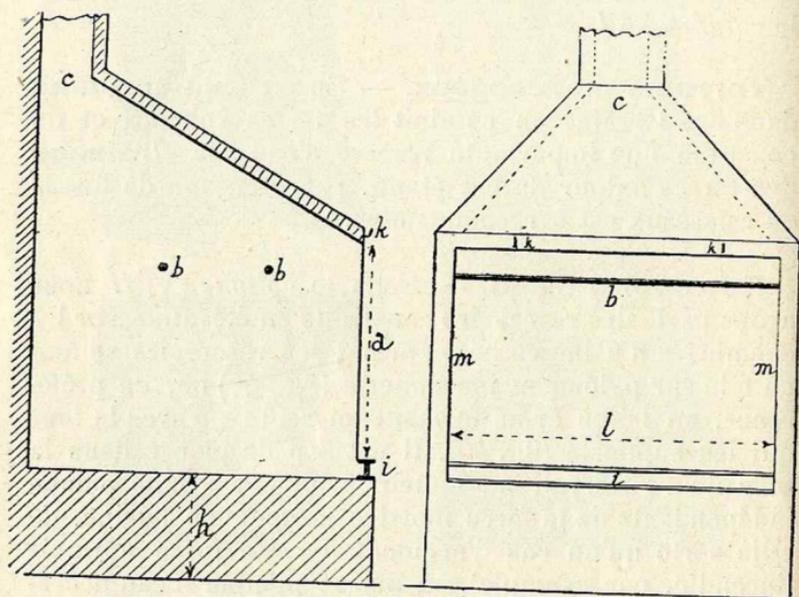


Fig. 50. — Sorbonne d'ébéniste.

sont généralement pas chauffés ; mais il faut cependant prévoir qu'en cas d'arrêt d'une machine le local où elle se trouve doit pouvoir être chauffé, ne serait-ce que pour empêcher la congélation de l'eau dans les tuyaux et récipients ; ce chauffage **accidentel**, peut se faire au



moyen de **braseros** au coke, à défaut d'autre dispositif.

Les ateliers d'ébénisterie et de menuiserie contiennent généralement une **sorbonne** dans laquelle on brûle des copeaux et déchets, ce qui débarrasse l'atelier et suffit à son chauffage; la figure 50 montre la construction d'une **sorbonne à hotte** en maçonnerie; la partie ouverte en avant peut se fermer au moyen d'une plaque de tôle que l'on suspend aux crochets *k k*; les barres *b b* servent à appuyer les pièces de bois que l'on désire chauffer pour les coller; on fait environ : $h = 0^m,40$; $l = 0^m,80$ à 1 mètre; $a = 1$ mètre à $1^m,50$; la barre de fer *i* sert à contenir les cendres; on remplace maintenant ce genre de sorbonne par une **étuve sèche**, sorte d'armoire en tôle chauffée en dessous et sur les côtés avec des orifices pour chauffer les pots à colle.

Pour installer convenablement le chauffage des bureaux et des ateliers autres que ceux ci-dessus, il est nécessaire de calculer le **nombre de calories** à fournir par heure à chaque local et de faire la somme des quantités ainsi déterminées; nous allons indiquer sommairement les éléments des calculs des quantités de calories nécessaires pour *compenser* le *refroidissement* que subit un local du fait de l'abaissement de la température extérieure :

L'**unité de chaleur** est la *calorie*; c'est, pratiquement, la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré centigrade un kilogramme d'eau (litre d'eau liquide).

La **puissance calorifique** d'un combustible est le nombre de calories développées par la combustion d'un kilogramme de ce combustible; nous avons donné au *volume II* les pouvoirs calorifiques des divers combustibles.

Il faut aux combustibles une certaine quantité d'air pour qu'ils puissent brûler complètement; l'air pèse 1 kg. 293 le mètre cube à la température de zéro centigrade. Le tableau ci-dessous indique les quantités d'air nécessaires, dans la pratique, à la combustion d'un kilogramme de corps usuels :

	Kgs. d'air	mèt. cubes d'air
Hydrogène.....	35	29
Gaz d'éclairage.....	13	10
Houille.....	23	18
Anthracite.....	28	22
Coke.....	26	20
Lignite.....	19	15
Charbon de bois.....	16	12
Tourbe.....	16	13
Bois sec.....	15	12
Bois humide.....	12	9
Gaz pauvre.....	6	5

(Ces chiffres sont supérieurs à ceux indiqués par la théorie.)

L'installation d'un appareil de chauffage doit donc prévoir une **ventilation** susceptible de fournir la quantité d'air suffisante pour la combustion, en outre de celle nécessaire à la vie des personnes contenues dans l'appartement.

Pertes de chaleur. — La température d'un local s'abaisse dès que la température du dehors est au-dessous de celle du local considéré; les causes de cet abaissement de température sont :

1° **La conductibilité** ou **conduction** des parois du local.

2° **Le mélange** de l'air du dehors froid à celui de l'intérieur plus chaud.

3° La **ventilation** qui introduit l'air froid du dehors et expulse l'air vicié chaud de l'intérieur.

4° Le **rayonnement** ou **radiation** des parois chaudes du local vers l'extérieur.

La quantité de chaleur qui passe à travers une paroi est **proportionnelle** :

1) A la différence des températures des deux côtés de la paroi ($T - t$).

2) A la surface de cette paroi (S).

3) A un coefficient (K) variable avec la nature de la paroi.



Elle est **inversement proportionnelle** à l'épaisseur de la paroi.

Le coefficient K est la quantité de chaleur qui traverse pendant l'unité de temps, une surface égale à l'unité, d'épaisseur égale à l'unité, du corps considéré.

Voici les coefficients K pour les principaux matériaux employés dans la construction :

Coefficient K (par heure et épaisseur d'un mètre).

Cuivre.....	64	Bois de chêne.....	0,21
Fonte.....	32	Bois de sapin.....	0,17
Fer.....	29	Verre.....	0,80
Zinc.....	28	Terre cuite.....	0,60
Plomb.....	14	Liège.....	0,14
Marbre.....	3	Sable siliceux.....	0,27
Liais.....	1,80	Coke pulvérisé.....	0,26
Pierre calcaire.....	1,30	Cendres de bois.....	0,06
Plâtre gâché.....	0,33		

La formule générale de la quantité de chaleur transmise en une heure est :

$M = \frac{KS(T-t)}{E}$, les lettres ayant la signification indiquée ci-dessus.

Le tableau ci-dessous indique, d'après *Péclet*, la déperdition de chaleur des différentes parois pour 1 degré de différence de température et par mètre carré de surface de la paroi considérée :

Coefficient K pour :

Murs en briques de 6 sans enduit.....	2,90
— — 10 —	2,60
— — 20 —	1,80
— — 30 —	1,50
— — 40 —	1,30
— — 50 —	1,00
— — 60 —	0,80
— — 6 avec enduit et papier.....	2,70
— — 10 —	2,50
— — 20 —	1,70
— — 30 —	1,40
— — 40 —	1,20
— — 50 —	0,90
— — 60 —	0,75

Pour les briques creuses, prendre les trois-quarts des chiffres ci-dessus.

Murs en meulière ou calcaire de 20 centimètres.....	2,80
— — — — 25 —	2,70
— — — — 30 —	2,50
— — — — 40 —	2,20
— — — — 50 —	1,90
— — — — 60 —	1,70
Ciment armé de 6 centimètres.....	3
— — 10 —	2,80
— — 15 —	2,50
— — 20 —	2,20
2 murs en briques de 6 centimètres, séparés par un vide de 5 centimètres.....	1,50
1 mur en briques de 5 centimètres et un de 11 centimètres, avec vide de 5 centimètres.....	1,40
2 murs en briques de 11 centimètres, avec vide de 5 centimètres.....	1,30
1 mur de 8 en carreaux de plâtre, enduit deux faces.....	1,80
Bois de 3 centimètres d'épaisseur.....	1,82
Vitres verticales, verre simple.....	4,00
— — — avec rideau.....	3,00
— doubles, avec vide de 3 à 6 centimètres.....	2,00
Toiture en verre, simple.....	5,00
— — double.....	3,00
Plafond en plâtre sous comble fermé.....	0,80
— — avec plancher dessus.....	0,60
— voûté en briques de 11 centimètres avec carrelage dessus.....	1,70
— voûté en briques, avec plancher en bois.....	1,50
Toit en zinc sur lattis.....	2,15
— sur voliges jointives.....	1,50
— sur briques de liège de 6 centimètres et enduit.....	0,60
Toit en tuiles sur lattis.....	3,60
— sur lattis avec voliges, avec vide de 15 centimètres.....	1,00
— avec briques de liège de 6 centimètres avec vide de 15 centimètres.....	0,60
Toit ou plafond en ciment volcanique.....	4 à 5
Planchers en bois sur hourdis.....	1,50
Sol sur terre-plein.....	1,90
Pavé en bois.....	0,60

La formule applicable avec les coefficients ci-dessus est

$$M = KS (T - t)$$



Dans les calculs, T représente la température constante à maintenir dans le local et t le minimum que l'on suppose à la température extérieure.

Les pertes de chaleur dues au rayonnement sont exprimées par la formule

$$R = KS (T - t) [1 + 0,0056 (T - t)]$$

dans laquelle le coefficient K est :

Pour le cuivre rouge.....	0,16
— laiton poli.....	0,24
— zinc.....	0,24
— tôle noire.....	0,27
— tôle polie.....	0,45
— fonte neuve.....	3,17
— fonte oxydée.....	3,36
— peinture à l'huile.....	3,71
— pierre à bâtir.....	3,60
— plâtre ou bois.....	3,60

Les pertes de chaleur dues à la ventilation sont données par la formule :

$$P = 0,307 V (T - t)$$

dans laquelle V est le volume d'air renouvelé par heure, 0,307 le nombre de calories nécessaire pour échauffer d'un degré un mètre cube d'air; T et t les températures intérieure et extérieure prises au maximum pour la première et au minimum supposé pour la seconde, comme il a déjà été dit.

Le volume d'air que doit fournir la ventilation se compose du volume d'air nécessaire à la vie des habitants et du volume d'air nécessaire à la combustion des poêles ou des lampes qui brûlent dans le local.

Nous avons indiqué les quantités d'air nécessaires à la combustion des divers corps; nous dirons qu'il faut pour les divers éclairages et par heure :

Pour une flamme au gaz...	26 mètres cubes d'air.	
Pour une bougie.....	6	—
Pour une forte lampe.....	24	—

Dans les locaux où brûle un foyer de chauffage, le

tirage du foyer est suffisant pour assurer le renouvellement de l'air nécessaire aux personnes, mais dans les locaux chauffés à la vapeur ou à l'eau chaude, il faut assurer une ventilation proportionnée au nombre des habitants (voir le chapitre *Ventilation*) et assurer le réchauffage de l'air ainsi admis et expulsé, soit par heure et par personne :

Dans les bureaux : 15 à 20 mètres cubes ;

Dans les usines **sans émanations** industrielles :
60 mètres cubes ;

Dans les usines **avec émanations** industrielles :
100 mètres cubes ; ceci permet de calculer le *volume V* pour chaque local.

La quantité totale de chaleur à fournir est $M + R + P$.

Les chiffres, formules et tableaux que nous avons donnés ci-dessus permettent de calculer la quantité de chaleur nécessaire au chauffage d'un local ainsi que le poids de combustible à brûler pour obtenir cette chaleur, en admettant que le *rendement de l'appareil d'utilisation* de ce combustible soit parfait ; il n'en est pas ainsi et les divers modes de chauffage donnent des résultats très différents au point de vue rendement. Mais il y a d'autres facteurs qui interviennent, tels sont : **l'exposition au vent, la nature des locaux voisins, les courants d'air**. Il faut compter aussi qu'un homme fournit par sa propre chaleur environ 80 calories par heure, par sa respiration et par rayonnement.

On voit que le calcul d'une installation bien comprise de chauffage et de ventilation demande une grande attention ; cependant ce calcul bien fait et adapté à une installation bien comprise peut faire réaliser chaque année des économies considérables de combustible.

On trouvera dans le livre de M. *Debesson : Chauffage et ventilation des locaux industriels*, un exemple des calculs ci-dessus pour une usine.

Les différents procédés pour obtenir la chaleur sont :

1. Les cheminées d'appartement ;
2. Les poêles et poêles calorifères ;

3. Les calorifères à air chaud;
4. La circulation d'air chaud.
5. La vapeur à haute et moyenne pression;
6. La vapeur à basse pression;
7. La circulation d'eau chaude;
8. Le chauffage au gaz, au pétrole, à l'électricité.

1. **Cheminées d'appartement.** — Ne sont employées que dans les bureaux luxueux; rendement 5 à

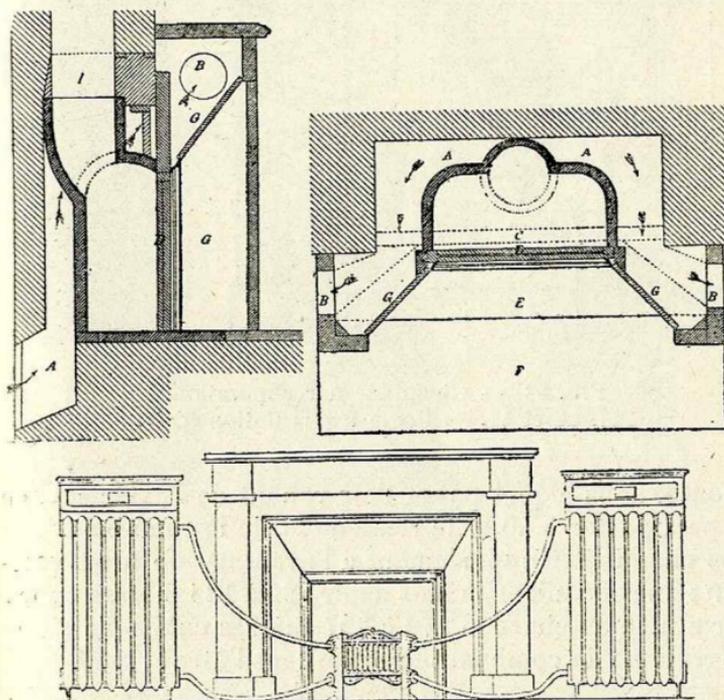


FIG. 51. — Cheminée à circulation d'air chaud.

FIG. 52. — Cheminée avec radiateurs à eau.

6 % pour chauffage au bois et 10 à 12 % pour chauffage au charbon avec bouches de chaleur et prise d'air au dehors; la figure 51 montre la construction d'une cheminée avec foyer en fonte ou réfractaire autour duquel

circule l'air venant du dehors; la figure 52 présente un dispositif de chauffage d'eau qui alimente un ou plusieurs radiateurs placés dans la pièce même ou dans une chambre voisine; la figure 53 montre un récupérateur de chaleur,

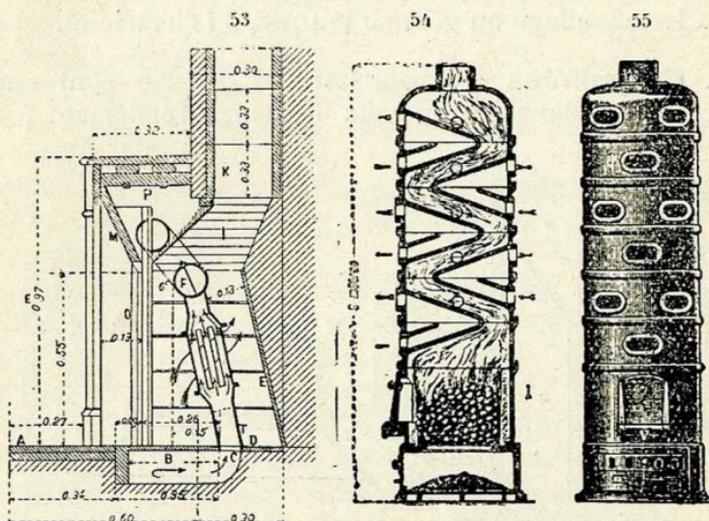


FIG. 53. — Cheminée à récupération.
FIG. 54 et 55. — Poêle à circulation d'air.

en fonte, dans lequel passe l'air venant de l'extérieur, ce qui peut porter à 40 % le rendement de la cheminée.

La cheminée d'appartement a l'avantage de **bien ventiler** : une cheminée au bois aspire 94 à 136 mètres cubes d'air et une au charbon 179 à 297 mètres cubes d'air par kilogramme de combustible brûlé dans l'âtre et par heure.

2. **Poêles.** — Un poêle donne un bon rendement calorifique de 70 à 90 %, mais il a l'inconvénient de concentrer la chaleur en un seul point du local à chauffer et de dessécher l'air en ne produisant qu'une faible ventilation; on remédie à ces inconvénients au moyen de poêles à bouches de chaleur et en y adjoignant un **saturateur d'humidité**.

Il faut que le poêle ait une **surface extérieure** de un huitième environ de la surface de la pièce à chauffer, ou environ 1 mètre carré de surface totale du foyer (surface de chauffe) par 150 mètres cubes de salle à chauffer.

Les poêles sont à combustion vive (fig. 56) ou à combustion lente (fig. 57 et 58); ces derniers sont économiques, mais ils exigent une cheminée tirant bien et ils ventilent peu. Les meilleurs poêles sont ceux munis d'une double enveloppe dans laquelle l'air s'échauffe et sort par des bouches de chaleur (fig. 54, 55 et 58). Cet air

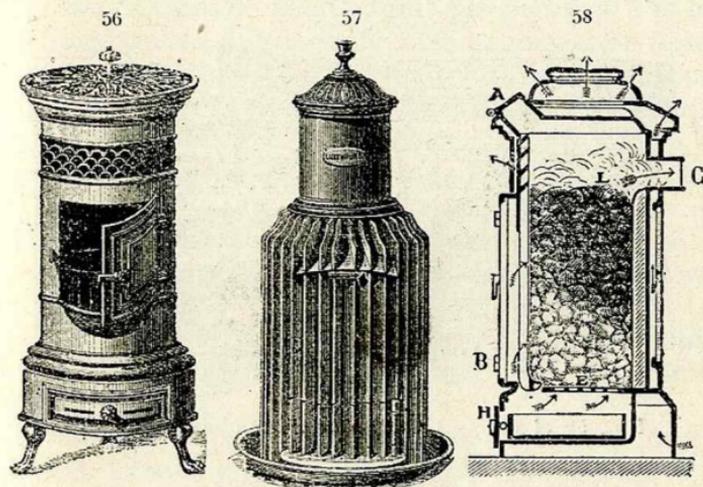


FIG. 56. — Poêle à combustion vive.

FIG. 57. — Poêle à combustion lente.

FIG. 58. — Poêle à enveloppe d'air chaud.

peut être amené de l'extérieur par un carneau sous le plancher, de façon à renouveler constamment l'air contenu dans le local; l'air vicié s'échappe par des ventouses disposées vers le plafond.

L'évacuation des fumées se fait soit par des **tuyaux en tôle** en dessus du poêle (**tirage direct**), soit par des **carneaux** sous le plancher (*tirage renversé* ou **fumée plongeante**); le **tirage direct** avec des tuyaux en tôle

de **grande longueur** et en **pente continue** entre le poêle et la cheminée d'évacuation est avantageux pour la bonne utilisation de la chaleur des fumées : une grande partie de cette chaleur est perdue avec le tirage renversé.

3. **Calorifères à air chaud, en cave.** — (Fig. 59 et 60).

Un calorifère de cave se compose d'un calorifère à grande surface chauffante, enfermée dans une enveloppe en maçonnerie de briques appelée **chambre de cha-**

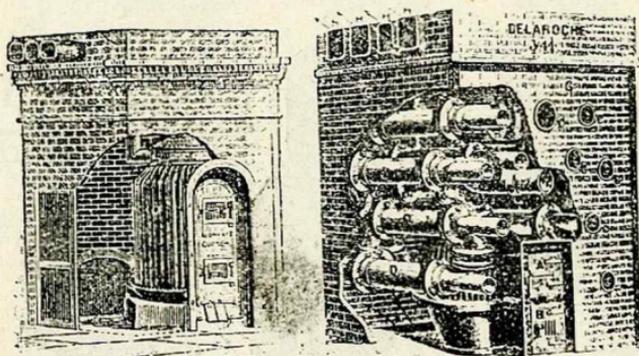


FIG. 59 et 60. — Calorifères à air chaud, en cave.

leur. L'air extérieur est amené par une large prise d'air dans cette chambre de chaleur où il s'échauffe fortement ; de là il est conduit dans les locaux à chauffer par des tuyauteries de grande section dans lesquelles il s'élève, par suite de sa densité plus faible que celle de l'air ambiant plus froid ; la prise d'air se place généralement au Nord, elle doit être toujours à un niveau inférieur à celui de la plus basse bouche de chaleur.

La **surface de grille** du calorifère se calcule en supposant qu'on brûle 60 kilogrammes de charbon par mètre carré de grille et par heure et que ce charbon dégage 5.000 calories par kilogramme : Q étant le nombre de

calories dont on a besoin par heure, la surface de grille

$$S = \frac{5.000 \times 60}{Q}$$

Si l'on chauffe au bois, à la tannée ou à la tourbe, il faut multiplier ce résultat par 1,5.

La surface de la section du conduit de fumée est donnée par la formule

$$S = \frac{P}{70 \sqrt{H}}$$

P étant le poids de houille brûlé par heure et H la hauteur totale du conduit de fumée. On augmente le résultat donné par cette formule de 3 à 4 centimètres sur tout le pourtour à cause de la formation de la suie qui diminue la section utile du conduit de fumée. Dans le cas où l'on brûle du bois ou de la tourbe, on multiplie ce résultat par 1,5.

Au départ du calorifère, le conduit de fumée ainsi que les conduits d'air chaud sont munis de clefs d'arrêt et de réglage.

Dans la chambre de chaleur on dispose un récipient constamment alimenté d'eau par un flotteur, afin d'humidifier l'air chaud.

Entre le calorifère et les parois de la chambre de chaleur doit exister un espace de 0^m,50 permettant à un homme de faire au besoin les réparations; un *trou d'homme* est ménagé à cet effet dans la paroi de la chambre de chaleur. Cette paroi est épaisse ou même double, pour éviter les déperditions de chaleur dans la cave.

Voici, d'après M. Besson les caractéristiques des calorifères à air chaud :

Hauteur	Largeur	Profondeur	Surface de chauffe	Section des prises d'air (minimum)	Consommation moyenne	Cube d'air chauffé dans les bureaux (prise d'air extérieure)	Cube d'air chauffé dans les ateliers (prise d'air ambiant)
m.	m.	m.	m.	m ² .	k.	m.	m.
1,70	0,95	1	5	0,10	20	250	1,005
1,70	1	1	8	0,16	20	500	0,900
1,80	1,30	1,60	12	0,24	50	900	3,600
1,80	1,40	1,70	16,40	0,30	70	1.500	6,000
1,80	1,60	1,70	22,40	0,40	100	2.000	8,000
1,80	1,80	1,90	27	0,50	125	2.700	10,800

4. **Circulation d'air chaud.** — On peut obtenir cet air chaud par **récupération de chaleurs perdues** quelconques, au moyen d'un **aéro-condenseur** ou d'un **groupe calorigène** comme ceux décrits dans ce volume au chapitre **séchage**; cet air chaud est envoyé directement dans les locaux à chauffer par des carneaux que l'on fait en tôle calorifugée ou en poteries; en faisant la prise d'air dans un endroit où l'air est pur, autant que possible, l'air chaud ainsi soufflé dans les locaux assure une excellente ventilation. (Voir *Volumes XVII et XVIII*, récupération des chaleurs des vapeurs et fumées et voir plus loin le chapitre *Ventilation*.)

Le chauffage par **pulsion d'air chaud** est avantageusement réalisé en chauffant l'air seulement à l'endroit où il est soufflé par un ventilateur; les figures 61 et 62 montrent les **calopulseurs système Beurienne** constitués par un **radiateur B** alimenté par une conduite de vapeur haute ou basse pression ou eau chaude et d'un ventilateur A mû par un moteur électrique; le modèle figure 61 se suspend dans le voisinage de la bouche d'air extérieur; le modèle, figure 62, se place dans un mur ou une toiture et aspire l'air du dehors assurant ainsi la ven-

tilation en même temps que le chauffage; ces appareils peuvent débiter de 22.000 à 50.000 calories par heure en

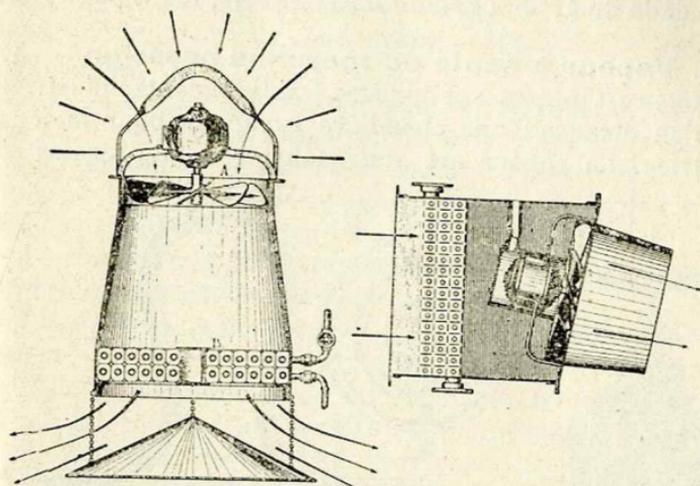


FIG. 61 et 62. — Calopulseurs Beaurienne.

absorbant de $\frac{1}{3}$ à $\frac{3}{4}$ de cheval, pour le ventilateur, selon leur grandeur.

Les conduites de vapeur ou eau chaude doivent être bien calorifugées en dehors des locaux à chauffer.

Purification et réemploi de l'air chauffé. — Au II^e Congrès du Chauffage et de la Ventilation, du 10 au 13 juin 1925, on a signalé un procédé consistant à faire passer l'air vicié sortant des ateliers dans des filtres épurateurs de poussière et à l'**ozoniser** pour se désodoriser et stériliser; cet air chaud ainsi purifié est alors renvoyé dans les ateliers auxquels la chaufferie n'a qu'à fournir une petite quantité de calories nouvelles; on a ainsi réalisé, en Amérique, une économie de 40 à 50 % sur le combustible de chauffage des locaux.

Le même Congrès signale que la meilleure température pour le travail est 17° 8 et que, si le travail doit être fait à hautes températures, il y a lieu d'entretenir un **courant**

d'air humidifié : ainsi, l'ouvrier supporte aussi bien la température de 28° 7, en courant d'air humidifié à 20 %, que celle de 17° 8. (*Technique moderne*, 1925, page 534.)

5. **Vapeur à haute ou moyenne pression.** — Ce système est intéressant dans les établissements industriels où l'on dispose d'une chaudière à vapeur pour la force motrice. La vapeur est ainsi fournie à la pression de

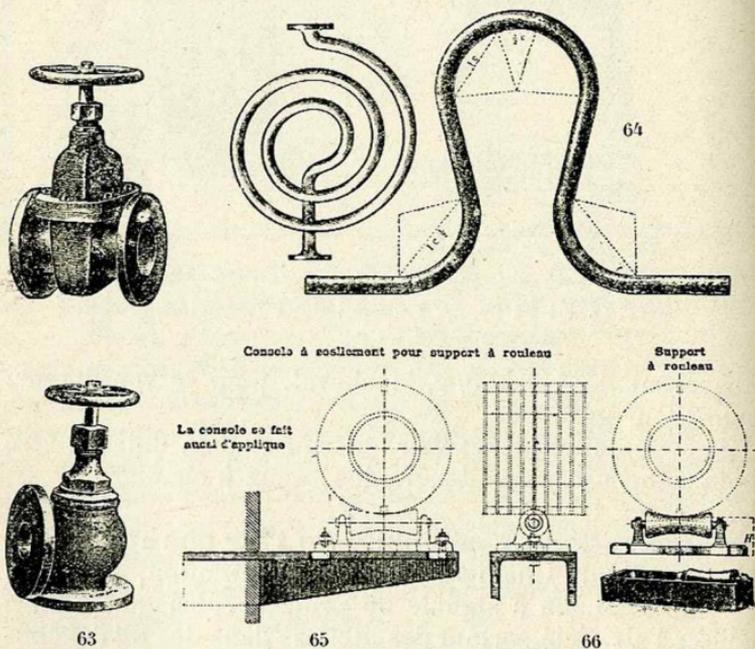


Fig. 63 à 66. — Accessoires de chauffage central.

4 à 12 kilos par une prise de vapeur de petit diamètre installée sur la chaudière; cette vapeur **se détend** dans une conduite d'assez grand diamètre avant d'être envoyée aux canalisations. Quelquefois la prise de vapeur est **commandée automatiquement** par un **détendeur** à ressort ou à contre-poids qui proportionne la sortie de la vapeur à la consommation des radiateurs.



L'eau de condensation est généralement évacuée au dehors, mais elle peut aussi être ramenée près de la chaudière dont elle réchauffe l'alimentation; la température de cette eau de condensation est en effet voisine de 100 degrés.

Les tuyaux de canalisation sont en acier sans soudure ou en fer **soudé à recouvrement** éprouvés à 60 ou 80 kilogrammes de pression; leurs diamètres sont indiqués au *Volume II*, ainsi que les dimensions des manchons et brides de raccordement.

La robinetterie doit être spécialement soignée (fig. 63) en bronze dur ou en acier.

Les différences de température que subissent ces tuyaux font varier leur longueur; il faut donc leur permettre de se dilater librement, car un tuyau en fer s'allonge de 2 millimètres par mètre entre la température de zéro et celle de la vapeur à 12 kilogrammes (191 degrés centigrades). A cet effet, les tuyaux et les surfaces chauffantes sont montés sur des **supports à galets** (fig. 65 et 66) et l'on ménage de loin en loin des **boucles d'expansion** (fig. 64), ou bien des **joints de dilatation** à coulisse permettant aux tuyaux de s'allonger ou de se contracter librement sans occasionner de fuites de vapeur.

Les surfaces chauffantes sont constituées soit par des **serpentins de tube d'acier**, soit par des tuyaux en **acier à ailettes rapportées et brasées**, soit simplement par des **cylindres en tôle d'acier** rivée dans lesquels la vapeur se condense.

Les canalisations et les surfaces chauffantes sont munies de purgeurs automatiques (Voir *Volume X*), afin d'éviter les accumulations d'eau.

Les inconvénients du chauffage par la vapeur à haute ou moyenne pression sont : 1° d'exiger la surveillance constante de la chaudière; 2° de nécessiter des tubes résistants et coûteux; 3° de porter les surfaces chauffantes à une haute température qui n'est pas sans danger et il en résulte un dessèchement de l'air et une sorte de cuisson des poussières qui produit quelquefois une odeur.

désagréable. Il faut aussi toujours se méfier de l'éclatement d'un mauvais joint ou d'un tube défectueux. Les

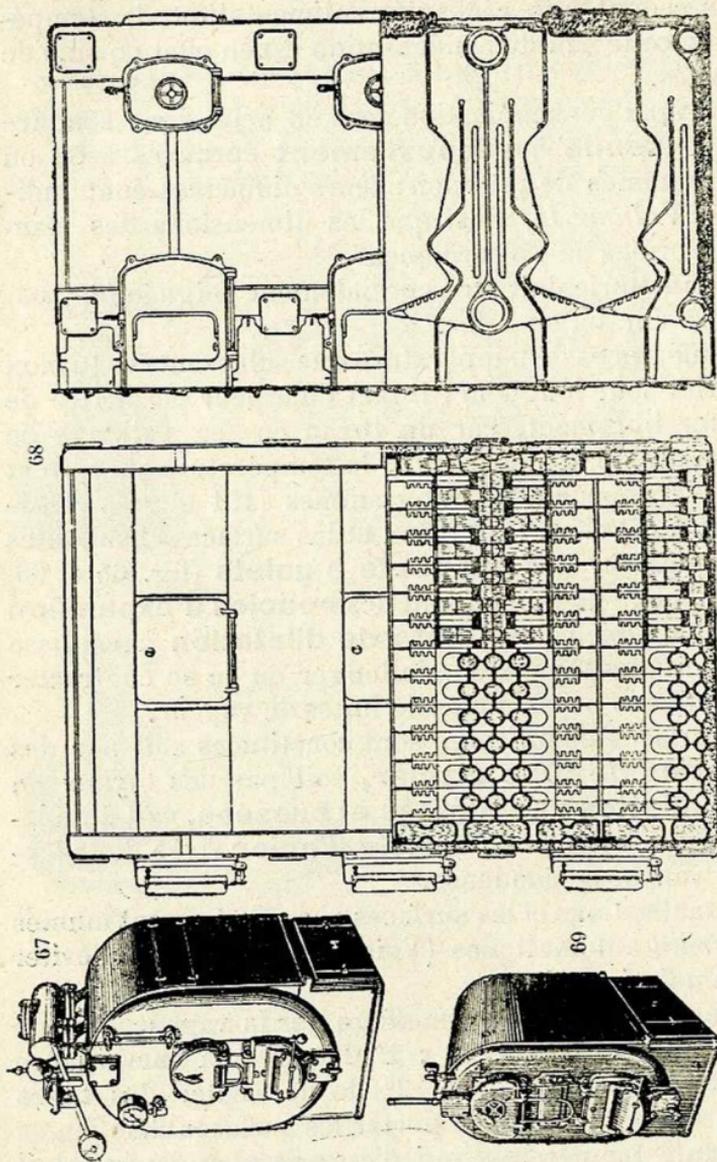


Fig. 67. — Chaudière basse pression. — Fig. 68. — Batterie de 3 chaudières. (Strebel.)
Fig. 69. — Chaudière à eau chaude.

joints des brides se font de préférence avec des rondelles **métallo-plastiques** (cuivre rouge et amiante).



6. **Vapeur à basse pression.** — Dans ce système, nous aurons une **chaudière à feu continu, placée plus bas** que les radiateurs, et produisant de la vapeur à **très faible pression** : généralement 1/20 à 1/10 d'atmosphère. Le réglage du feu est obtenu automatiquement par un régulateur qui ferme la prise d'air du foyer dès que la pression de la vapeur tend à s'élever au-dessus de celle fixée par le constructeur.

La vapeur est conduite dans les surfaces chauffantes par des tubes en fer de la série des tubes à gaz (Voir *Volume II*) : elle se condense et revient en eau à la chaudière par une canalisation intérieure aux radiateurs.

L'organe essentiel est, ici, la chaudière avec son système de réglage, qui comporte un **manomètre**, un **niveau d'eau** et un **régulateur** commandé par la pression de vapeur et agissant sur le registre de tirage du foyer ; deux **sifflets d'alarme** préviennent l'un quand la pression dépasse celle prévue et l'autre quand le niveau d'eau est trop bas ; la figure 67 montre une de ces chaudières et ses accessoires ; elles sont généralement constituées par des **éléments creux** en fonte assemblés par des tringles en fer (fig. 68) (batterie de 3 groupes de chaudières en fonte).

7. **Eau chaude.** — **Le principe** de ce chauffage est une circulation constante d'eau chaude en **thermosiphon** entre la chaudière et les radiateurs.

Cette circulation s'effectue par la différence des densités de l'eau chaude et de l'eau froide, différence suffisante pour produire une circulation active dont la vitesse est en *raison directe de la hauteur des surfaces de radiation par rapport à la chaudière.*

Cette dernière, placée généralement en cave, peut également être disposée sur **le même plan horizontal que les radiateurs**. C'est là un précieux avantage de ce mode de chauffage, et qui en permet avec succès l'application dans le **chauffage des bureaux** et des immeubles non excavés.

L'eau, chauffée à des températures variables, suivant la rigueur du froid, part de la chaudière et est amenée jusqu'aux surfaces de radiation par des tuyaux en fer (voir *Volume II*), constituant la canalisation d'aller, en même temps que l'eau froide, primitivement contenue par ces appareils, est ramenée à la chaudière par une autre canalisation, également en tubes de fer, dite **canalisation de retour**.

Un réservoir placé à la partie supérieure du système

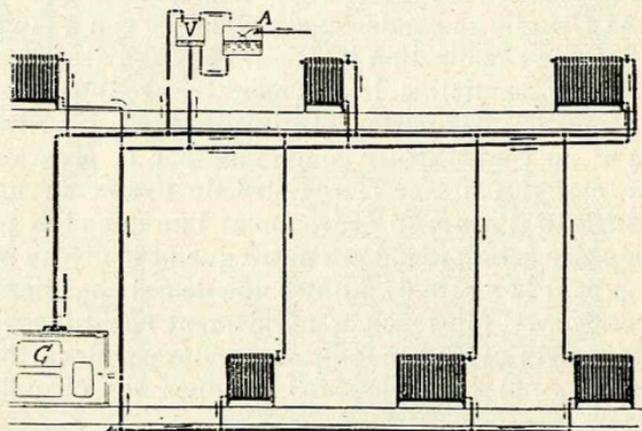


FIG. 70. — Installation de chauffage à eau chaude.

recueille l'expansion ou augmentation de volume que subit l'eau lorsqu'elle s'échauffe (fig. 70).

Dans les très longs circuits d'ateliers, il est quelquefois nécessaire d'activer par une pompe, **placée sur le retour d'eau froide**, la circulation de l'eau.

La figure 69 montre une chaudière à eau chaude; son régulateur de tirage est basé sur un appareil à **dilatation**.

Une chaudière pour chauffage par circulation d'eau chaude en thermo-siphon peut fournir environ 12.000 calories par mètre carré de sa surface de chauffe et par heure; les tableaux ci-dessous donnent les caractéristiques de quelques chaudières de ce genre :

Chaudières *Idéal Classic* de la C^{ie} N^{le} des Radiateurs,
à Paris.

Modèles Nos	Hauteur "E" de la Chaudière	Largeur "A" du Socle	Profondeur " B " du Socle	Surface de Chauffage	Puissance en Calories
	m/m	m/m	m/m	mq	
1	640	360	410	0.50	6.000
2	760	360	410	0.70	8.400
3	860	445	445	1.00	12.000
4	970	445	445	1.40	16.800
5	1.000	543	600	1.90	22.800
6	1.150	543	600	2.40	28.800

La Chaudière n° 1 peut alimenter jusqu'à 3 Radiateurs, soit chauffer en tout 4 pièces; la Chaudière n° 2 : 5 Radiateurs; la Chaudière n° 3 : 7 Radiateurs; la Chaudière n° 4 : 9 Radiateurs; la Chaudière n° 5 : 14 Radiateurs; la Chaudière n° 6 : 19 Radiateurs, donc chauffer 20 pièces.

Fourneaux de cuisine avec chaudière *pour chauffage central* (Ducharme).

Surface de chauffe	Puissance en calories	Cube d'air chauffé	Diamètre des orifices
m. ²		m. ³	m/m
0,85	10.200	200	40/49
1,05	12.600	240	40/49
1,25	15.000	320	50/60
1,45	17.400	400	50/60
1,65	19.800	480	60/70
2,90	34.800	800	60/70

Chauffage par vapeurs ou gaz d'échappement.

— Procédé avantageux par son économie: si la vapeur est insuffisante on la complète par un envoi de vapeur vive détendue.

La pression ne doit pas excéder 0 kg. 150 à 0 kg. 250 pour ne pas créer de contre-pression au cylindre.

On **déshuile** la vapeur en la faisant passer dans un appareil spécial à chicanes (voir *vol. XVII*) et on la reçoit dans un **ballon calorifugé** d'assez grande capacité (10 à 15 fois le volume du cylindre à vapeur), d'où elle est distribuée par des tuyauteries auxquelles on doit donner une section environ double de celles indiquées pour le chauffage à vapeur basse pression.

Si les tuyauteries sont très longues il est nécessaire de mettre, à leur extrémité, une pompe à vide ou un ventilateur aspirant; les eaux de condensation sont évacuées aux points bas de la canalisation par des purgeurs automatiques (*Voir vol. X*) et peuvent resservir à l'alimentation de la chaudière.

Rappelons qu'un cheval-vapeur donne par heure de 13 à 15 kilogrammes de vapeur d'échappement représentant environ 500 calories par kilogramme; ces chiffres servent de base à l'établissement de ce chauffage.

Les **gaz d'échappement** des moteurs thermiques sont un excellent moyen de chauffage, mais ils sont **toxiques** et il faut des canalisations très soignées.

Chauffage par les eaux de condensation. —

Leur température est voisine de 45 degrés à la sortie d'un condenseur par mélange et de 35 degrés dans un condenseur par surface. On peut donc les employer au chauffage à condition de disposer de grandes surfaces radiantés, vu la différence relativement faible entre leur température et celle des locaux à chauffer.

Utilisation des eaux de réfrigération des compresseurs d'air et autres appareils industriels.

— Dans certains cas la température des eaux de réfrigération atteint 70 à 80°, elle est tout indiquée pour le chauffage par radiateurs.

Système Perkins. — **Eau chaude sous pression.** — Dans ce système, qui n'est plus guère employé



aujourd'hui, la chaudière est remplacée par un serpent de très grande longueur, en *tubes d'acier*, entourant tout le foyer. Ces tubes d'acier se prolongent par de petits tubes de 15 à 22 millimètres de diamètre intérieur, formant une conduite montante et une conduite descendante dans tous les locaux à chauffer. Les deux conduites aboutissent, au sommet de l'immeuble, à un **vase d'expansion** entièrement clos et assez solide pour pouvoir supporter une pression de plusieurs atmosphères. L'ensemble des tubes et du vase d'expansion est rempli d'eau. Cette eau s'échauffe donc **au-dessus de 100 degrés**, sans pouvoir se transformer en vapeur; elle circule dans les petits tubes par différence de densité entre la colonne d'eau froide et celle d'eau chaude. Les tubes *Perkins* sont à joint manchonné, très renforcé.

Le système *Perkins* est économique au point de vue du coût de l'installation et de la bonne utilisation du combustible, mais il n'est pas sans danger à cause de la haute pression de l'eau qui est en même temps à très haute température et se transforme en vapeur brûlante à la moindre fuite dans l'installation.

Une condition essentielle du bon fonctionnement est que les tubes aillent toujours en montant *sans contre-pentes* dans la colonne montante et toujours en descendant dans la colonne descendante, et ceci dans chaque circuit de chaleur.

(Voir *Vol. II: Tubes Perkins*).

(Voir : *R. Champly, Encyclopédie du bâtiment et de l'habitation, vol. X*).

Disposition des surfaces de chauffe : Radiation indirecte. Chauffage par colonnes. — Les surfaces de chauffe sont des tuyaux en fonte de 0 m. 50 à 2 mètres de longueur (Voir vol. II), munis de nervures ou ailettes longitudinales, ou en *acier*, jusqu'à 6 mètres de longueur, munis d'*ailettes ondulées* serties sur le tuyau lisse. Ces tuyaux sont disposés verticalement, sur une ou plusieurs rangées suivant l'importance du chauff-

fage, dans des gaines pratiquées lors de la construction du bâtiment, dans l'épaisseur du mur.

Ces gaines qui règnent sur toute la hauteur des pièces à chauffer sont divisées à chaque étage par une cloison horizontale en briques. Entre deux cloisons successives on forme ainsi une chambre de chaleur qu'on fait communiquer à sa partie inférieure avec l'air extérieur, et à sa partie supérieure avec la pièce à chauffer. L'air froid qui entre par le bas de la chambre de chaleur s'échauffe au contact des surfaces de chauffe, et s'élève le long de celles-ci pour s'échapper, ensuite, par la bouche de chaleur, dans la pièce à chauffer.

Chauffage par batteries. — Le chauffage par batteries comprend des tuyaux en fonte à ailettes installés dans des coffres en briques avec une prise d'air extérieure.

L'air froid amené par la ventouse s'échauffe au contact des tuyaux de la batterie et est réparti dans les différentes pièces à chauffer, au moyen de conduits spéciaux ménagés dans les murs, aboutissant à des bouches de chaleur qu'on peut, à volonté, ouvrir et fermer.

La circulation de l'air se fait naturellement dans ces conduits à la faveur de la différence qui existe entre la densité de l'air froid amené sur les tuyaux à ailettes et la densité de l'air chauffé par son passage dans la batterie.

Chauffage par radiateurs. — Ce système est le meilleur et le plus économique comme installation et comme entretien. L'utilisation de la chaleur dégagée par le foyer du générateur est ici complète, car il n'y a aucune perte dans les gaines, et aucune chaleur inutilisée. Ce mode de chauffage ne donne ni poussière, ni odeur; les surfaces de chauffe sont laissées apparentes dans les pièces sous forme de radiateurs auxquels on peut donner un aspect décoratif.

Les radiateurs sont reliés aux colonnes montantes distribuant l'eau chaude ou la vapeur au moyen de robinets

LE CHAUFFAGE

en bronze permettant le réglage de la température, ils sont constitués : dans les ateliers, par des **tuyaux à ailettes**, placés horizontalement sur les planchers ou par des tuyaux sous les plafonds, avec des conduites

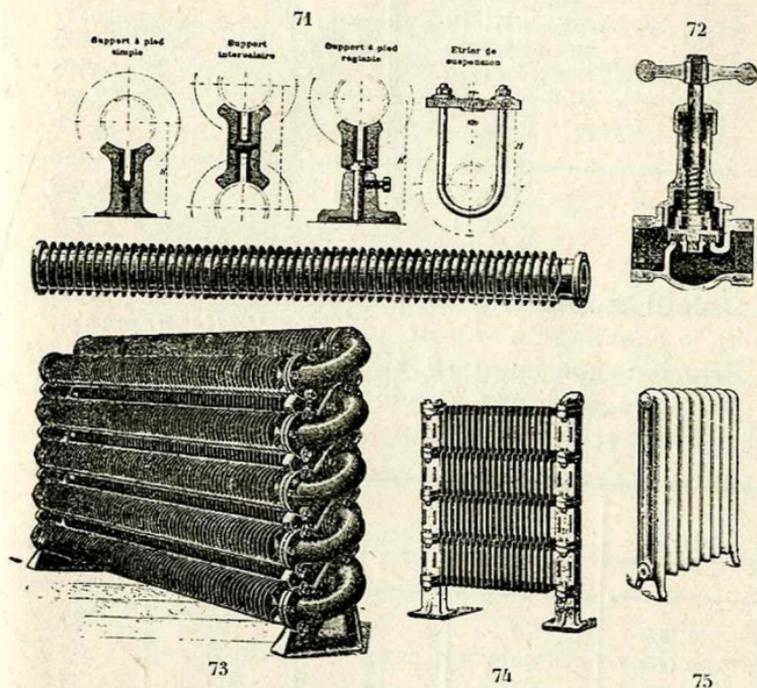


FIG. 71. — Tuyau à ailettes et ses supports.

FIG. 72. — Robinet d'arrêt basse pression.

FIG. 73. — Batterie de tuyaux à ailettes.

FIG. 74. — Radiateur à ailettes.

FIG. 75. — Radiateur de bureau.

verticales, ce dernier dispositif étant moins avantageux au point de vue de l'utilisation de la chaleur, ou par des **batteries de tuyaux à ailettes** (fig. 73) ; dans les bureaux on met des radiateurs en fonte sans ailettes (fig. 75). Nous avons indiqué au *volume II*, les **surfaces radiantes** des tuyaux à ailettes de divers diamètres.

Renseignements divers. — Sections des tubes en fer pour chauffage central.

Diamètre intérieur	Section en cm ²	Diamètre intérieur	Section en cm ²
12.....	1,1310	66.....	34,212
15.....	1,7610	72.....	40,715
20.....	3,1416	80.....	50,265
26.....	5,3093	90.....	63,617
33.....	8,5530	100.....	78,540
40.....	12,566	102.....	81,713
50.....	19,635	110.....	95,033
60.....	28,274	120.....	113,097

Calcul approché des tuyauteries à employer pour le chauffage à vapeur (d'après *M. Beurienne*).

Pression supérieure à 6 kilos à la chaudière :

Diamètre intérieur à adopter suivant distance aux chaudières :

Calories	DISTANCE			
	50 m.	100 m.	150 m.	200 m.
40.000	20	20	20	20
80.000	20	26	26	33
120.000	26	33	33	33
160.000	33	33	33	40
200.000	33	33	40	40
240.000	33	40	40	50
280.000	33	40	50	50
320.000	40	40	50	50

Pour les retours à la bache alimentaire, employer les mêmes diamètres.

Pour le chauffage à **vapeur basse pression**, on multipliera ces chiffres par 1,5 et, pour le chauffage à **l'eau chaude**, on les multipliera par 2.

1° Calories transmises par les surfaces de chauffe.

SURFACES de CHAUFFE	CALORIES Fournies par 1 m ² de surface de chauffe et par heure. TEMPÉRATURE AMBIANTE : 18°	
	EAU CHAUDE à 70°	VAPEUR à 100°
	RADIATEURS.....	500	700
TUYAUX à AILETTES.	330	470
TUYAUX LISSES.....	600	800

2° Diamètres des canalisations d'eau chaude.

— Installation de plusieurs étages. Applicables si les colonnes montantes ne sont pas à plus de 30 mètres de la chaudière. (Comptés le long des tuyauteries horizontales.)

HAUT ^r du RADIATEUR au-dessus de la chaud ^r . prise de milieu à milieu.	DIAMÈTRES INTÉRIEURS DES TUYAUX :						
	12/17	15/21	20/27	26/34	33/42	40/49	50/60
Mètres	CALORIES pouvant être transportées par heure.						
1,00	300	530	1.105	1.650	2.950	6.500	10.500
1,50	360	650	1.355	2.500	4.500	7.900	12.900
2,00	420	750	1.555	2.810	5.200	8.650	14.900
2,50	470	840	1.745	3.150	5.800	9.500	16.600
3,00	520	920	1.915	3.460	6.380	10.600	18.150
3,50	560	990	2.065	3.740	6.930	11.450	19.800
4,00	600	1.060	2.240	4.080	7.360	12.200	20.900
4,50	640	1.120	2.345	4.250	7.800	13.050	22.200
5,00	680	1.190	2.465	4.450	8.200	13.750	23.300

HAUT ^r du RADIATEUR au-dessus de la chaud ^{re} , prise de milieu à milieu.	DIAMÈTRES INTÉRIEURS DES TUYAUX :						
	12/17	15/21	20/27	26/34	33/42	40/49	50/60
Mètres	CALORIES pouvant être transportées par heure.						
6,00	720	1.270	2.690	4.900	9.000	15.000	25.700
7,00	800	1.410	2.930	5.300	9.700	16.050	27.800
8,00	850	1.500	3.140	5.700	10.400	17.200	29.600
9,00	900	1.600	3.380	6.150	11.000	18.300	31.500
10,00	950	1.670	3.680	6.300	11.550	19.200	33.200
12,00	1.010	1.830	3.930	6.900	12.700	21.300	36.500
14,00	1.120	1.980	4.140	7.500	13.700	23.000	39.200
16,00	1.200	2.120	4.440	8.000	14.600	24.500	42.000
18,00	1.270	2.245	4.485	8.500	15.500	25.800	44.500
20,00	1.340	2.370	4.950	8.950	16.400	27.100	47.000

3° Diamètres des canalisations de vapeur.

DÉPARTS								
(Chauffage à deux tuyaux à air libre ou circuit fermé).								
Pression de marche : 80 grammes.								
Arrivée au dernier radiateur : 25 grammes. Perte : 550 m/m.								
DISTANCES	DIAMÈTRES INTÉRIEURS DES TUYAUX :							
	12/17	15/21	20/27	26/34	33/42	40/49	50/60	60/70
Mètres	CALORIES pouvant être transportées par heure.							
5	2.425	4.250	8.600	19.000	32.250	48.000	84.000	132.500
10	1.725	3.000	6.000	14.250	21.250	31.000	59.000	95.000
15	1.400	2.450	4.925	9.500	17.250	27.750	48.500	76.000
20	1.200	2.100	4.250	8.250	15.000	24.000	42.000	66.000
25	1.075	1.900	3.850	7.400	13.500	21.500	37.500	59.000
30	975	1.700	3.450	6.650	12.000	19.500	33.500	54.000
35	900	1.600	3.200	6.200	11.250	18.100	31.000	50.000
40	850	1.500	3.000	5.800	10.500	17.000	29.500	46.500
45	800	1.425	2.850	5.500	10.000	16.000	28.000	44.250
50	775	1.350	2.750	5.250	9.500	15.500	27.000	42.500

Chauffage de plain-pied. — Retour au plancher.

— Ces quantités de calories transportées à partir de la chaudière sont données pour un départ vertical allant directement au vase d'expansion sur lequel sont prises les conduites maîtresses.

LONGUEURS en mètres. Départs et retours additionnés.	DIAMÈTRES :						
	12/17	15/21	20/27	26/34	33/42	40/49	50/60
	CALORIES pouvant être transportées par heure.						
5	600	1.000	2.175	4.000	7.200	12.000	19.300
10	470	750	1.590	2.900	5.050	8.400	14.700
15	380	570	1.305	2.400	4.100	7.100	11.800
20	300	530	1.105	2.000	3.650	5.950	10.500
30	260	400	870	1.600	3.000	4.800	8.600
40	210	350	780	1.450	2.500	4.200	7.500
60	170	220	580	1.150	2.000	3.500	6.000
80	150	200	515	1.000	1.750	3.000	5.200
100	130	180	450	860	1.000	2.700	4.750

Chauffage de plain-pied. — Retour au plafond.

— Pour les retours au plafond, prendre la section immédiatement supérieure à celle trouvée pour chaque radiateur, avec le retour au plancher.

Calories transmises par les tuyaux à l'air ambiant. Chauffage à vapeur sous pression.

Pression de la vapeur.	Calories par kg. de vapeur.	Calories transmises par m ² de surface des tuyaux	
		lisses.	à ailettes.
1,2	540	1.098	640
1	543	1.201	700
2	547	1.350	787
3	550	1.464	854
4	552	1.556	907
5	554	1.636	954
6	556	1.705	994
7	558	1.773	1.034
8	560	1.830	1.067
9	561	1.876	1.094
10	562	1.922	1.921
11	563	1.968	1.147
12	565	2.013	1.174

Chauffage à l'eau chaude.

L'eau chaude contient **1 calorie** par degré et par litre ;

1 m² de tuyau à ailettes transmet 450 calories,
1 m² de tuyau lisse transmet 315 calories,

l'eau étant supposée à la température moyenne de 80°.

Chaleur spécifique de l'air. — La quantité de chaleur nécessaire pour élever **d'un degré** la température de l'air est :

	à pression constante	à volume constant
par kilogramme entre 0 et 200°.....	0,24	0,172
par mètre cube à 15° et 1 atm.....	0,286	0,204



ces chiffres permettent de calculer le nombre de calories à fournir à une quantité d'air pour la porter à la température désirée; on prend généralement pour ce calcul la chaleur spécifique de l'air égale à 0,238 calories par mètre cube.

La chaleur perdue par l'air de ventilation est

$$C = V \times 1,293 \times 0,238 (t - \theta) = V \times 0,307 (t - \theta) :$$

C étant la quantité de calories perdues par heure.

V le volume d'air passant de l'intérieur à l'extérieur par heure, $t - \theta$ la différence de température entre l'air intérieur et l'air extérieur.

Gaz, pétrole, électricité. — Le chauffage par calorifères à **gaz pauvre** ou à **gaz de fours à coke** peut être utilisé dans les ateliers en évacuant dans une cheminée les produits de la combustion. Le chauffage par **calorifères à pétrole** ne peut être envisagé que dans les pays où ce combustible est à bas prix, ce qui n'est pas le cas en France, et avec évacuation des fumées au dehors. Le chauffage **électrique** est indiqué si l'énergie est fournie à bas prix par une chute d'eau; la **quantité Q** de chaleur dégagée pendant l'unité de temps est donnée

par la formule $Q = \frac{RI^2}{9.81 \times 425}$, R étant la résistance

du conducteur en ohms et I l'intensité du courant en ampères; on fait les **résistances chauffantes** en plaques de **fonte spéciale, pour rhéostats** ou en petits fils de **ferro-nickel**; on emploie aussi des chaudières dont l'eau est chauffée par des résistances électriques (*Sté Oerlikon*) (Voir *Technique Moderne*, 1925, page 661.)

CHAPITRE XI

LA VENTILATION

Pour que les locaux soient dans de bonnes conditions de salubrité, il faut évacuer et introduire **par heure et par personne** les occupant : 15 à 20 mètres cubes d'air dans les **bureaux** et **magasins**, 30 mètres cubes dans les **chambres à coucher**, 60 mètres cubes dans les ateliers ordinaires, 100 mètres cubes dans les ateliers où se produisent les émanations insalubres et 160 mètres cubes par animal dans les écuries à chevaux ou bœufs.

D'après la *C^{ie} Sturtevant*, le renouvellement d'air pour différentes sortes de salles doit être fait ainsi :

Genre de la salle.	Nombre de fois que l'air devrait être renouvelé par heure.
—	—
Bureaux.....	4—5
Lavabos, water-closets.....	12—15
Ateliers de machines.....	2—4
Salle de machines dans une papeterie.....	5—8
Filatures de coton.....	3—4
Salles de réunions.....	4—6
Fumoirs.....	15—30
Ateliers d'enduisage des ailes d'aéroplanes.....	30

Le décret du 10 mars 1894 fixe les obligations à cet égard :

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 des 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 vapeurs de mercure, de sulfure de carbone, la ventilation aura lieu *per 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'embarillage 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. 9 — Pendant les interruptions de travail pour les repas, les ateliers seront évacués et l'air en sera entièrement renouvelé.

(Voir le chapitre *Aspiration des poussières.*)

La ventilation peut se faire **naturellement** par différence de densité entre l'air chaud de l'atelier et l'air froid de l'extérieur : c'est la ventilation **per ascensum**; elle peut être activée par des **cheminées d'appel** ou des **ventilateurs**. La ventilation **artificielle** se fait par appel d'air ou par apport d'air; en ce dernier cas elle peut être combinée avec le chauffage et l'humidification de l'atmosphère (**système Plenum**); elle peut être **ascendante**, ce qui est le cas le plus fréquent, ou **descendante** dans le cas de vapeurs lourdes, conformément au décret ci-dessus.

Ventilation naturelle. — L'air du dehors entre par les portes ou par des bouches convenablement réparties

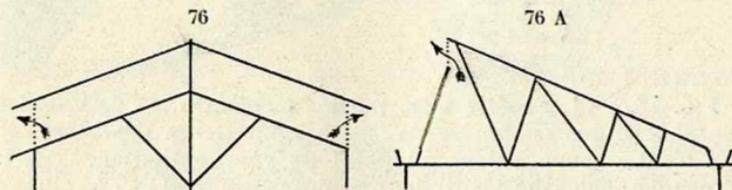


FIG. 76. — Ventilation naturelle.

au niveau ou sous le plancher; ces bouches ne doivent pas être dans les jambes des ouvriers qui auraient ainsi

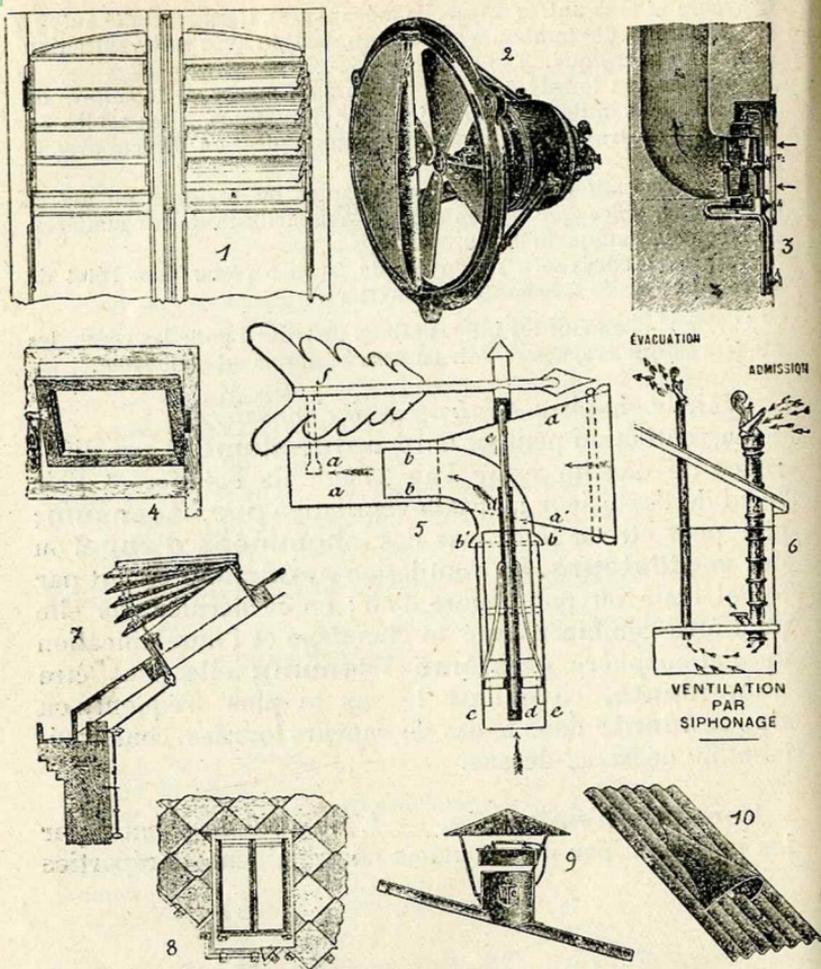


FIG. 77. — 1. Fenêtre avec parties ouvrantes. — 2. Ventilateur mural à ne pas confondre avec les ventilateurs *déplaceurs d'air* qui n'ont aucune valeur au point de vue ventilation. — 3. Cheminée d'appel avec ventilateur aspirant-soufflant. — 4. Châssis à bascule pour mur ou sous lanterneau. — 5. Appareil aspirant Rebolledo. — 6. Appareils Cigogne. — 7. Cheminée d'aération avec toiture. — 8. Châssis à tabatière. — 9. Châssis Gaspard sur chapeau et bouchon d'arrêt. — 10. Chatière sur tôles ondulées; il existe des tuiles à chatière se raccordant avec les tuiles ordinaires.

froid aux pieds; l'air vicié s'échappe par des **ouvertures réglables** placées **sous les lanterneaux** (fig. 76), au-dessus des vitrages des **theeds** (fig. 76 A), ou par des **châssis ouvrants** installés à 2^m,50 au moins de hauteur dans les murs; les ouvertures sous la toiture sont préférables. Les poêles et cheminées activent la ventilation

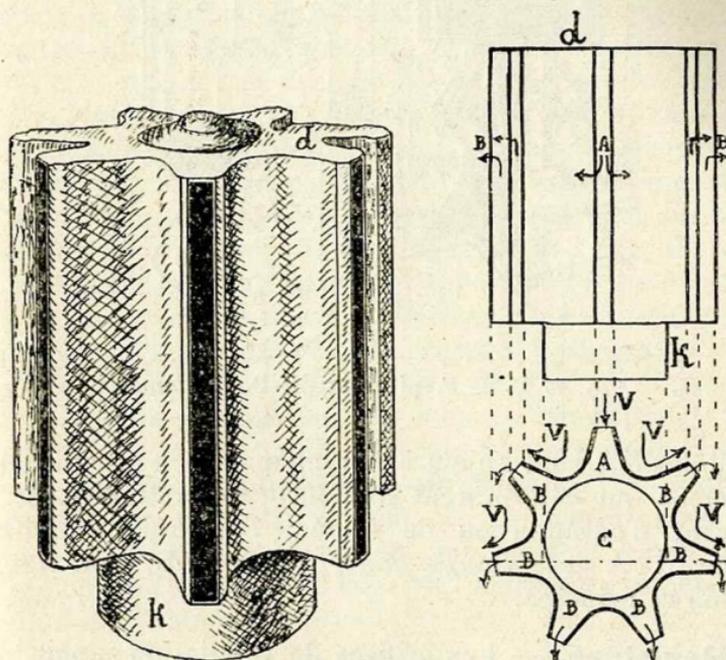


FIG. 77 A. — Aspiration Chanard.

qui peut aussi être faite par des **cheminées d'appel** avec bec de gaz intérieur ou ventilateur pour activer le tirage (fig. 77-3); en mettant, au sommet de ces cheminées, des girouettes avec cône déflecteur ou aspirateur on augmente considérablement leur action: la figure 77-5, montre l'appareil aspirateur **Rebolledo** et la figure 77-6, l'appareil la **Cigogne** qui peut être aspirateur ou refouleur selon la position de l'aile soumise au vent; on voit (fig. 77-7, 8, 9 et 10), les appareils les plus

usuels de ventilation naturelle. Le chauffage doit, bien entendu, être fait à la base du local.

La vitesse du vent peut être employée, sans dispositifs

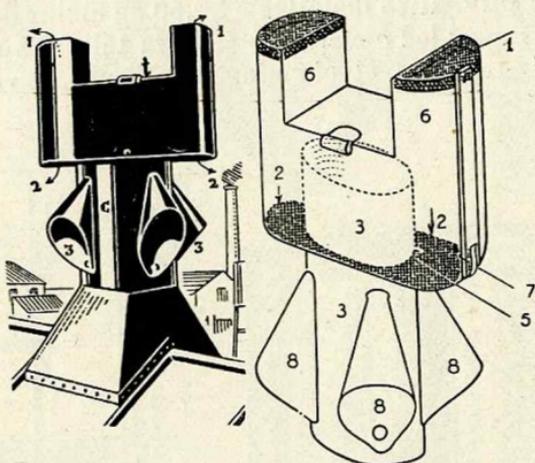


FIG. 77 B. — Aspirateur dit Bouffe-fumée.

mobiles qui sont sujets à dérangements, à produire des *remous* qui déterminent une forte aspiration dans les tuyaux d'aération ou de fumée; l'appareil *Chanard*, figure 77 A et le *Bouffe-fumée*, figure 77 B, sont établis selon ce principe.

Registres. — Les orifices de ventilation seront toujours munis de portes ou registres réglables permettant de modifier les entrées et sorties d'air selon les conditions atmosphériques (vent et température).

Ventilation artificielle ou forcée. — Se fait, au moyen de ventilateurs, par aspiration de l'air vicié ou par soufflage d'air pris à l'extérieur dans un endroit convenablement choisi pour que l'air soit aussi pur et exempt de poussière que possible; si l'on combine l'aspiration de l'air vicié avec l'apport d'air pur on est dans les meilleures conditions.



Dans les ateliers et locaux ordinaires on fait l'appel d'air vicié par en haut et l'apport d'air pur par en bas ; mais si l'atelier est empli de **vapeurs lourdes** on fait l'appel d'air pur en haut et l'évacuation d'air vicié en bas.

Le calcul des ventilateurs (voir *volume XIV*) se fait de manière qu'ils fournissent les quantités d'air que nous avons indiquées plus haut ; il est nécessaire de faire les appels ou apports d'air en nombreux points convenablement choisis et espacés et non en un seul point, ce qui peut être obtenu soit avec un certain nombre de ventilateurs, soit avec un seul alimentant un réseau de canalisations calculées de telle sorte que la perte de charge de l'air soit la même quelle que soit la longueur des rameaux.

Le **Plenum System** a pour but de résoudre simultanément les problèmes du chauffage et de la ventilation.

Son principe consiste dans l'apport et la distribution des *calories* ou *frigories* à l'intérieur des locaux à traiter au moyen d'air préalablement préparé. Cette préparation se réalise dans des appareils placés dans le voisinage immédiat du ventilateur qui met en mouvement l'air nécessaire à la ventilation générale. **Une seule installation assure le chauffage en hiver et le rafraîchissement en été.** Il suffit de ne mettre en service que l'appareil de préparation qui convient au résultat que l'on veut obtenir, en laissant l'autre hors circuit.

Son installation comprend :

1° **Un ventilateur** débitant le volume d'air reconnu nécessaire par le calcul.

2° **Les appareils de préparation qui comprennent :**

pour le chauffage :

Un calorifère ou *aérocondenseur*, alimenté par de la vapeur à une pression quelconque, même de la vapeur d'échappement libre d'une machine à vapeur, ou par des gaz chauds ou par des eaux chaudes récupérées.

Dans le cas d'alimentation par vapeur, on prévoit :

Un purgeur automatique qui règle l'évacuation de l'eau provenant de la condensation de la vapeur dans le calorifère.

Une pompe automatique alimentaire à vapeur avec réservoir collecteur de purges qui reçoit l'eau provenant du purgeur et la refoule dans la chaudière.

pour le rafraîchissement :

Un **système de tuyères** incorporant l'eau de **rafraîchissement** à l'air de ventilation en la pulvérisant finement à l'état de brouillard (**humidification**).

Un **appareil éliminateur** destiné à arrêter les gouttelettes d'eau qui auraient pu être entraînées par l'air, de telle sorte que celui-ci, à la sortie de l'appareil, ne contienne d'eau que sous la forme de vapeur.

Éventuellement un **appareil de filtrage d'air** destiné à le débarrasser des poussières atmosphériques.

3° Un **système de conduites** destinées à distribuer l'air en proportions établies par le calcul, dans les différentes régions des locaux à chauffer.

Les avantages du **Plenum System** sont : la suppression de tous appareils de chauffage, la distribution de l'air chaud ou rafraîchi dans tous les recoins des locaux et la centralisation de la production et de la distribution d'air et de chaleur.

La supériorité du système de chauffage par insufflation d'air chaud se fait surtout sentir dans les locaux industriels de grande hauteur, tels que halls des grands ateliers de constructions mécaniques. Dans ces locaux, les anciens appareils de chauffage fixes, tels que poêles ou radiateurs, n'ont que peu d'effet. Il se forme au-dessus d'eux une colonne d'air chaud qui monte directement vers la toiture, le bâtiment faisant l'effet d'une cheminée en raison de sa grande hauteur, tandis qu'à une faible distance sur le sol, on ne sent presque plus leur action.

Le système *Plenum*, au contraire, permet d'apporter les calories nécessaires en tous les points de la zone

habitée par les ouvriers, grâce à la distribution de l'air par manches descendantes s'arrêtant à 50 centimètres du sol; l'air qui en sort animé d'une certaine vitesse se répand en nappe horizontale. Une disposition judicieuse des manches de distribution permet d'influencer uniformément toute la zone habitée.

Dans les ateliers de **peinture**, l'apport d'air chaud active le séchage et maintient une atmosphère respirable.

Conduites d'air. — Pour les usines, les conduites se font de préférence en tôle galvanisée, mais elles se

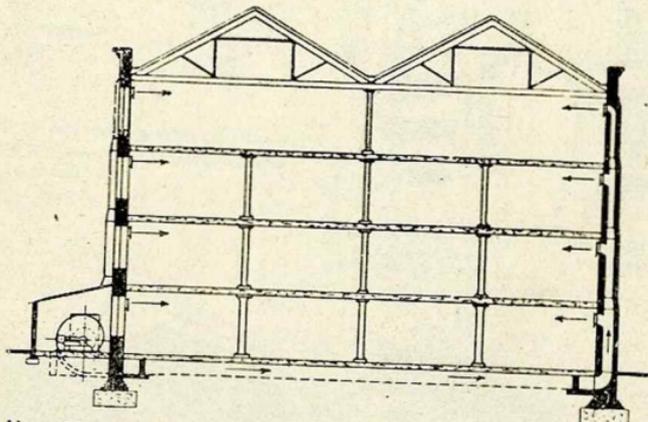


FIG. 78. — Conduites d'air et bouches dans les murs.

font également en briques, terre cuite, ciment armé ou en bois. La canalisation d'air est pourvue de registres et de vannes de changement de direction s'il y a lieu, et de registres de réglage aux bouches d'émission. Dans le **système à deux gaines**, les bouches sont pourvues de registres réglables, permettant de mélanger l'air chaud et l'air froid dans les proportions voulues.

Dans les **usines neuves**, on fait les conduites en souterrain ou dans l'épaisseur des murs; les figures 78 et 79 en montrent les exemples (*Sturtevant*); lorsque la

conduite doit passer en souterrain, on l'établit toujours en

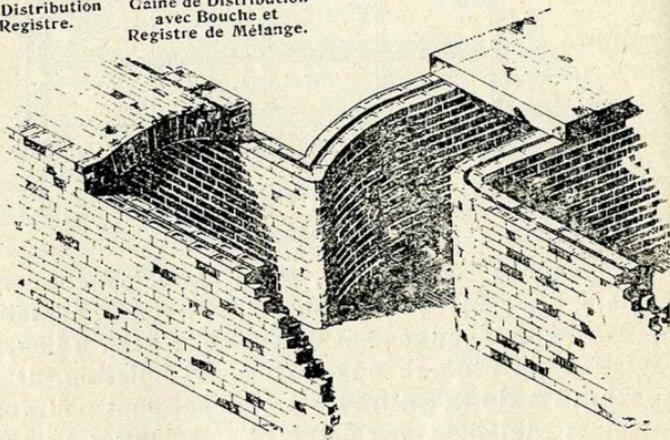
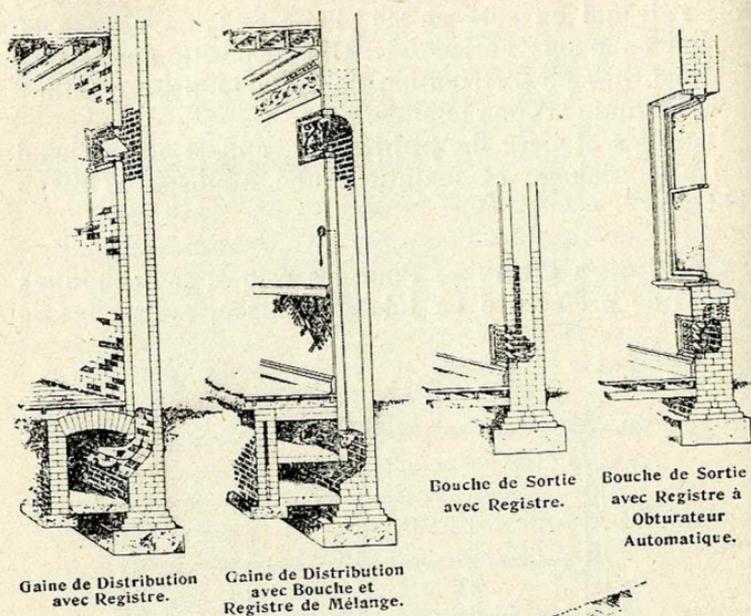


FIG. 79. — Conduites d'air en souterrain et dans les murs, détails de construction.

maçonnerie. La surface interne d'une conduite en maçon-

neric doit être enduite au ciment pour présenter une surface lisse; en vue d'éviter les déperditions, il est recommandé de constituer les parois au moyen de deux murettes en briques ou en ciment, séparées l'une de l'autre par un intervalle de quelques centimètres formant isolant.

Évacuation des buées. — 1° Méthode par aspiration. — Les appareils dégageant des buées ou vapeurs

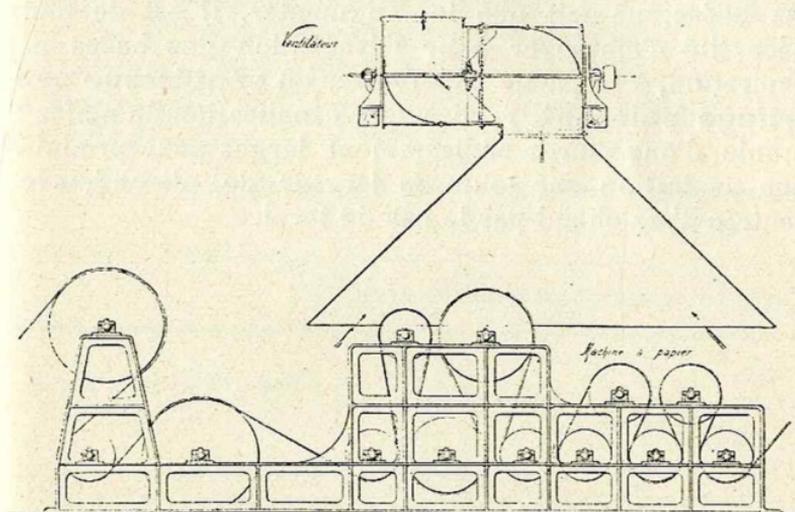


FIG. 80. — Aspiration des buées d'une machine à papier.

sont munis de hottes d'aspiration semblables à celles employées pour l'évacuation des fumées et disposées d'une façon analogue (fig. 80). Ce système est suffisant dans certains cas, mais lorsque la production des buées ou vapeurs est trop intense et surtout trop généralisée, ou lorsque le dispositif même des appareils ne se prête pas à l'emploi des hottes d'aspiration, il y a lieu de recourir à la méthode ci-après.

2° Méthode par insufflation. — La buée n'étant en somme que le produit de la condensation de l'excès

de vapeur d'eau qui ne peut être absorbée par l'air déjà saturé d'humidité, il suffit d'injecter dans une atmosphère chargée de vapeurs, de l'air suffisamment chaud et sec pour voir cette buée se dissiper et disparaître.

Nota : les ventilateurs à hélice employés en général pour aspirer les buées à la partie supérieure des bâtiments sont absolument inefficaces et donnent lieu, sous l'influence de certaines perturbations atmosphériques, à des rentrées d'air froid se faisant de haut en bas, ce qui, loin d'atténuer les buées, ne fait que les augmenter. Il est de toute nécessité d'employer pour l'évacuation des buées par aspiration, à la partie supérieure, un **ventilateur centrifuge puissant**, relié à une canalisation de plafond, munie d'ouvertures suffisamment larges pour produire une aspiration sur toute la largeur de plafond, avec rentrée d'air chaud par le bas du local.

CHAPITRE XII

HUMIDIFICATION

Dans certaines industries, la filature et le tissage, par exemple, il est nécessaire de maintenir l'air des ateliers à un certain degré d'humidité pour permettre le travail des matières qui, sans cela deviennent cassantes; le tableau ci-après indique les degrés hygrométriques pour ces industries :

DESTINATION DES SALLES	EXTÉRIEUR		INTÉRIEUR	
	Température	Degré hyg.	Température	Degré hyg.
Préparation pour : coton, laine, etc.	30	60	33	60
	25	60	29	60
	20	70	26	60
Filature de coton, prépa- rations et filature de lin, filature de jute et soie. .	30	60	32	70
	25	60	28	70
	20	70	26	70
Tissage de coton, laine. .			26	70
Filature de laine, soie, jute. Tissage de coton, lin, jute, soie, laine.	30	60	31	80
	25	60	27	80
	20	70	26	80
Filature de laine.	30	60	30	90
	25	60	27	90
	20	70	24	90

D'autre part, l'industriel reçoit une matière brute contenant une certaine quantité d'eau de constitution; s'il livre un produit fabriqué trop desséché, ce produit absorbe ensuite l'humidité qui lui est normalement

nécessaire et le vendeur, s'il vend au poids, perd beau-

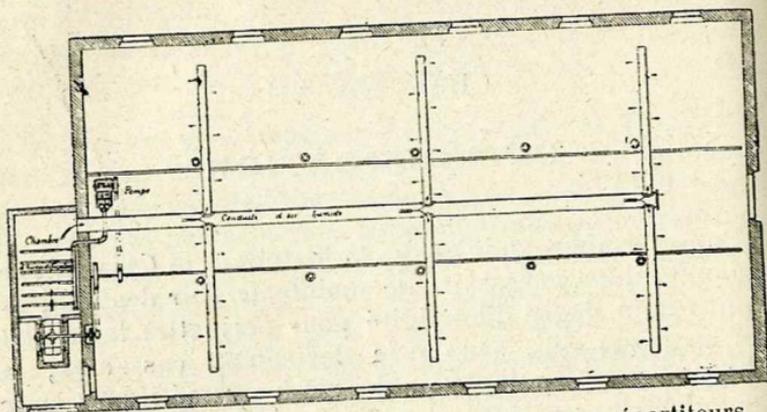


FIG. 81. — Chambre d'humidification et tuyaux répartiteurs.

coup; c'est ainsi que le **coton brut** contient 7 à 12 %

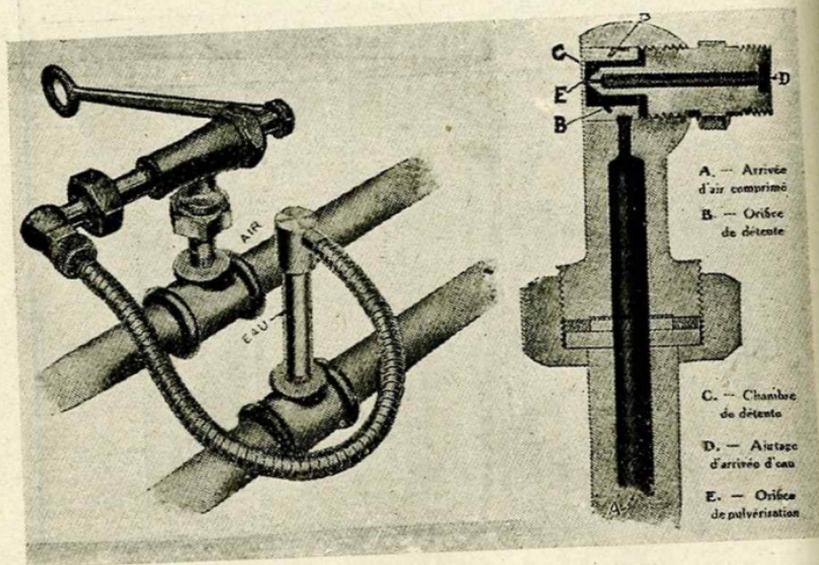


FIG. 82 et 83. — Pulvérisateur Ingersoll.

d'eau qui est évaporée pendant les opérations de trans-
formation.

En achetant le coton 2 fr. 10 la perte est de 43 francs par balle (matière brute).

En achetant le coton 2 fr. 80 la perte est de 57 francs par balle (matière brute).

En achetant le coton 3 fr. 50 la perte est de 72 francs par balle (matière brute).

Une humidification ordinaire permet de récupérer une

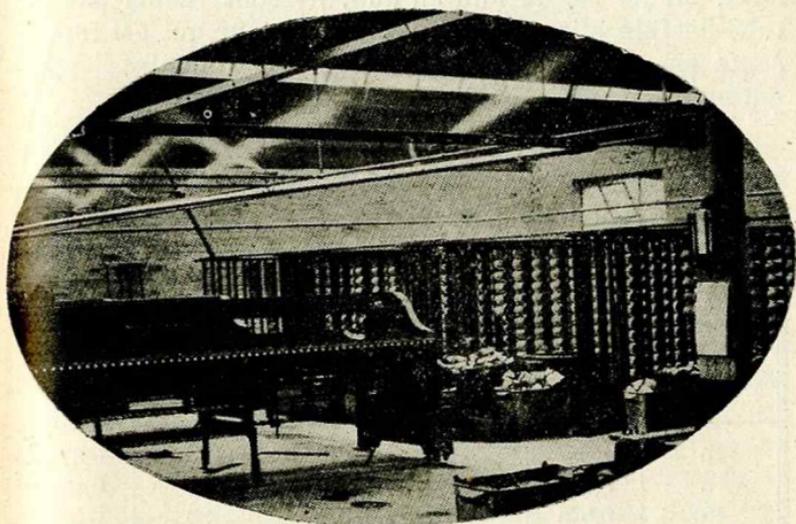


FIG. 84. — Humidification dans une filature.

partie de cette perte, mais une humidification bien établie fera récupérer la **totalité**, en redonnant à la matière, progressivement, le pourcentage d'eau nécessaire pour arriver, à fin de travail, au poids accepté par le conditionnement.

Ce cas se présente dans beaucoup d'industries.

L'**humidification** peut se faire, comme il a été dit ci-dessus (**système Plenum**) en pulvérisant l'eau dans l'air à sa sortie d'un ventilateur fournissant tous les ateliers; on peut aussi faire passer cet air dans une **chambre d'humidification** (fig. 81), d'où il est réparti par des **conduites suspendues aux plafonds** dans

les divers ateliers; mais l'eau, pour se vaporiser, absorbe environ 500 calories par kilogramme, d'où nécessité de réchauffer d'abord l'air, en hiver surtout (*Sturtevant, Farcot fils, etc.*).

Un autre procédé consiste à pulvériser l'eau dans de l'air comprimé; la figure 82 montre le dispositif dit **turbo-humidifieur** de la C^{ie} *Ingersoll Rand* : l'air comprimé et l'eau sont distribués par deux tuyaux parallèles, en fer et, de loin en loin, ils sont réunis par un tube flexible alimentant un pulvérisateur qui est représenté en coupe figure 83; la figure 84 montre l'application de ce système dans un atelier de filature.

Renseignements hygrométriques. — Table de **Gay-Lussac** donnant l'état hygrométrique ou humidité relative à la température de 10° centigrades selon les degrés indiqués par l'**hygromètre à cheveu** de Sausure :

Degrés de l'hygromètre	Humidité relative	Degrés de l'hygromètre	Humidité relative	Degrés de l'hygromètre	Humidité relative
0	0	35	0,177	70	0,472
5	0,022	40	0,208	75	0,538
10	0,046	45	0,241	80	0,612
15	0,070	50	0,274	85	0,696
20	0,094	55	0,318	90	0,791
25	0,120	60	0,363	95	0,891
30	0,148	65	0,414	100	1,000

Le poids de vapeur d'eau contenue dans un mètre cube d'air est donné par la formule

$$P = 1.293 \times \frac{h}{0.76} \times \frac{0.622}{0.00367 t}$$

h étant la tension réelle de la vapeur d'eau à la température t et t la température de l'air (les pressions absolues de la vapeur d'eau sont données au volume XVII, 2^e Partie, chapitre 1^{er}).

CHAPITRE XIII

ASPIRATION DES POUSSIÈRES, SCIURES, DÉCHETS DE BOIS

Les **meules d'émeri**, les **tourets à polir** et toutes machines-outils à **bois** dégagent des poussières nuisibles à la santé des ouvriers et à la propreté des machines et des ateliers; dans le cas des **poussières de bois** et autres matières combustibles, ces poussières sont un risque d'incendie, car le feu y prend et s'y propage facilement.

La figure 85 montre un plan d'installation pour l'*évacuation automatique* des poussières, sciures et copeaux qui sont aspirés, à chaque machine, par des espèces de **ventouses** en forme d'entonnoir (fig. 87 et 88); les tuyaux en tôle galvanisée sont semblables à des tuyaux de poêle, avec coudes très larges; mais les rivures ou jonctions des tôles doivent être parfaitement **soudées étanches**, afin que l'aspiration d'air se fasse seulement par les ventouses et entraîne sciures, copeaux et petits déchets de bois, sans déperdition dans le cours du trajet.

Chaque ventouse est munie d'une **vanne** à coulisse ou d'un *papillon* en tôle (fig. 89-5-6 et 7) que l'ouvrier n'ouvre que lorsque la machine-outil travaille. Les tuyaux, qui desservent chaque machine, ayant seulement 7 à 8 centimètres de diamètre, se réunissent par des coudes, arrondis dans le sens de l'aspiration, **au tuyau collecteur** qui peut être placé au plafond de l'atelier, ou au sous-sol, ou dans un caniveau à fleur du sol (fig. 86).

Dans le plan (fig. 85), le **tuyau collecteur** débute à 7 centimètres de diamètre pour avoir successivement 10,

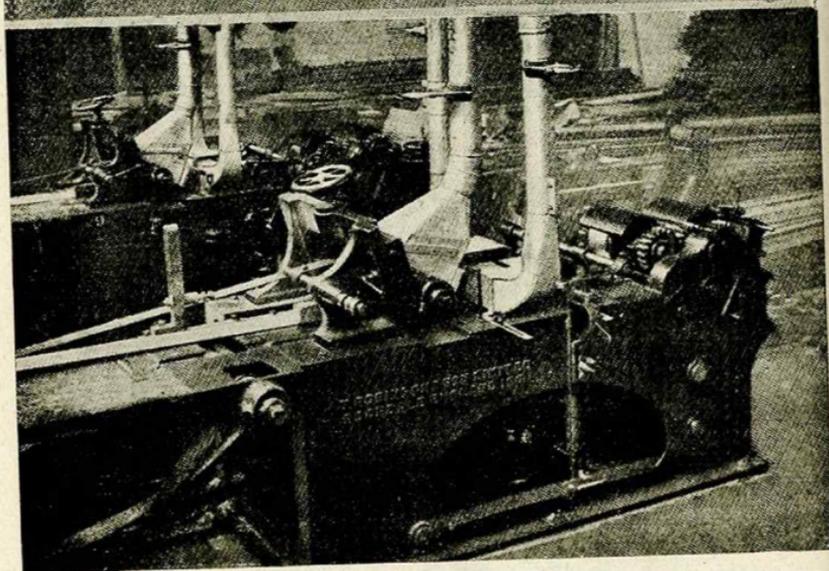
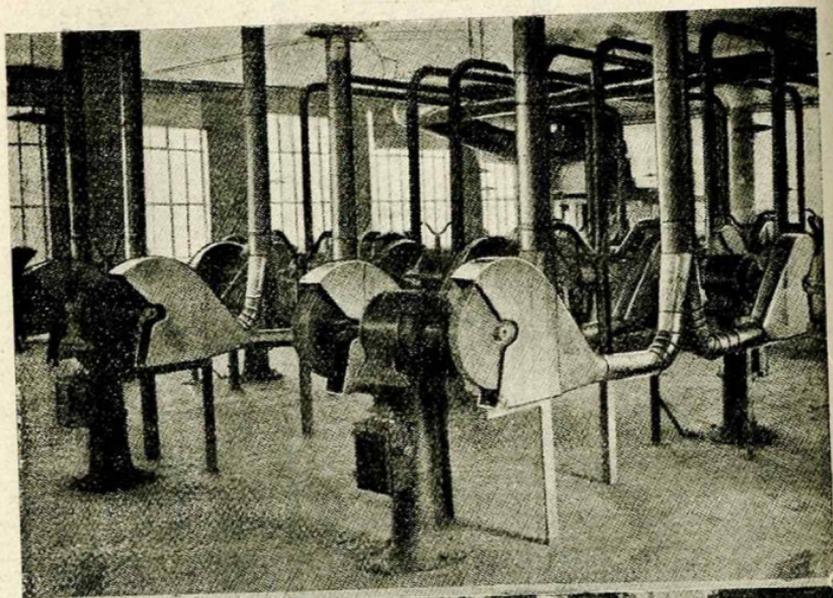


FIG. 87. — Aspiration des poussières des meules.
FIG. 88. — Aspiration des copeaux des raboteuses.

12, 14, 16 et 18 centimètres de diamètre, de façon à présenter une section suffisante pour la circulation facile

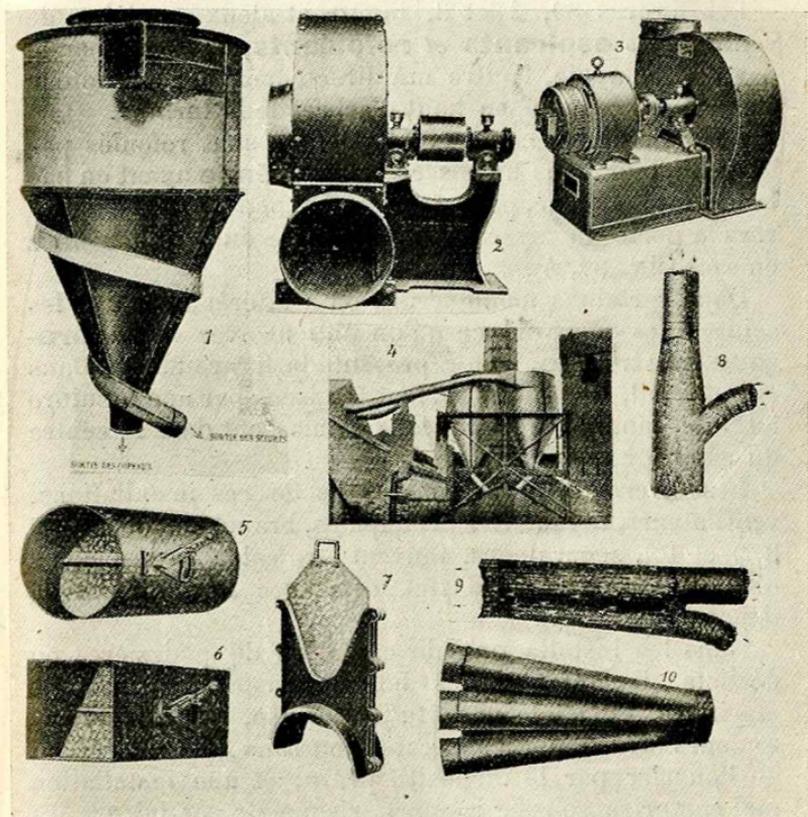


FIG. 89. — 1. Séparateur centrifuge. (Robert.) — 2. Ventilateur aspirant et refoulant mû par courroie. — 3. Le même mû par moteur électrique. — 4. Collecteurs séparateurs au dessus d'une chaufferie. — 5 et 6. Papillons. — 7. Vanne à coulisse. — 8, 9 et 10. Jonctions de tuyaux aspirateurs. (Sturtevant.)

des déchets qui lui arrivent sur toute sa longueur. Les jonctions de ces tuyaux, entre eux et avec les coudes des dérivations, sont soudées étanches afin d'éviter les rentrées

d'air nuisibles à l'aspiration ; de loin en loin, on dispose des *regards* pour faire, au besoin, le ramonage des tuyaux.

Les figures 89, 2 et 3, montrent deux modèles de ventilateurs **aspirants** et **refoulants**, l'un commandé par une courroie, l'autre mù directement par un moteur électrique accouplé en bout d'arbre de la turbine.

Les poussières, copeaux et déchets sont refoulés par le ventilateur dans un réservoir ou **trémie** ayant en bas la forme d'un cône, pour faciliter la sortie de ces déchets vers la porte du foyer de la chaudière ou bien leur mise en sacs (fig. 89, 4).

Dans certaines menuiseries, on a intérêt à séparer les sciures des copeaux, ce qu'on obtient avec le **séparateur centrifuge**, que représente la figure 89, 1. Dans cet appareil, les sciures sortent tamisées par une tubulure latérale, tandis que les copeaux s'amassent dans le centre du cuvelage tronconique.

Les divers éléments constitutifs de ces installations, ventilateurs, tuyauteries principales, branchement (fig. 89 8, 9 et 10), séparateurs, doivent être calculés de façon à obtenir le maximum d'effet utile avec le minimum de dépense de force.

Dans les installations de captation de poussières ou déchets, l'adaptation des boîtes d'aspiration sur les machines, demande une étude sérieuse, car il n'est pas toujours facile d'opérer la captation sans gêner le travail de l'ouvrier par le dispositif prévu, et une installation mal comprise sous ce rapport, risque de conduire à des résultats bien imparfaits et sans intérêt pratique.

CHAPITRE XIV

ÉCLAIRAGE DES BUREAUX ET ATELIERS

Intensité lumineuse. — On appelle **intensité lumineuse** d'une source lumineuse l'intensité avec laquelle cette source émet des rayons lumineux dans une direction déterminée de l'espace environnant.

L'unité d'intensité lumineuse est la **bougie décimale**, dont les étalons sont conservés dans les laboratoires de France, d'Angleterre et des Etats-Unis ¹.

Le nombre de bougies d'une source lumineuse représente l'intensité lumineuse **dans une seule direction**, et ne donne aucune indication sur la quantité totale de lumière émise par cette source.

Si la source lumineuse était réduite à un point, elle émettrait des rayons lumineux avec la même intensité dans toutes les directions. Comme, en pratique, la source lumineuse a une certaine forme et présente une certaine surface, les rayons lumineux qu'elle émet n'ont pas la même intensité dans toutes les directions.

L'intensité lumineuse **horizontale** d'une source ne donnant aucune indication sur la *quantité totale* de lumière produite par cette source, on a été conduit à considérer l'**intensité lumineuse moyenne sphéri-**

1. L'unité lumineuse internationale est la bougie décimale, qui est estimée au dixième du Carcel et au vingtième de l'Étalon Violle; le Carcel est la lumière fournie par une lampe à huile de colza épurée, ayant un bec de 23 mm. 5 de diamètre et brûlant 42 grammes d'huile par heure, avec une flamme de 40 mm. de hauteur; l'Étalon Violle est la lumière émise par un centimètre carré de platine fondu au moment de sa solidification, environ 1.750 degrés centigrades.

Les unités de mesures employées sont, en Angleterre le Candle et en Allemagne la bougie Hefner; on a, d'après M^r Hospitalier :

1 bougie décimale = 0,05 Violle = 0,04 Carcel = 1,13 bougie Hefner = 0,88 Candle.

que, qu'on détermine en prenant la valeur moyenne des intensités lumineuses mesurées dans toutes les directions autour de la source.

L'unité est la **bougie moyenne sphérique** : c'est l'intensité lumineuse moyenne sphérique d'une source lumineuse donnant une bougie dans toutes les directions.

Flux lumineux. — Si l'on veut avoir une idée de la quantité totale de lumière produite par une source lumineuse, on considère le **flux lumineux** émis par cette source.

L'unité de flux lumineux est nommée **lumen**.

Un lumen est la quantité de lumière interceptée par une surface de 1 mètre carré située à une distance moyenne de 1 mètre d'une source ayant une intensité lumineuse de 1 bougie dans toutes les directions.

Si l'on connaît l'intensité sphérique moyenne d'une lampe, on obtiendra le flux lumineux total en lumens en multipliant la valeur de cette intensité par 12,57 ou simplement par 12,5, cette valeur approximative suffisant, en général, pour les besoins de la pratique et se prêtant à des calculs plus rapides.

Éclairement. — Quand un certain flux lumineux (une certaine quantité de lumière) tombe sur une surface déterminée, cette surface nous paraît plus ou moins éclairée suivant que la quantité de lumière qui tombe sur elle est plus ou moins grande.

On appelle **éclairement** de la surface le flux lumineux tombant sur chaque unité de cette surface.

L'unité d'éclairement est l'éclairement moyen d'une surface de 1 mètre carré recevant un flux lumineux de 1 lumen.

On a donné à cette unité le nom de **lux**.

On peut se faire une idée approximative de l'éclairement correspondant à un lux, en considérant l'éclairement produit sur un journal placé à un mètre d'une bougie ordinaire, si l'on tient ce journal perpendiculairement à la direction du rayon lumineux qui vient tomber à peu

près en son centre. Les éclairagements produits par la lumière solaire sont compris entre 1.000 lux environ au coucher du soleil et 80.000 lux environ à midi par un beau jour de plein été chaud.

La notion d'éclairage est celle qui est le plus intimement associée à l'usage que nous faisons de la lumière.

Quand une surface plane reçoit les rayons d'une source lumineuse, l'éclairage n'est pas le même aux différents points de cette surface, parce que les rayons y sont plus ou moins obliques. On détermine l'éclairage en un certain nombre de points d'une surface donnée et on fait la moyenne des chiffres trouvés : on a ainsi l'**éclairage moyen** de la surface considérée.

L'éclairage diminue proportionnellement au carré de la distance, ou, autrement dit, **l'éclairage est inversement proportionnel au carré de la distance**. Cette relation est connue sous le nom de « loi de l'inverse du carré de la distance ».

Il ne faut pas confondre l'éclairage d'une surface avec l'**apparence de cette surface**, qui peut paraître brillante ou non. Une surface grise, éclairée par une source ayant dans cette direction une intensité de une bougie, n'apparaîtra pas aussi brillante qu'une surface blanche éclairée par la même source placée à la même distance, car une plus grande partie de la lumière est absorbée par la surface grise, et ainsi perdue pour l'œil.

La **brillance** d'un objet dépend à la fois de l'intensité lumineuse de la source qui l'éclaire, et de la quantité de lumière qu'il réfléchit.

D'innombrables expériences ont prouvé que la facilité et la vitesse de perception de l'œil dépendent directement de l'éclairage, c'est-à-dire de la quantité de lumière tombant sur l'objet qu'il regarde. **Plus l'éclairage est fort, plus l'œil voit nettement, et plus il voit rapidement**, mais il ne doit pas être **ébloui**, par la réflexion; avec des rayons lumineux sur une surface brillante, l'éclairage doit être disposé de façon à éviter ces réflexions sur les objets travaillés.

Éclairagements recommandés sur le *plan de travail*, par
la Société pour le perfectionnement de l'Éclairage :

ACIÉRIES :

Fosses de trempe, fours à recuire.....	20
Halls de coulée.....	30
Laminage, cisaille et forge des grosses pièces.....	40
Laminage et forge des petites pièces, tréfilage.....	60

BOIS (Travail du) ET MENUISERIE :

Sciage et travail de grosses pièces.....	50
Rabotage, plaquage, collage, travail à l'établi et à la machine des pièces moyennes.....	80
Travail à l'établi et à la machine de petites pièces, polissage, finition.....	100

CAOUTCHOUC (Fabriques de) et dérivés :

Calandres, mélangeurs, fabrication de la toile, découpage, fabrication des chambres à air et des caoutchoucs pleins, vulcanisation.....	80
Fabrication de pneumatiques.....	100

CARTONNAGES (Fabriques de) :

Teintes claires.....	60
Teintes foncées.....	100

CHAPEAUX (Fabriques de) :

Teinture, apprêt, tressage, nettoyage et finissage :	
teintes claires.....	60
teintes foncées.....	100
Encollage, mise en forme, ponçage, dressage des bords, finissage, repassage :	
teintes claires.....	80
teintes foncées.....	120
Couture :	
teintes claires.....	100
teintes foncées.....	200

CHAUDRONNERIE :

Travail à l'établi ordinaire, machines diverses.....	80
Machines à poinçonner, presses, cisailles, machines à estamper, à souder, travail à l'établi des petites pièces.....	100

CHAUSSURES (Fabriques de) :

Travail à la main, établis et machines diverses.....	80
Vérification et triage des matières premières, découpage :	
teintes claires.....	100

GANTS (Fabriques de) :

Teintes claires :	
Découpage, chamoisage, tricotage.....	80
Echantillonnage, couture, finissage, vérification....	100
Teintes foncées :	
Découpage, chamoisage, tricotage.....	100
Echantillonnage, couture, finissage, vérification....	200

HORLOGERIE (Fabriques d').....	200
--------------------------------	-----

IMPRIMERIES :

Matriçage, moulage, machines diverses.....	80
Lecture des épreuves, lithographie.....	100
Composition, linotypie, monotypie, gravure.....	200

MÉCANIQUE (Ateliers de) :

Travail de grosses pièces à l'établi et à la machine..	60
Travail de pièces moyennes à l'établi et à la machine; machines automatiques pour pièces moyennes; rectification des grosses pièces; polissage des pièces moyennes.....	100
Etablis et machines pour travail de petites pièces; machines automatiques pour petites pièces; rectification des pièces moyennes; polissage de petites pièces.....	120
Etablis et machines pour travail très délicat; rectification des petites pièces.....	200
Bobinage de machines électriques.....	100

MONTAGE (Ateliers de) :

Montage de grandes pièces.....	50
Montage de pièces moyennes.....	80
Montage de petites pièces.....	100
Montage de très petites pièces.....	200

PAPETERIES :

Piles, hollanders, raffineuses.....	40
Calandrage.....	60
Coupage, ébarbage, finissage.....	80

PEINTURE (Ateliers de) :

Trempage, vaporisation, séchage.....	50
Peinture à la main ordinaire.....	80
Peinture à la main délicate.....	100
Vernissage délicat (carrosserie d'automobiles, caisses de pianos).....	150

CHAUSSURES (Fabriques de) :		
Vérification et triage des matières premières, découpage et couture : teintes foncées.....		200
CONTROLE ET VÉRIFICATION :		
Grosses pièces.....		60
Pièces moyennes.....		100
Petites pièces.....		150
COULEURS (Fabriques de).....		60
CUIR (Travail du) :		
Corroyage :		
	teintes claires.....	80
	teintes foncées.....	100
Echantillonnage, découpage, couture :		100
Echantillonnage, découpage, couture :		
	teintes claires.....	100
	teintes foncées.....	200
	tissus clairs.....	100
	tissus foncés.....	150
DRAP (Fabriques de)		
FILATURES :		
<i>Coton :</i>		
Ouvreuses, cardes, étirage, filage en gros, teinture..		40
Bobinage, métiers à filer, encollage, tissage, vérification, tricotage.....		80
<i>Soie :</i>		
Ourdissage, teinture.....		80
Bobinage, encollage, tissage :		
	teintes claires.....	80
	teintes foncées.....	100
<i>Laine :</i>		
Cardage, lavage et peignage.....		40
Retordage et teinture.....		60
Etirage et ourdissage :		
	teintes claires.....	60
	teintes foncées.....	100
<i>Tissage :</i>		
	teintes claires.....	80
	teintes foncées.....	120
Machines à tricoter.....		100
FONDERIES :		
Plateforme de chargement, hall de coulée, moulage et démoulage.....		50
Fabrication des noyaux de grandes dimensions.....		60
Fabrication des noyaux de petites dimensions.....		100
FORGE ET SOUDURE (Ateliers de) :		
Forge et soudure des grosses pièces.....		60
Forge et soudure des petites pièces.....		100



STATIONS CENTRALES :

Chaufferies : manutention du charbon et des cendres, salles de batteries d'accumulateurs.....	30
Appareils auxiliaires, interrupteurs à huile et transformateurs; ventilateurs et compresseurs.....	50
Tableaux de distribution.....	80

TANNERIES :

Cuves.....	30
Nettoyage, tannage, étirage.....	40
Découpage, écharnage, mise en sulf.....	60
Finissage.....	100

VERRERIES :

Salles de préparation des mélanges et des fours, moulage et soufflage.....	50
Dressage des glaces, machines à souffler, à couper le verre, argenture.....	80
Polissage, dépolissage, biseautage, vérification, gravure et décoration du verre.....	100
Taillage, vérification des petites pièces.....	100-200

Éclairage des surfaces environnantes. —

On ne doit pas considérer uniquement l'éclairage sur les plans utiles; pour des raisons de sécurité et de bonne vision, il est nécessaire de pourvoir à un **éclairage général** d'une intensité modérée. Des **murs clairs** améliorent l'éclairage: ils contribuent à donner à la salle un aspect gai et à créer une atmosphère stimulante.

Les yeux de l'ouvrier, lorsqu'il les détourne de sa machine ou de son travail brillamment éclairés, ne sont pas adaptés à de faibles éclairages: si donc les surfaces ou les objets adjacents sont faiblement éclairés, l'ouvrier tâtonne et perd du temps, tout en risquant un accident, ou bien il doit attendre que ses yeux se soient adaptés à l'éclairage beaucoup plus faible, c'est-à-dire que le diamètre de sa pupille se soit modifié, de même que la sensibilité du tissu nerveux impressionné. Quand, après cela, l'ouvrier reporte les yeux sur son travail beaucoup plus brillamment éclairé, il perd de nouveau un certain temps avant que sa pupille se soit contractée et

que son œil se soit adapté à cet éclairage plus fort. Le contraste ne doit donc pas être trop marqué entre l'éclairage de la région où l'ouvrier travaille, et l'éclairage des régions voisines.

ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL

Chantiers et montages. — Quand les travaux doivent durer un certain temps il est avantageux d'installer un **groupe électrogène** et des lignes provisoires montées sur perches munies d'isolateurs en porcelaine (**cloches**); à défaut d'électricité, on emploie des lampes portatives à acétylène pour les montages en plein air ou en locaux obscurs et, sur les grands chantiers, des **brûleurs intensifs** dont il existe de nombreux spécimens fonctionnant soit à flamme directe d'huiles lourdes sous pression, soit au pétrole avec manchon incandescent, soit à l'acétylène. (Voir *vol. XV, les générateurs d'acétylène.*)

Les sources lumineuses doivent être disposées en *quinconce* de manière à supprimer les ombres.

Cours et voies de transport. — Les lampes à arc électrique ne sont plus employées; on se sert de **lampes à incandescence** dites **mono-watt** ou **demi-watt**, de 50 à 1.000 bougies, suspendues à des **douilles étanches** en porcelaine avec abat-jour réflecteur (fig. 90-7); on accroche ces douilles à des supports en fer à T, ou en fonte, ou à des poteaux en bois avec **potence** en fer à T; la figure 90-11 montre un modèle de poteau en fer à T.

Voici les hauteurs auxquelles doivent être placées les lampes, au-dessus du sol, selon leur intensité :

50 à 100 bougies	.....	5 mètres
200 à 400 "	.....	7 "
500 à 800 "	.....	9 "
1.000 à 1.500 "	.....	12 "
1.600 à 1.800 "	.....	14 "
1.900 à 2.000 "	.....	16 "



Pour réaliser les fortes intensités on accroche 2 ou 3 lampes au même poteau ; mais il est plus économique de mettre un grand nombre de foyers faibles qu'un petit nombre de foyers puissants ; à égalité de bougies, l'éclairage est meilleur avec un grand nombre de foyers répartis sur toute la surface à éclairer.

Pour assurer une **facile circulation**, on compte **une demi-bougie** par mètre carré de surface du sol ; pour un chantier où se font des manutentions il faut **une bougie** par mètre carré de surface du sol.

Locaux intérieurs.— Pour réaliser un bon éclairage, il faut : que la lumière ressemble le plus possible à celle du soleil ; que les foyers lumineux ne soient pas dans le champ visuel direct ; que la lumière soit **diffusée** mais non totalement ; que la lumière ne soit pas réfléchie directement ; que l'éclairage soit modéré mais suffisant.

On peut concevoir un **éclairage général** assez puissant pour que le travail soit possible partout comme en plein jour ; on le réalise en suspendant aux plafonds, ou à des appliques murales, des lampes en nombre suffisant, avec des **diffuseurs** en verre dépoli ou opale (**éclairage diffusé ou indirect**) ; ce procédé est luxueux mais très onéreux, car il entraîne la même dépense d'éclairage intensif pour les endroits où l'on ne travaille pas que pour ceux où l'on a besoin de voir très clair ; il faut compter de 16 à 30 bougies par mètre carré de surface du plancher, en admettant les lampes réparties très judicieusement sur toute la surface à éclairer et suspendues à 4 mètres environ du sol ; la disposition des lampes **en quinconce** évite les ombres et coins obscurs.

Le meilleur moyen et le plus économique pour éclairage des ateliers et bureaux est de prévoir : 1° **faible éclairage général** permettant partout une facile circulation, avec **interrupteurs à va-et-vient** à l'entrée et à la sortie de chaque local ; 2° un **éclairage particulier** pour

chaque machine ou table de travail, l'usager de cet éclairage étant astreint à éteindre sa lampe lorsqu'il n'en

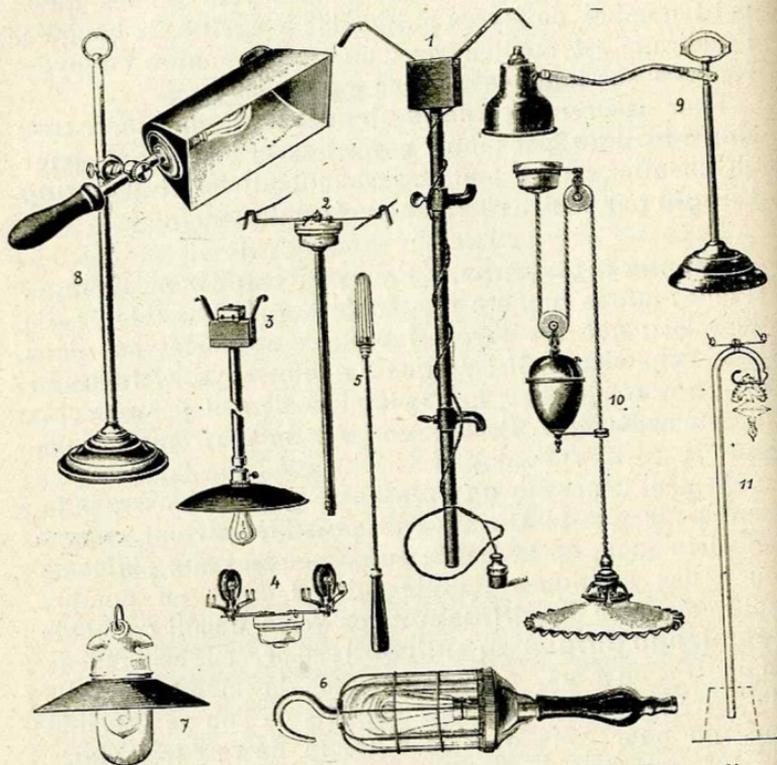


FIG. 90. — 1. Perche en bois à prise de courant pour ateliers; 2 et 3. Suspension mobile pour bureaux ou ateliers; 4. Trolley pour suspension mobile; 5 et 6. Lampes baladeuses-avec protecteurs; 7. Support-douille étanche, en porcelaine, pour l'extérieur; 8 et 9. Lampes transportables; 10. Suspension à contre-poids; 11. Candélabre pour l'extérieur.

a plus besoin; la lampe doit être munie d'un *abat-jour conique* de façon qu'elle n'éclaire que le travail et ne fatigue pas la vue de l'ouvrier ou de l'employé de bureau.



La forme du réflecteur pour les lampes de plafond doit être du *type large* (3 et 7, fig. 90) et, pour les lampes de travail, d'atelier ou de bureau, du type 9 (fig. 90) disposé de telle sorte que l'homme qui travaille ne voie pas le filament lumineux de la lampe; l'intérieur des réflecteurs est émaillé ou nickelé.

Sous les réflecteurs des lampes de plafond on peut mettre des *diffuseurs* prismatiques en verre.

L'éclairage général peut être ainsi réduit entre 0,5 et une bougie par mètre carré de surface du plancher, dans les ateliers, magasins, couloirs, passages, etc., entre 1 et 2 bougies dans les bureaux et 3 à 6 bougies dans les salles d'attente (toujours par mètre carré de surface du plancher).

L'éclairage général se fait mieux et plus économiquement avec un assez grand nombre de lampes, réparties sur toute la surface du plafond d'un local, qu'avec un ou deux foyers lumineux intensifs qui ont le tort de faire de grandes ombres et de ne pas éclairer les angles du local.

Par exemple, pour éclairer un atelier de 20 mètres sur 20 mètres, si l'on met au centre une lampe de 400 bougies, on aura un éclairage bien moins agréable que si l'on met 4 lampes de 100 bougies près des 4 angles du local; si la lampe unique s'éteint, tout est plongé dans l'obscurité, si une des lampes de 100 bougies s'éteint, il en reste encore trois pour éclairer.

L'éclairage particulier des tables de travail et des machines ou établis doit être aussi généreux qu'il le faut pour que l'employé ou l'ouvrier ait **toute facilité** pour son travail; généralement une lampe de 25 ou 32 bougies suffit à un homme; le support de cette **lampe portable** est muni d'un **interrupteur** et la **prise de courant** sur laquelle est branché le **fil souple** qui dessert la dite lampe doit être muni d'un coupe-circuit garni de **plombs fusibles** en rapport avec l'intensité de la lampe. (généralement, 3 dixièmes de mm. de diamètre pour 1 ampère).

La figure 90 montre quelques modèles de supports pour lampes portatives : les appareils 1, 2, 3 et 4 sont destinés à être accrochés à **deux fils nus** tendus sur toute la longueur du local; l'appareil 4 est à roulettes et se nomme **trolley**; l'appareil 1 est à manche en bois et s'emploie surtout dans les ateliers, il porte le fil souple qui dessert la lampe; les appareils 2, 3 et 4 s'emploient dans les bureaux de dessin et autres, l'appareil 3 est à **tirage** permettant de monter ou descendre la lampe.

Les modèles 8 et 9 s'emploient sur les tables de bureaux ou des machines et établis, le modèle 10 dans les bureaux.

Les **lampes baladeuses** avec **protecteur** (6) rendent de grands services aux monteuses et le modèle 5, porté au bout d'un long manche est utile pour la visite des foyers, chaudières, tubes et parties profondes des machines.

Pour le **calcul et l'établissement des lignes électriques**, on consultera : *R. Champly, Comment on devient Electricien Mécanicien, volume II*; nous rappelons ici qu'il faut éviter, dans les ateliers et locaux industriels, les lignes sous moulures; employer des lignes **sous tubes isolants** ou bien en fils isolés **apparents sur taquets** en porcelaine ou sur cloches; les lignes sous moulures ne doivent être posées que dans les bureaux sur murs bien secs.

Il est bon que le chef mécanicien de l'usine ait un **interrupteur général** de l'éclairage.

On doit prévoir dans les locaux un **éclairage de secours** en cas de panne d'électricité; cet éclairage peut être au gaz ou simplement constitué par des lampes à pétrole ou des bougies stériques en réserve dans les bureaux de l'administration et des contre-maitres.

Voir les notices de la *Société pour le Perfectionnement de l'Eclairage*, 134, boul. Haussmann, à Paris,

Éclairage au gaz et à l'acétylène. — Voici les diamètres intérieurs des tuyaux d'arrivée et de départ au compteur, selon le nombre des **becs à flamme libre au gaz de ville** (*compteurs Duplex, Ville de Paris*).

N° du compteur	Débit horaire en mètres cubes	Nombre de becs allumés	Diamètre intérieur des tuyaux
0	0,5	3	
1	0,75	5	13
2	1	7	20
3	1,5	10	20
4	3	20	25
5	4	30	30
6	6	40	37
7	9	60	43
8	12	80	50
9	15	100	50
10	22,5	150	55
11	30	200	80
12	45	300	90
13	60	400	100
14	75	500	125
			150

Pour l'alimentation des **becs à incandescence** ces tuyaux peuvent alimenter trois fois plus de becs qu'avec la flamme libre des **becs papillon**.

Pour l'**acétylène** les tuyaux ci-dessus peuvent alimenter à flamme libre 3 à 4 fois plus de becs que n'indique le tableau.

Les canalisations principales seront faites en **tubes de fer**, de préférence galvanisés, ou en tuyaux de fonte ou tuyaux *Chameroy* (voir *vol. II*) : les tuyaux de plomb doivent être, autant que possible, exclus, tout au moins dans les ateliers et magasins et réservés aux petites dérivations seulement; pour alimenter un seul bec, on

met un tuyau de 7 à 10 millimètres intérieur pour le gaz et 4 à 5 millimètres pour l'acétylène.

(Pour l'éclairage au pétrole par becs intensifs, voir *R. Champly, Encyclopédie du bâtiment et de l'habitation, volume XI.*)

Le tableau ci-dessous donne les consommations et calories dégagées par divers éclairages :

DÉSIGNATION DES COMBUSTIBLES	Consommation horaire pour une carcel-heure équivalent à 10 bougies	Nombre de calories pour une carcel-heure équivalent à 10 bougies
Becs-bougies, de gaz.....	200 lit.	1010
Bougies « de l'Etoile » ou stéariques.....	70 gr.	700
Becs papillons, de gaz.....	127 lit.	660
Becs de gaz, type Bengel (Argand).	105 lit.	546
Becs de gaz à verre de forte consommation.....	90 lit.	468
Lampes à huile.....	42 gr.	420
Lampes à pétrole.....	39 gr.	390
Lampes à gaz à récupération de faible consommation (Siemens, etc.).....	50 lit.	260
Lampes à gaz à récupération de forte consommation (Wenham, etc.).....	30 lit.	156
Lampes à gaz à incandesc. (Auer).	15 lit.	78
Acétylène.....	7 lit.	100

Gaz surpressé. — En augmentant la pression du gaz entre 200 et 300 millimètres d'eau, on obtient avec les manchons incandescents et les appareils *Keith* une économie très sensible de gaz : c'est ainsi qu'on arrive à produire 45 bougies avec 42 litres de gaz. La surpression est obtenue avec des appareils spéciaux comportant un petit moteur hydraulique ou électrique ou commandé par une transmission d'atelier.

Les trois modèles consomment respectivement 935 li-

tres, 284 litres et 142 litres de gaz par heure pour 1000, 300 et 150 bougies, avec un pouvoir éclairant de 1060 bougies par mètre cube; l'éclairage au gaz surpressé utilisé en grand par les villes peut être intéressant dans les grands locaux et chantiers.

Éclairage naturel. — Pour assurer aux bureaux et ateliers un éclairage suffisant il faut que les baies vitrées verticales, dans les murs, aient une surface d'au moins un quart de la surface du plancher.

L'éclairage par la toiture se fait souvent par des

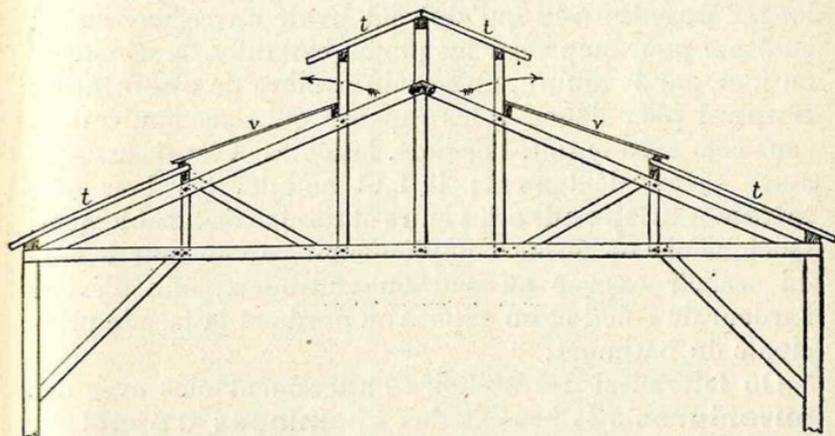


FIG. 91. — Vitrages sur toiture; *tt* : tuiles — ; *vv* : vitrages.

vitrages le long du faitage ou sur lanterneau, ce qui ne répartit pas aussi bien la lumière que le dispositif représenté figure 91, dans lequel les parties vitrées sont **au milieu de chaque rampant.**

Les toitures en **sheeds** doivent avoir leurs parties vitrées orientées entre Nord et Est.

La surface des vitrages en toitures doit être au moins un quart de la surface du sol s'il n'y a pas d'éclairage par baies dans les murs.

CHAPITRE XV

SÉCHAGE ET SÉCHOIRS

Séchage naturel. — Quand on n'est pas pressé, le séchoir constitue un magasin de stockage disposé avec une **large aération** qui active l'action de l'air; à cet effet, on constitue les parois verticales du séchoir par de larges **persiennes** qui doivent avoir un recouvrement suffisant pour empêcher les pluies battantes de pénétrer; on met, sur la toiture, un certain nombre de **cheminées d'appel** pour dégager les vapeurs qui s'accumuleraient sans cela sous le toit. Les bois, les cuirs et les tissus sont ainsi séchés lentement; il faut empiler les bois **sur lattes** et **suspendre** les cuirs et tissus convenablement. Quelquefois on ferme complètement par un mur le côté du séchoir exposé au sud ou sud-ouest, afin d'éviter l'ardeur du soleil et on expose au nord-est la façade principale du bâtiment.

On fait aussi des séchoirs entièrement clos avec des **ouvertures** à la base et des **cheminées d'appel** sur la toiture, ce qui permet, en ouvrant tout ou partie des prises d'air à la base des murs, de diriger à volonté la ventilation.

Afin d'activer la dessiccation, on met un ou plusieurs **ventilateurs aspirants** ou **soufflants** dans les cheminées d'appel ou dans les ouvertures de prise d'air.

Les procédés de séchage à l'air simple sont lents, mais ils conviennent aux matières délicates et spécialement aux bois et aux cuirs de belle qualité ou aux produits alimentaires ou chimiques que l'on dispose en couches minces sur des **claires en étagères**.

En ce qui concerne spécialement les bois d'œuvre, on procède fréquemment au **flottage**, c'est-à-dire à leur

immersion prolongée dans l'eau courante avant le séchage (1 à 3 mois en eau vive, 3 à 6 mois en eau morte) ou par le **dessépage** à la vapeur en étuve à 80° environ (voir *R. Champlly, Travail du bois, 1^{er} volume*).

Séchage par chauffage. — L'évaporation de l'eau absorbe une grande quantité de chaleur, 537 calories,

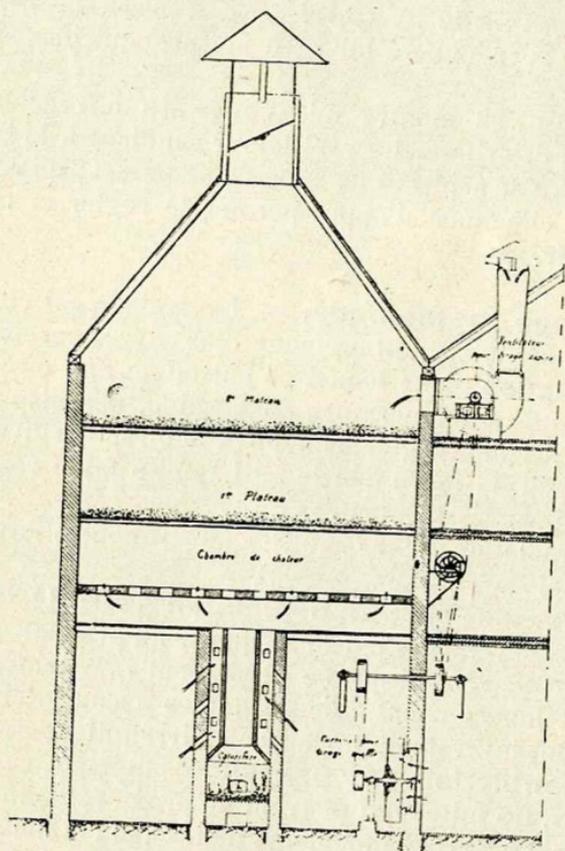


FIG. 92. — Touraille ou séchoir de malterie avec ventilateur soufflant, ventilateur aspirant et calorifère.

par kilogramme, on active donc considérablement le séchage en chauffant le séchoir par **calorifères** (danger

d'incendie et réglage difficile) ou mieux par **radiateurs à vapeur**; on emploie, pour les **matières pulvérolentes**, des tables chauffées par-dessous à feu nu, ou à double paroi chauffées à la vapeur, avec un dispositif remuant la matière à sécher; pour le papier et les tissus, on emploie des **cylindres creux** à circulation de vapeur.

Une **cheminée d'appel** avec ventilateur aspirant enlève les vapeurs au fur et à mesure qu'elles se produisent.

La figure 92 montre une **touraille** ou séchoir de malt avec calorifère, un ventilateur soufflant à la base et un ventilateur aspirant les buées au sommet; un registre dans une cheminée d'appel permet de régler la marche du séchoir.

Séchage méthodique. — Le séchoir est constitué par un bâtiment entièrement clos avec parois **bien calorifugées**, dans lequel on entretient une circulation d'air chauffé à température convenable, des dispositions étant prises pour régler facilement la direction du courant d'air chaud de façon que le séchage se fasse régulièrement et progressivement.

La circulation d'air chaud se fait **par aspiration** ou par refoulement.

La ventilation par aspiration présente de nombreux inconvénients parmi lesquels, au premier chef, les rentrées d'air froid qui se produisent inévitablement et donnent lieu souvent à de véritables « courts circuits » et rendent le système inefficace et irrégulier.

Le ventilation par pression supprime ces inconvénients, les fuites qui peuvent se produire donnant lieu seulement à des échappements d'air chaud et déjà partiellement saturé d'humidité, et ne présentant par conséquent aucun inconvénient.

Le **réchauffage de l'air** se fait dans un appareil nommé **aérocondenseur** composé d'une série de **radiateurs** en tubes, avec ou sans ailettes radiantes,

dans lesquelles on fait circuler un courant de vapeur (quelquefois vapeurs d'échappement) ou d'eau chaude.

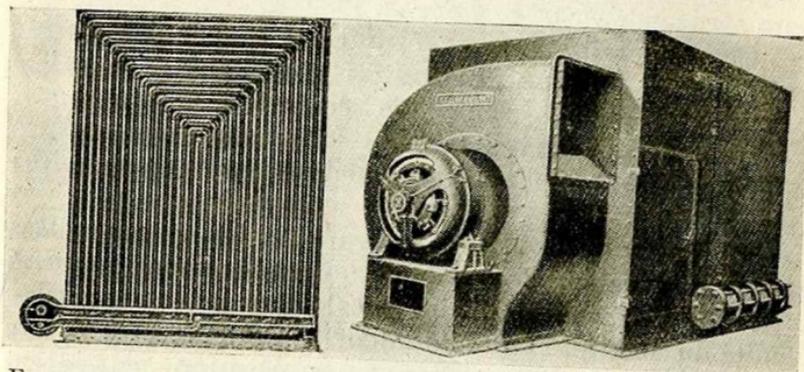


FIG. 93. — Élément de calorifère Sturtevant, aérocondenseur.

FIG. 94. — Groupe calorigène à commande électrique.

La figure 93 montre un élément de calorifère aérocondenseur *Sturtevant* et la figure 94 l'appareil complet avec

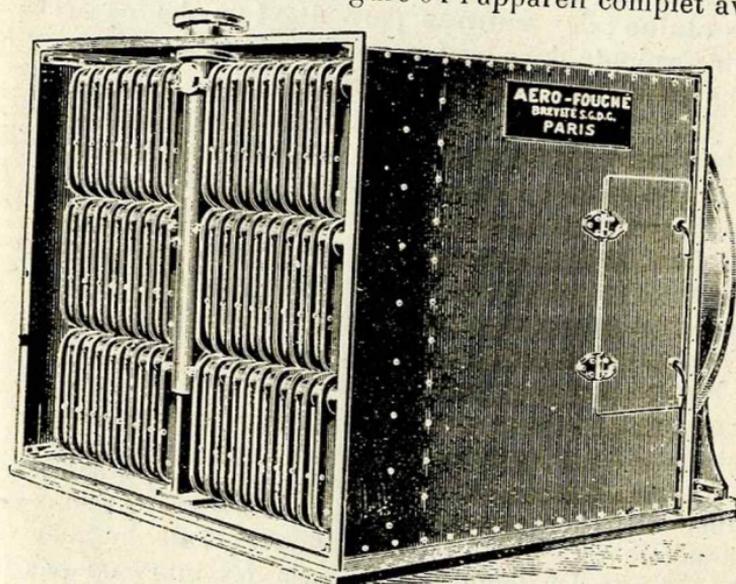


FIG. 95. — Aéro-Fouché. Vue du côté de la batterie de plaques creuses ondulées.

ventilateur qui peut être mù par courroie ou moteur électrique ou à vapeur; la figure 95 représente, ouvert, un aérocondenseur *F. Fouché*.

Ces appareils peuvent être chauffés par des **chaudières à basse pression** semblables à celles employées pour le chauffage central des habitations, marchant sans surveillance.

Nous représentons ci-après quelques types de séchoirs :

1° **Par aspiration.** — Figure 96. Les marchandises sont placées sur des wagons qui progressent en **sens inverse** du courant d'air; le calorifère est à une extrémité du **tunnel** et le ventilateur aspirateur est à l'autre bout; des doubles portes **hermétiques** permettent l'entrée et la sortie des wagonnets.

Figure 97. Ce séchoir (*Farcot fils*) comprend un certain nombre d'**armoires** ou compartiments indépendants les uns des autres; la marchandise est disposée sur des **claires**; des **vannes** permettent de donner accès à l'air à volonté dans les compartiments et de renverser le sens de marche du courant d'air.

2° **Par refoulement.** — Figure 98. Séchoir **rotatif** pour **matières pulvérulentes**, à marche continue; le calorifère est placé après le ventilateur soufflant (*Farcot fils*).

Figure 99. Grand séchoir pour bois (*Sturtevant*); l'air chaud est amené par des **carneaux** construits sous le séchoir; des vannes permettent de le distribuer à volonté.

Figure 100. Séchoir **à tunnel** (*F. Fouché*); l'aérocondenseur est placé sous une **cheminée d'appel**; l'air est distribué par un carneau en dessus des wagonnets.

Figure 101. Séchoir **à claires** ou à **wagonnets** à plusieurs compartiments; l'aérocondenseur est sous une cheminée au sommet de la toiture; l'air humide est évacué par des trappes à la base des murs ou par les portes que l'on n'abaisse pas complètement.

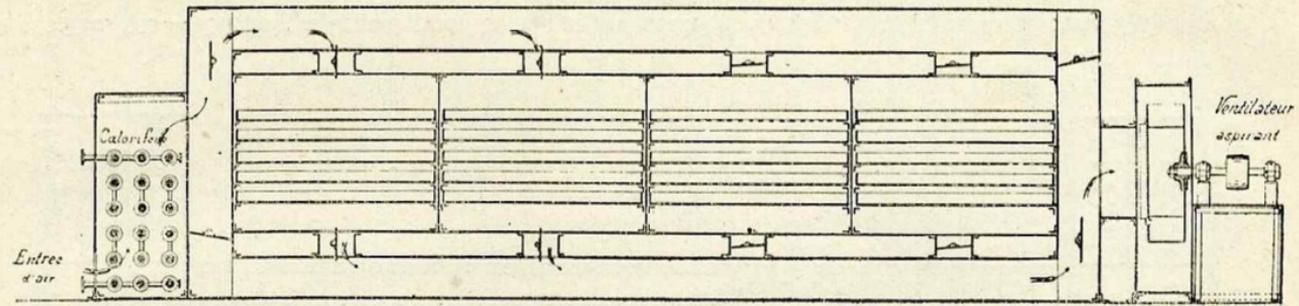


FIG. 97. — Séchoir à armoires pour herbes, tabac, plantes, racines, chocolat, conserves, cafés, etc. Coupe longitudinale.

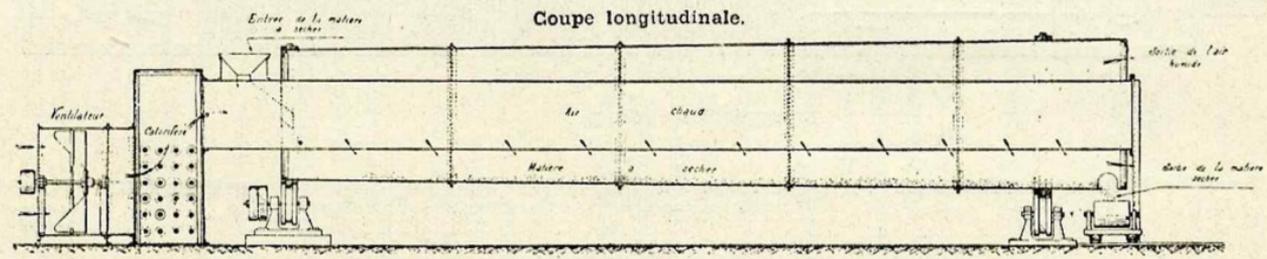


FIG. 98. — Séchoir rotatif pour matières pulvérulentes, grains, drèches, minerais, charbons, sels, etc.

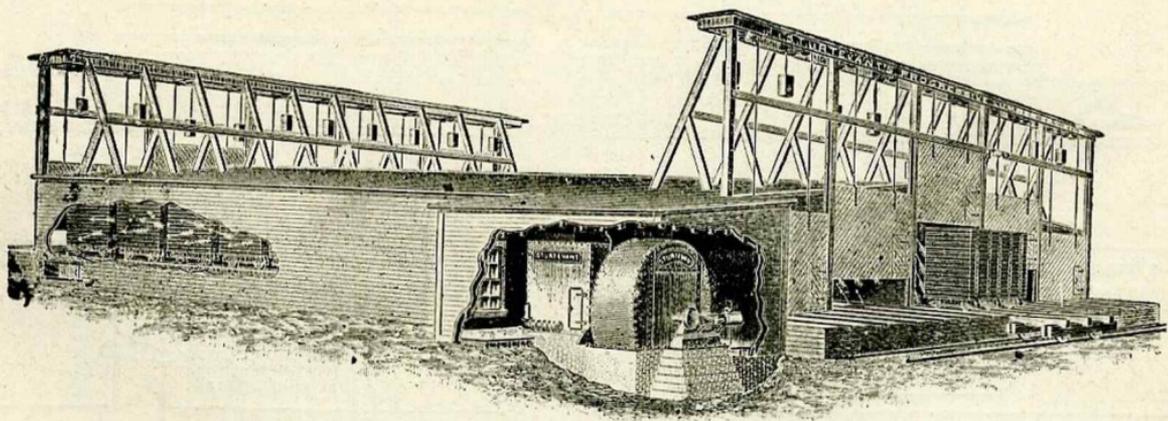


FIG. 99. — Séchoir Sturtevant type progressif, à cinq tunnels. Production 12 à 18 mètres cubes par jour de bois sec.

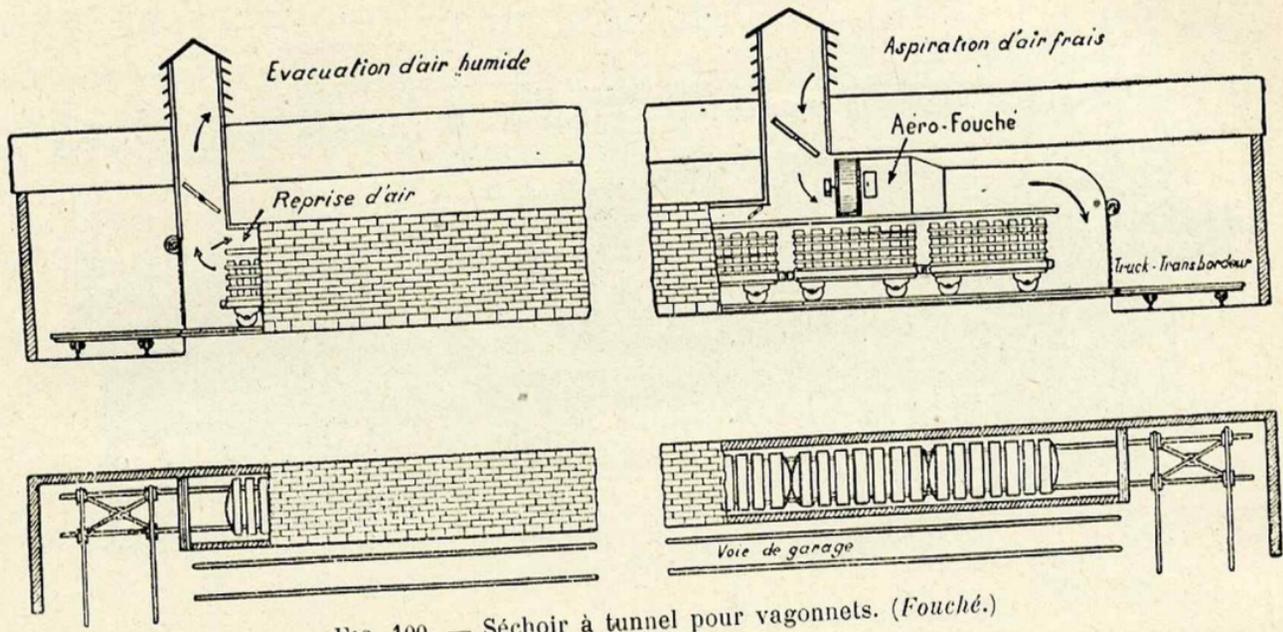


FIG. 100. — Séchoir à tunnel pour vagonnets. (Fouché.)

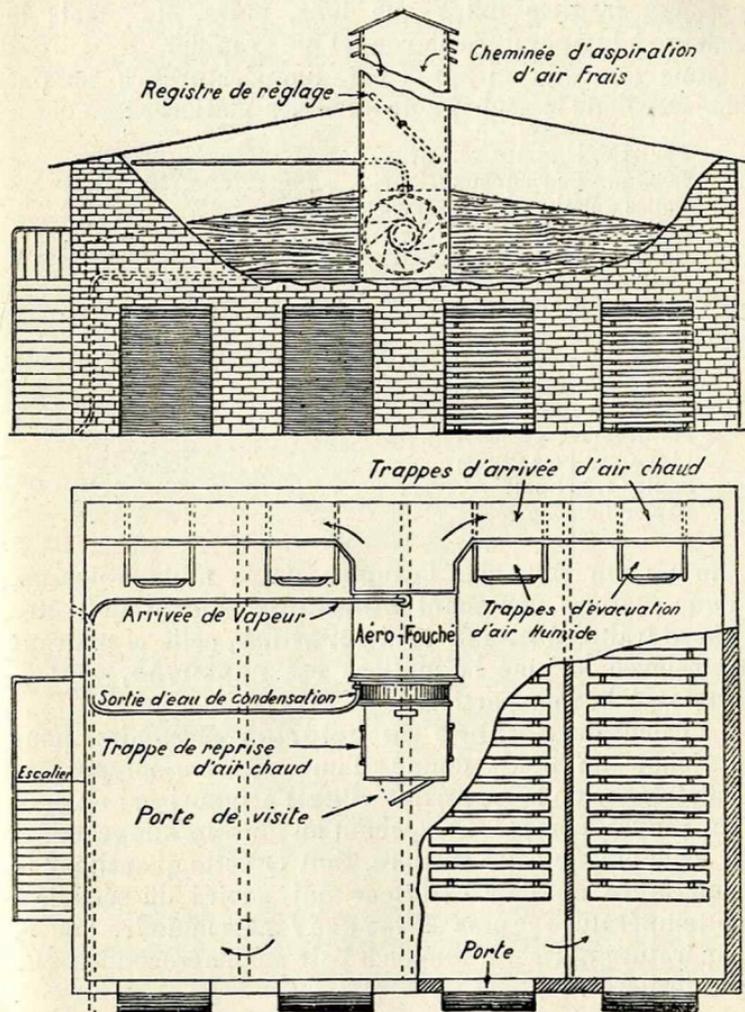
Calcul de la dépense d'un séchoir. — Selon la


FIG. 101. — Séchoir à claies ou vagonnets à plusieurs compartiments. (Fouché.)

nature de la matière traitée, la température peut être

plus ou moins forte ; on doit cependant considérer qu'un séchage à basse température ne détériore pas les matières fragiles telles que bois, cuirs, etc., mais le séchage à température élevée est plus rapide.

Nous donnons ci-après les températures à ne pas dépasser dans le séchage de diverses matières :

Fruits et légumes verts.....	25 à 30°
Légumes peu aqueux.....	35 à 50°
Colles gélatines, 1 ^{er} séchage.....	25 à 30°
Colles gélatines, 2 ^e séchage.....	30 à 35°
Cuirs et peaux, 1 ^{er} travail.....	28 à 32°
Tuiles et poteries.....	30 à 35°
Peaux déjà préparées.....	50 à 60°
Fruits déjà desséchés.....	80 à 90°
Phosphates.....	85 à 90°
Bois verts.....	60 à 80°
Bois déjà desséchés.....	80 à 90°
Malt.....	90 à 95°
Linge et tissus divers.....	100 à 110°
Papier très humide.....	80 à 100°
Papier déjà desséché.....	100 à 130°

NOTA : On voit, par l'examen de la table ci-dessus, qu'une matière contenant **beaucoup d'eau** doit être d'abord traitée à **basse température**, celle-ci pouvant être relevée lorsque la matière est **ressuyée**, c'est-à-dire desséchée en partie.

Le calcul du **nombre de calories** nécessaires pour dessécher un poids donné d'une matière suppose la connaissance de la **quantité d'eau** à vaporiser ; on peut s'en rendre compte en séchant au four un kilogramme, par exemple, de cette matière. Soit Q cette quantité, t la température de l'air extérieur qui sortira du séchoir à une température s plus élevée que t mais moindre que T , température qui sera donnée à l'air par l'aérocondenseur ou calorifère :

$$s > t \text{ et } s < T$$

soit n le nombre d'heures pendant lequel doit se faire le séchage ; la quantité d'eau à enlever par heure sera $\frac{Q}{n}$;

soient : p_t le poids de sa vapeur contenu dans 1 kilogramme d'air à la température extérieure ;

p_s le poids de vapeur contenu dans 1 kilogramme d'air à la température de sortie du séchoir.

On admet que l'air saturé n'est qu'aux $\frac{2}{3}$ à sa sortie d'un

séchoir méthodique et qu'à $\frac{1}{3}$ si la circulation n'est

pas parfaitement établie ; le poids d'eau enlevé par kilogramme d'air serait donc, dans le cas d'un séchoir

methodique, $\frac{2}{3}(p_s - p_t)$ et, dans l'autre cas, $\frac{1}{3}(p_s - p_t)$;

appelons R ce poids, le poids d'air à envoyer *par heure* sera $\frac{Q}{R n}$.

Le poids du *mètre cube* d'air saturé de vapeur est égal au poids de l'air sec P , plus le poids de vapeur P' , nous donnons ces valeurs dans le tableau ci-après ; le **volume d'air** à envoyer par heure sera ainsi :

$$V = \frac{Q}{R n (P + P')}$$

P et P' étant pris à la température extérieure t .

Les températures **à la sortie** du séchoir sont, en raison de celles à l'entrée, comme suit :

Température d'entrée, T :	20°	30°	40°	50°	60°	70°
— de sortie, s :	18°	24°	28°	35°	36°	38°
— d'entrée, T :	80°	90°	100°	110°	120°	
— de sortie, s :	40°	42°	44°	47°	48°	

Les données ci-dessus permettent de calculer le poids ou le volume d'air nécessaire pour dessécher la matière ; pour déterminer le **nombre de calories** absorbées par cette opération.

Il faut calculer les calories absorbées

1° par la vaporisation de Q kilogrammes d'eau ;

2° par l'échauffement du poids total de la matière, soit

H ce poids ;

3° par les parois du séchoir, environ 50 calories par heure et par mètre carré pour des parois bien isolées;

4° par l'air sortant chaud du séchoir;

5° par la vapeur saturant cet air.

R étant le poids d'air par heure calculé comme ci-dessus;

t la température extérieure;

T la température maxima de l'air à la sortie du séchoir;

K la chaleur spécifique de la matière à dessécher (0,22 environ);

H , le poids de cette matière en kilogrammes.

Voici des formules *simplifiées* pour ces calculs :

Calories absorbées *par heure* :

1° Vaporisation : $\frac{Q}{n} (606,5 + 0,305 (s - t))$.

2° Échauffement : $\frac{HK}{n} (T - t)$.

3° Parois : nombre de mètres carrés \times 50 calories.

4° Air sortant, $R \times 0,237 (s - t)$.

5° Vapeur saturante : $\frac{Q}{n} \times 0,475 (s - t)$.

La somme de ces quantités donnera le total des calories à fournir *par heure* pendant n heures au séchoir.

Nota. — La chaleur absorbée par la **transformation** d'un kilogramme d'eau en vapeur est 606,5 calories et la chaleur totale contenue dans la vapeur d'eau à t degrés est égale par **kilogramme de vapeur**, à $603,5 + 0,305 t$ (**en grandes calories**); la **chaleur spécifique** de la vapeur d'eau est 0,475.

Voir dans : *Notes et Formules de l'Ingénieur*, de Laharpe, le calcul des séchoirs.

Constantes

des mélanges d'air et de vapeur d'eau.

TEMPÉRATURE <i>t</i>	PAR MÈTRE CUBE D'AIR SATURÉ DE VAPEUR				Poids de vapeur par kilogramme d'air sec saturé : <i>p</i> , en <i>k^{os}</i>
	Poids en <i>K^{os}</i>		Chaleur en grandes calories		
	Air sec <i>P</i>	Vapeur <i>P'</i>	de l'air <i>C</i>	de la vapeur <i>c</i>	
0	1,285	0,005	zéro	2,953	0,004
5	1,259	0,007	1,497	4,129	0,005
10	1,232	0,009	2,929	5,703	0,008
15	1,205	0,013	4,297	7,784	0,010
20	1,177	0,017	5,996	10,505	0,014
25	1,148	0,023	6,821	14,020	0,020
30	1,117	0,030	7,962	18,517	0,027
35	1,083	0,039	9,009	24,246	0,036
40	1,046	0,051	9,947	31,351	0,048
45	1,006	0,064	10,758	40,221	0,064
50	0,960	0,082	11,415	51,143	0,086
55	0,910	0,103	11,893	64,480	0,114
60	0,852	0,129	12,157	80,642	0,151
65	0,787	0,160	12,164	100,05	0,203
70	0,713	0,196	11,869	123,23	0,275
75	0,629	0,239	11,215	150,70	0,380
80	0,533	0,290	10,139	183,06	0,544
83	0,469	0,325	9,261	205,08	0,692
86	0,401	0,362	8,187	229,23	0,905
89	0,326	0,403	6,899	255,67	1,237
92	0,248	0,448	5,376	284,56	1,824
95	0,159	0,497	3,596	316,06	3,125
96	0,129	0,515	2,942	327,18	3,920
97	0,978	0,532	2,256	338,61	5,441
98	0,066	0,551	1,537	350,37	8,347
99	0,033	0,569	0,715	362,45	17,094
100	zéro	0,589	zéro	374,82	∞

Séchage dans le vide. — Les avantages du séchage dans le vide consistent surtout dans la **rapidité de la dessiccation**. Des matières qu'il est presque impossible de sécher autrement, même dans un temps très long sont complètement desséchées dans un temps très court, sans oxydation ou altération quelconque. Les opérations se font à une température régulière, variable à volonté et avec une extrême propreté, elles peuvent du reste être surveillées à tout instant. Cette méthode offre de plus l'avantage de pouvoir **recueillir les essences et alcools** qui peuvent être contenus dans les produits à sécher.

La dépense de combustible nécessaire est bien plus faible que dans n'importe quel autre système.

Les **étuves d'assèchement** dans le vide sont formées d'une caisse en fonte ou d'un cylindre en tôle, selon le cas; elles sont garnies à l'intérieur de plaques creuses formant rayons sur lesquelles on pose les matières à sécher contenues dans les plateaux en fer, zinc, cuivre, fonte émaillée, etc., selon le produit à traiter.

Ces plaques creuses peuvent être chauffées par circulation de vapeur ou d'eau chaude, à la température désirée, pendant que les matières contenues dans l'armoire, dont la porte a été fermée, sont soumises à l'action du vide produit au moyen d'une pompe.

Entre autres usages industriels, le séchage dans le vide est employé dans le travail des *gommes synthétiques*. (Voir *volume II*.)

Les étuves à vide sont employées pour l'**injection des bois** et autres matières (vide d'air suivi de compression du liquide à injecter).

Séchage des vernis et peintures. — Les pièces peintes ou vernies sont placées dans une chambre dont l'air est **aspiré** par un ventilateur; l'entrée de l'air extérieur dans cette chambre doit être munie d'un **filtre à poussières** composé de tissus de coton tendus sur des cadres; on fait aussi ces filtres au moyen de plaques de



tôles enduites d'huile et disposées **en chicanes**, les poussières s'attachant à l'huile; les carrosseries automobiles sont séchées ainsi dans des chambres. (*Voir volume XIV.*)

Récupération des solvants. — Le séchage de certaines matières telles que la poudre cellulosique, le celluloïd, la soie artificielle, etc., entraîne des quantités considérables de dissolvants; de même celui en grand, des peintures à la cellulose employées maintenant pour les carrosseries et un grand nombre d'objets; ces dissolvants sont de l'alcool, on les *recupère* soit par **compression** et **refrigération** de l'air aspiré par le ventilateur, soit par **absorption** par des matières ou liquides appropriés, dont on les extrait ensuite par distillation.

Nous ne pouvons pas faire ici l'étude de ces procédés dont on trouvera des exposés dans la *Technique Moderne*, 1919, pages 296 et 342; 1920, pages 361 et 364 et 1921, page 278, ce dernier article étant relatif au benzol. La récupération des solvants présente un grand intérêt dans les usines traitant des quantités importantes de peintures et vernis.

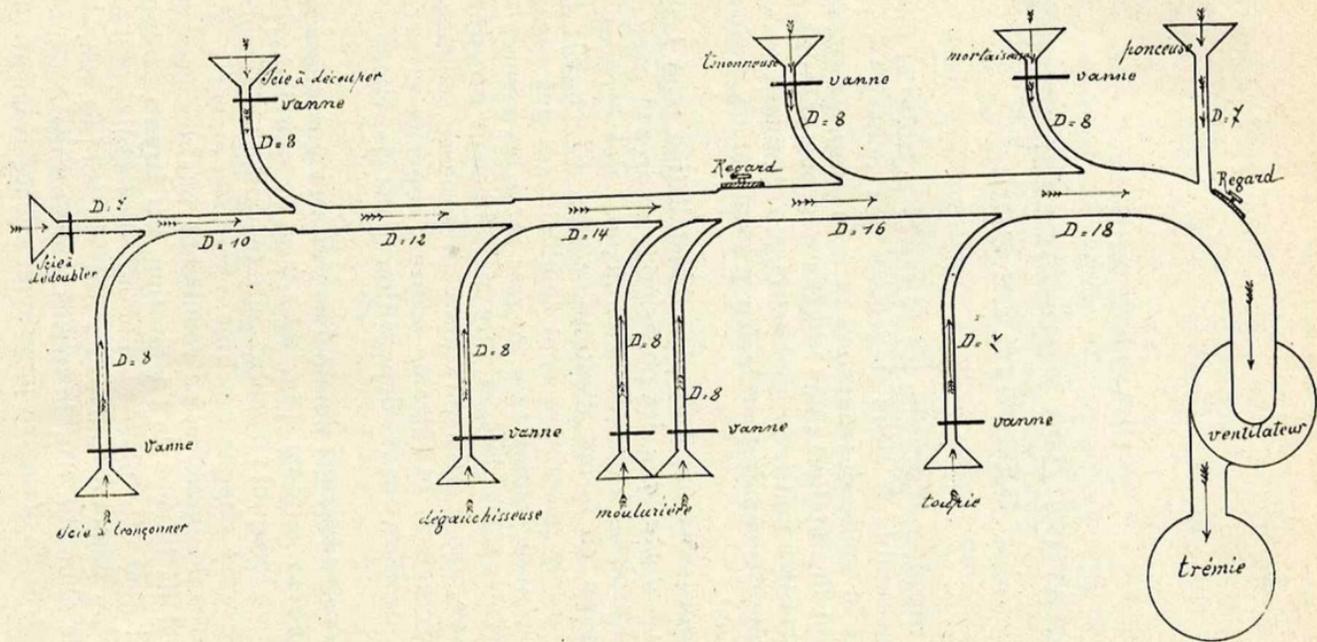


Fig. 85. — Schéma d'installation d'aspiration automatique des copeaux et sciures.

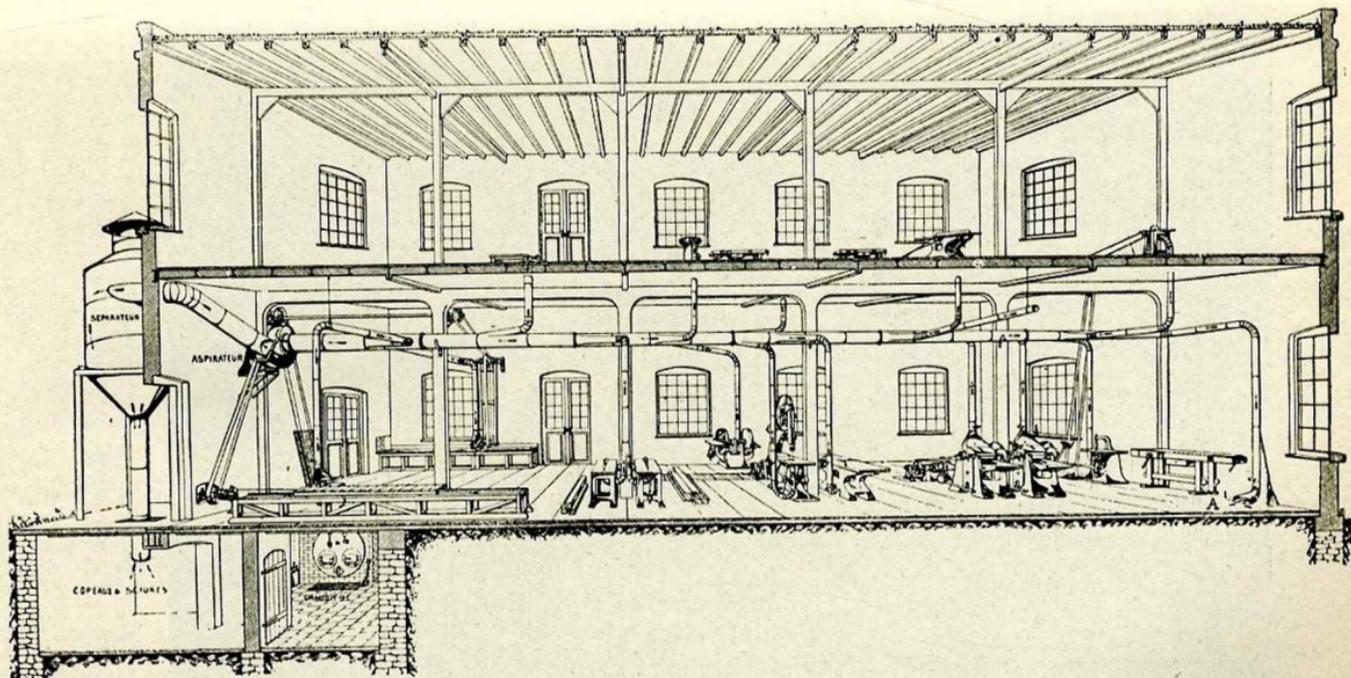


FIG. 86. — Les ventouses aspiratrices sont, selon le genre de machine, placées en dessus ou en dessous de la table de travail; les déchets sont envoyés directement à la chambre de chauffe de la machine à vapeur. On voit en A, à droite, au ras du plancher, une ventouse qui absorbe les balayures de l'atelier. (Strack et C^o.)

