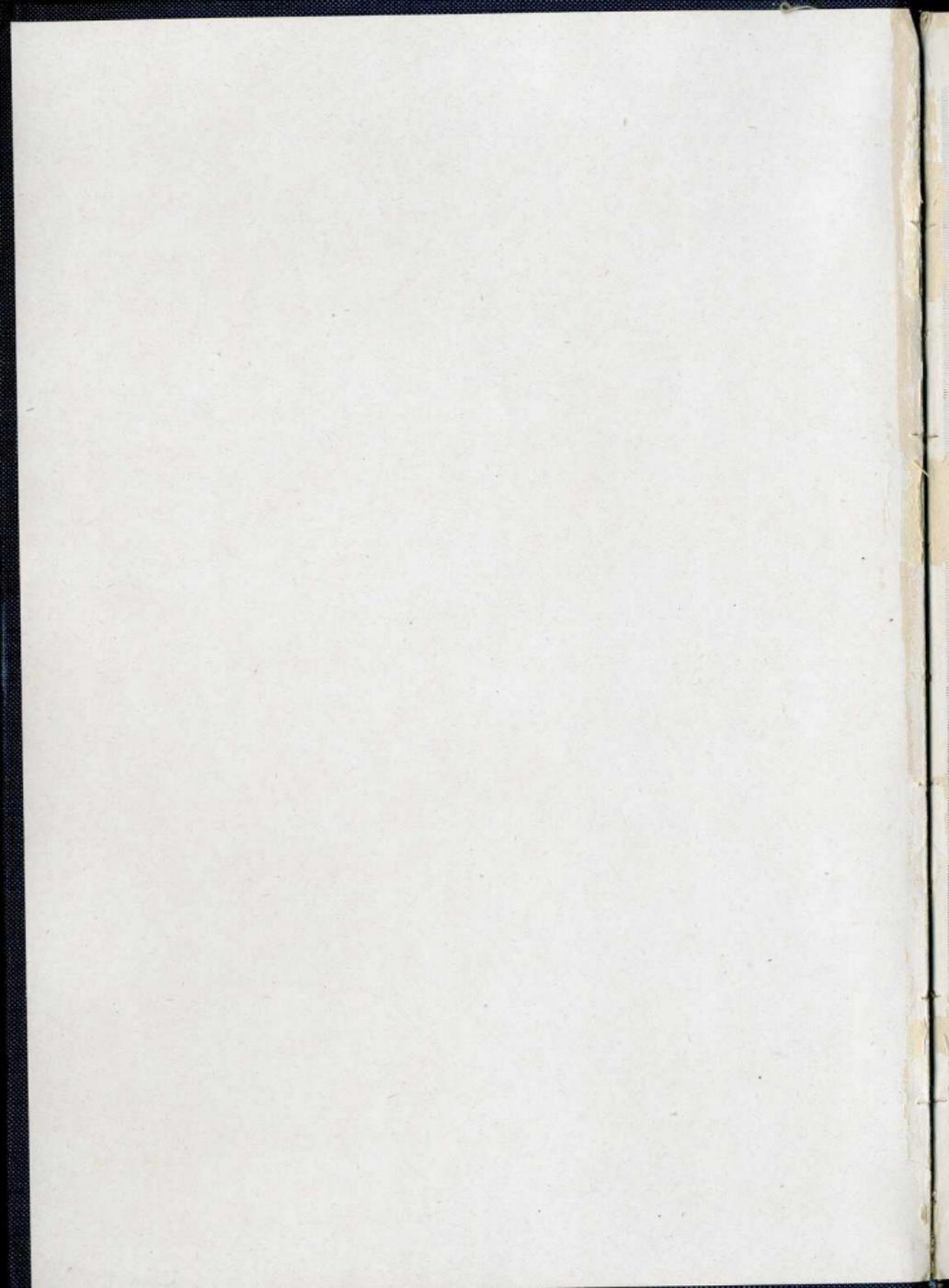


LA VAPEUR



SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES CONSTRUCTIONS
BABCOCK & WILCOX





SOCIÉTÉ FRANÇAISE
DES CONSTRUCTIONS
BABCOCK & WILCOX

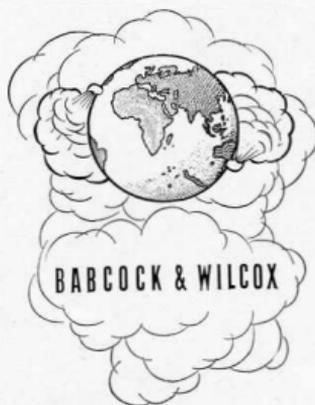
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 18.000.000 DE FRANCS

SIÈGE SOCIAL : 48, RUE LA BOËTIE, PARIS (VIII^e)

TÉLÉPHONE : ÉLYSÉES 05-19, 41-25, 41-26 et 84-98

CHAUDIÈRES " BABCOCK & WILCOX "

ATELIERS : LA COURNEUVE (Seine)



AGENCES RÉGIONALES :

BORDEAUX, 30, Boulevard Antoine-Gautier Tél. 24-64
LILLE, 61, Rue du Molinel Tél. 10-09
LYON, 101, Boulevard des Belges Tél. V. 31-98
MARSEILLE, 21, Cours Devilliers Tél. C. 28-79

MONTPELLIER, 1, Rue Boussairolles Tél. 8-30
NANCY, 47, Rue Gambetta Tél. 4-09
REIMS, 49, Rue de Châtivesle Tél. 9-16
ROUEN, 17, Quai du Havre Tél. 24-13

ADRESSES TÉLÉGRAPHIQUES :

BUREAUX : BABCOCK-PARIS 47

AGENCES : BABCOCK suivi du nom du siège de l'Agence.

ATELIERS : BABCOCK-LA-COURNEUVE

Vue aérienne des Ateliers
de la
Société Française des Constructions
BABCOCK & WILCOX
à La Courneuve (Seine)

Fig. 1.

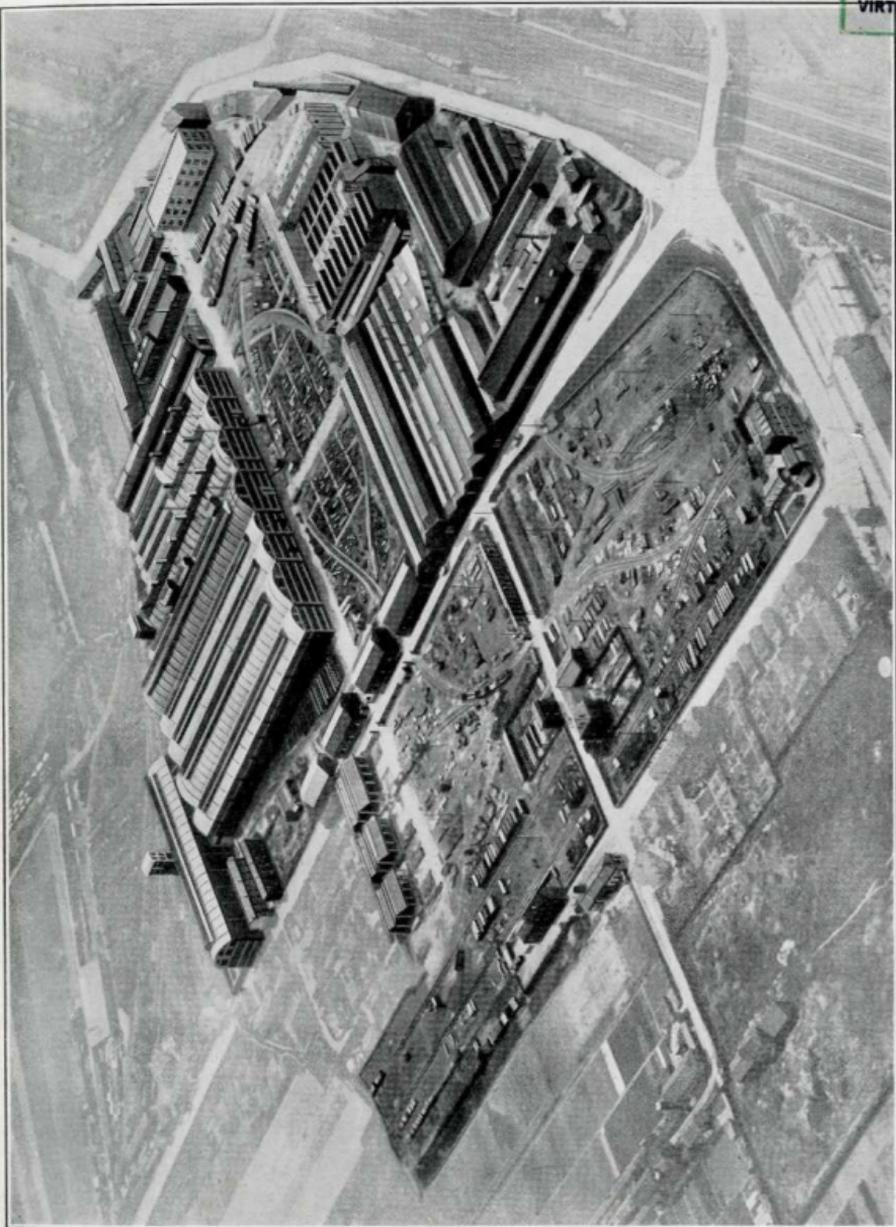
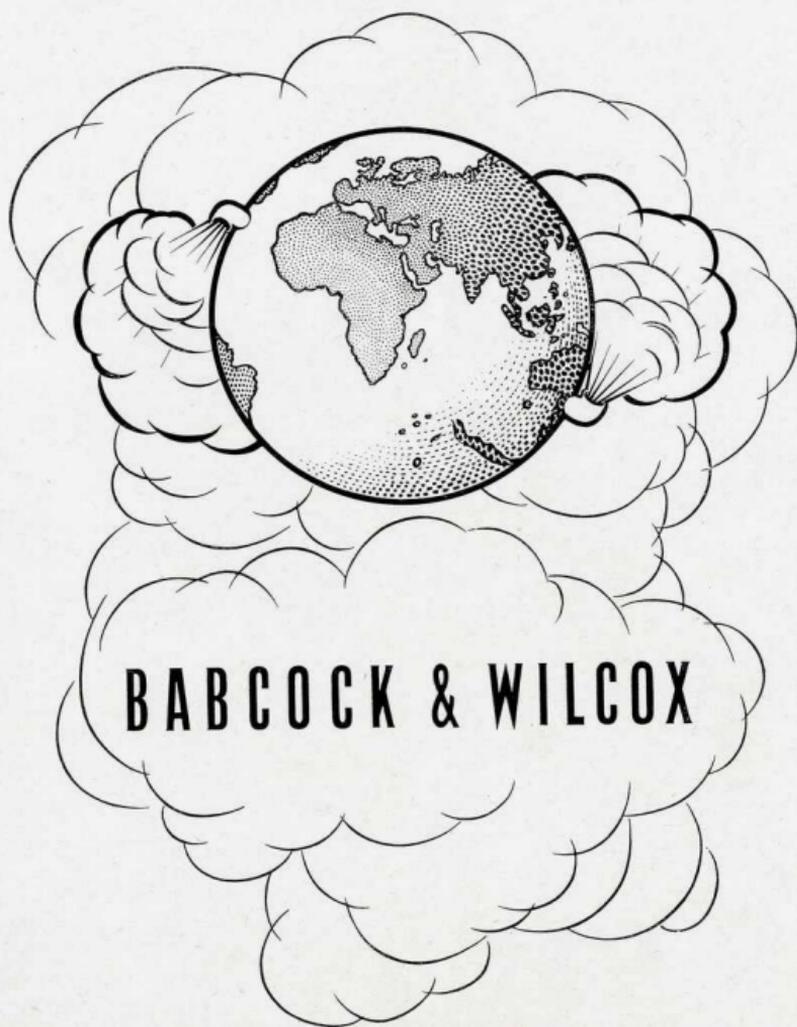


Fig. 1.



MARQUE DÉPOSÉE

Fig. 2.



LA VAPEUR

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
CHAPITRE I. — Propriétés de la vapeur d'eau.....	7
CHAPITRE II. — Emploi et production de la vapeur.....	15
CHAPITRE III. — Les Chaudières multitubulaires Babcock et Wilcox	31
CHAPITRE IV. — Surchauffeurs dépendants, Surchauffeurs indépendants, Économiseurs, Réchauffeurs d'air.....	49
CHAPITRE V. — Combustibles. Foyers spéciaux. Combustibles pulvérisés. Chaudières de récupération. Distillation à basse température.....	69
CHAPITRE VI. — La Grille mécanique Babcock et Wilcox . Le tirage.....	117
CHAPITRE VII. — Utilisation de la vapeur d'eau à haute pression.....	149
CHAPITRE VIII. — Épuration des eaux d'alimentation.....	159
CHAPITRE IX. — Conduite et entretien des Chaudières, des Surchauffeurs et des Grilles mécaniques. Turbines de nettoyage. Ramonage Diamond.....	165
CHAPITRE X. — Manutention mécanique. Enlèvement pneumatique des mâchefers.....	189
CHAPITRE XI. — Stations centrales d'Électricité.....	205



CHAPITRE PREMIER

Propriétés de la vapeur d'eau

I. — L'EAU A DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES

QUATRE températures sont à noter pour l'eau :
 1° La température de fusion: 0° C ou 273° absolu.

2° La température du maximum de densité : 4° C.

Le poids du litre d'eau pure à 4° sous la pression atmosphérique est de 1 kilogramme.

3° La température d'ébullition sous la pression atmosphérique : 100° C.

4° La température du point critique : 374° C. sous une pression de 225 kilogrammes par centimètre carré absolu, pour laquelle le volume spécifique de la vapeur d'eau saturante est égal à celui du liquide. Cette température de 374° est la limite au-dessus de laquelle il n'est pas possible d'avoir de l'eau liquide quelle que soit la pression.

Le Congrès international de physique de 1900 a choisi pour unité de quantité de chaleur, la quantité nécessaire pour élever de 15° à 16° C. la température de 1 gramme d'eau liquide sous la pression normale. Cette unité thermique est la chaleur spécifique de l'eau : on l'appelle calorie-gramme ou petite calorie. Mais on se sert généralement d'une unité mille fois plus grande, la calorie-kilogramme ou grande calorie qui est la quantité de chaleur nécessaire pour élever 1 kilogramme d'eau de 15° à 16°.

Les travaux de Regnault sur les chaleurs spécifiques de l'eau par la méthode des mélanges entre 0° et 200° l'ont conduit à l'expression suivante de la quantité de chaleur nécessaire pour échauffer 1 kilogramme d'eau de 0° à t°.

$$q'_0 = t + 0,00002 t^2 + 0,0000003 t^3$$

d'où l'expression de la chaleur spécifique vraie à t° :

$$c = 1 + 0,00004 t + 0,0000009 t^2$$

De tous les liquides l'eau est celui qui possède le pouvoir dissolvant le plus étendu.

Le tableau ci-dessous indique la solubilité dans l'eau des sels les plus courants en fonction de la température.

Nombre de grammes de sel anhydre solubles dans 1 000 grammes d'eau :

	0°	50°	100°
	Grammes	Grammes	Grammes
Chlorure de calcium.....	595	»	1.590
Sulfate de calcium	1,85	2,08	1,6
Bicarbonate de calcium...	0,9	»	»
Chlorure de potassium...	285	429	566
Chlorure de magnésium...	528	»	730
Sulfate de magnésium ..	408	504	738
Carbonate de sodium ...	204	475	452
Chlorure de sodium	356	367	391
Soude	420	1.450	»
Sulfate de sodium	50	468	427

La solubilité de la plupart des sels augmente avec la température : pour certains cependant, le chlorure de sodium par exemple, la solubilité reste à peu près constante ; d'autres enfin, et parmi eux le sulfate de calcium, celui qui doit préoccuper le plus l'exploitant de chaudières, ont un maximum de solubilité à température relativement basse et un minimum vers les températures couramment obtenues dans les chaudières : de sorte qu'ils s'y déposent en abondance dès que les conditions voulues sont réalisées.

Lorsque l'eau contient de l'acide carbo-

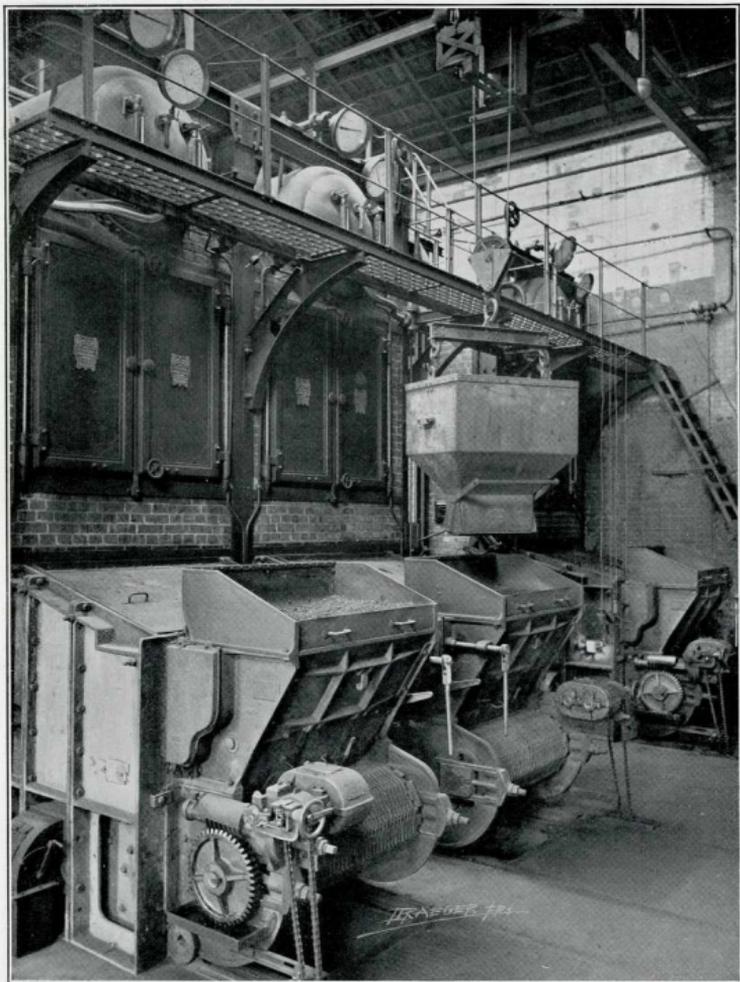


Fig. 3. — ÉTABLISSEMENTS ROY FRÈRES ET BERGER. — Installation, à la Filature de la Ruche, Rouen, de 3 Chaudières **Babcock et Wilcox**, formant une surface de chauffe de 450 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Tuyauteries et Transporteur mécanique : Systèmes **Babcock et Wilcox**.



nique, elle dissout plus aisément certains sels minéraux ; mais, portée à la température d'ébullition, elle laisse se dégager ce gaz, et les sels dont il avait favorisé la dissolution se précipitent.

On trouvera dans le tableau ci-dessous la solubilité des principaux gaz dans l'eau. Ce tableau indique le nombre de mètres cubes de gaz solubles dans un mètre cube d'eau à la pression atmosphérique et aux températures de 0°, 20° et 100° C.

	0°	20°	100°
	Mètres cubes.	Mètres cubes.	Mètres cubes.
Air	0,032	0,020	0,012
Oxygène	0,053	0,034	0,0185
Azote	0,026	0,017	0,0105
Acide carbonique.....	1,87	0,96	0,26

On trouvera plus loin, dans le chapitre relatif à l'épuration, tous les renseignements complémentaires sur la solubilité des gaz et des sels.

Nous ajouterons seulement ici, à titre de renseignement, la composition moyenne de l'eau de mer :

Carbonate de calcium....	0 ^{gr} ,129	par litre.
Sulfate de calcium.....	1 ^{gr} ,574	—
— de magnésium.....	2 ^{gr} ,244	—
Chlorure de magnésium...	3 ^{gr} ,667	—
— de sodium.....	26 ^{gr} ,192	—
	33 ^{gr} ,806	

La densité de l'eau de mer varie de 1,025 à 1,028. L'analyse ci-dessus est basée sur une densité de 1,0276 à 16°,6 C.

Vapeur d'eau saturée.

La glace fond à 0°. Lorsque la fusion d'un kilogramme de glace est complète, chaque calorie apportée à l'eau élève sa température d'environ 1° ; celle-ci cesse de s'élever lorsque est atteinte la température dite de saturation à laquelle l'ébullition commence : sous la pression d'une atmosphère elle est de 100° C. par définition, mais elle croît rapidement lorsque la pression augmente. A 16 kilogrammes absolus, par exemple, elle est de 200°.

Lorsque la saturation est atteinte, chaque calorie ajoutée à la masse d'eau sert à la transformer en vapeur, la température reste invariable tant que l'eau n'est pas complètement vaporisée. On donne le nom de chaleur latente de vaporisation à la chaleur ainsi absorbée par cette transformation.

La somme de la chaleur latente (r) et de la chaleur d'échauffement (q) s'appelle chaleur totale de vaporisation (λ), on a :

$$\lambda = q + r.$$

Les premiers expérimentateurs ont trouvé que (r) variait d'une façon linéaire en fonction de la température de saturation. Regnault qui opéra entre 0° et 220° donne l'expression connue :

$$\lambda = 606,5 + 0,305 t.$$

Cette loi linéaire acceptable entre 0° et 100° ne l'est plus au delà de cette température.

Plus récemment, Stodola montra que, quand la pression augmente, λ croît d'abord assez rapidement jusqu'à un maximum correspondant à une pression de 25 kilogrammes, puis décroît ensuite.

Knoblauch, Raisch et Hausen ont trouvé que ce maximum n'était pas 25 kilogrammes mais 29 kilogrammes environ. Jusqu'à 200°, les résultats publiés par ces auteurs correspondent presque exactement avec ceux de Stodola. Les uns et les autres mettent en évidence le fait suivant qui est de la plus haute importance : la chaleur nécessaire pour produire de la vapeur saturée à très haute pression n'est pas plus grande que celle qui est nécessaire pour produire de la vapeur aux basses pressions. Comme aux hautes pressions correspondent des hautes températures, et par conséquent, une plus grande valeur des calories contenues dans la vapeur, on s'explique le développement de l'emploi des hautes pressions dans les industries qui utilisent les chaudières à vapeur.

Vapeur d'eau surchauffée.

On sait que lorsqu'une vapeur existe en présence de l'eau qui lui a donné naissance sous une pression donnée, on ne peut, en chauffant, élever la température qui reste égale à la température de saturation.

C'est seulement lorsque toute l'eau s'est vaporisée que la température de la vapeur peut s'accroître. La vapeur chauffée ainsi, hors de la présence du liquide qui lui a donné naissance, est dite *surchauffée*.

Un autre moyen d'obtenir de la vapeur surchauffée consiste à détendre la vapeur sans travail, c'est-à-dire en maintenant constante la chaleur totale.

Mais industriellement la surchauffe de la vapeur se fait à pression constante, pression égale à celle de la chaudière, car il y a commu-

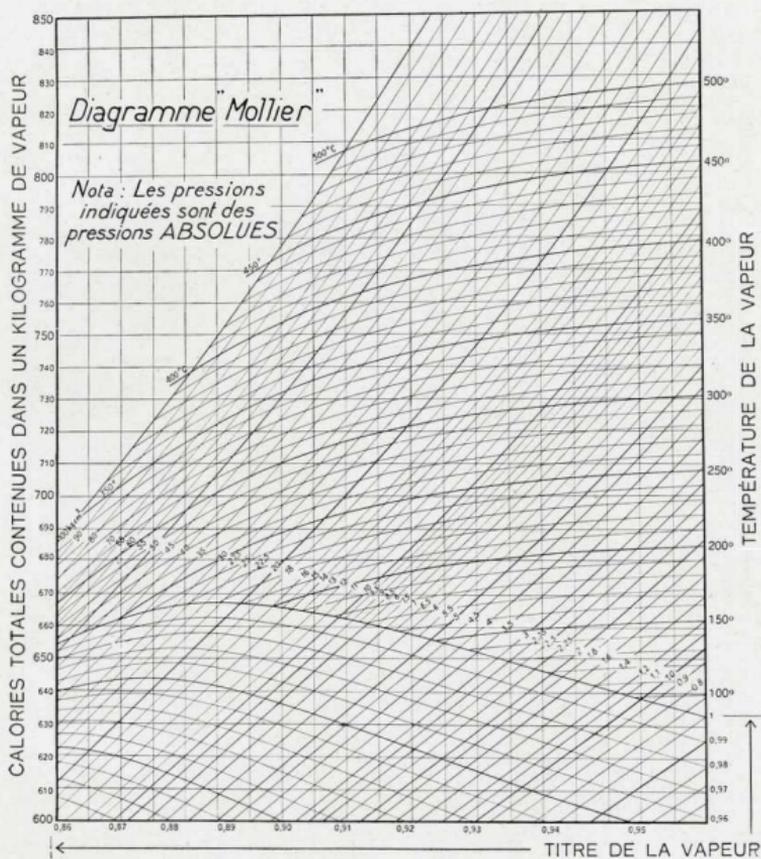


Fig. 4. — DIAGRAMME MOLLIER.



nication entre le réservoir de la chaudière et le surchauffeur.

Regnault, le premier, a cherché à déterminer la chaleur spécifique de la vapeur surchauffée : ses expériences furent circonscrites à la pression atmosphérique et à des températures variant entre 123° et 231° C. Il trouva dans ces conditions des chiffres très voisins de $c = 0,48$.

On crut pouvoir en conclure, un peu hâtivement, que la chaleur spécifique était indépendante de la température et de la pression.

D'autres auteurs reprirent la question ; tous s'accordèrent pour déclarer que la chaleur spécifique de la vapeur surchauffée variait avec la température, mais les résultats qu'ils publièrent furent assez différents, en ce qui concerne tout au moins la chaleur spécifique à température déterminée.

Les valeurs intéressantes, celles relatives à la chaleur spécifique moyenne entre la température de saturation et la température de surchauffe réalisée concordent par contre assez bien : on peut prendre sans grande erreur, pour un calcul rapide, le chiffre moyen $c = 0,585$ pour les pressions et les températures couramment adoptées aujourd'hui.

Il sera évidemment préférable de prendre les résultats que nous donnons dans le tableau suivant qui résume les tous derniers travaux. On y trouvera en outre les valeurs des volumes spécifiques et des poids spécifiques de la vapeur surchauffée aux températures et aux pressions usuelles.

Pour les pressions ou les températures qui ne figureraient pas dans ce tableau, on se reporterait au diagramme de Mollier (p. 10), dérivé du diagramme entropique dont les ordonnées représentent les chaleurs totales de la vapeur à différentes pressions et à différentes températures. Ces renseignements suffisent dans la plupart des cas.

Intérêt des hautes pressions et hautes surchauffes.

On sait que le rendement théorique d'une machine, n'ayant pour pertes que les pertes au condenseur, est, d'après Carnot :

$$\rho = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Deux moyens se présentent donc d'augmenter le rendement d'une machine : augmenter T_1 , température de la source chaude, ou diminuer T_2 , température de la source froide.

Il est évident que l'on est limité pour T_2 par la température de la seule source de froid économique : l'eau.

Les meilleurs condenseurs donnent un vide de 95 p. 100 qui correspond à une température de 33° : on ne saurait pratiquement descendre au-dessous de cette limite.

Il faut donc s'efforcer d'augmenter T_1 , température de la source chaude. Malheureusement on est encore limité dans cette voie par des considérations d'ordre pratique : les métallurgistes ne sont pas encore arrivés à fabriquer économiquement des métaux capables de résister à de fortes pressions et de hautes températures ; de sorte qu'à l'heure actuelle, on ne saurait sans inconvénient s'aventurer très au delà de 425-450°.

Cela est fort regrettable, l'examen du diagramme de Mollier montre en effet que pour obtenir une vapeur contenant un nombre donné de calories, c'est-à-dire demandant pour sa production une consommation donnée de combustible, il existe une infinité de solutions. Par exemple : des vapeurs à 400° (80 kilogrammes), 378° (50 kilogrammes), 353° (20 kilogrammes), 345° (10 kilogrammes) ont la même chaleur totale de 750 calories. Mais en opérant à haute pression, on obtiendra de la vapeur à plus haute température, donc de plus haute valeur d'usage.

Propriétés de la

Pressions absolues. ps = Kg./cm ² .	Température de saturation T _s .	Chaleur d'échauffement. Cal.	Chaleur latente de vaporisation. Cal.	Chaleur totale de vaporisation. Cal.	Volumes spécifiques		
					à T _s	250°	300°
Kilos.							
0,1	45,44	45,4	571,8	617,2	14,96	24,50	26,88
0,2	59,66	59,65	563,7	623,35	7,80	12,25	13,44
0,3	68,68	68,7	558,5	627,2	5,33	8,16	8,96
0,4	75,42	75,4	554,6	630,0	4,06	6,12	6,72
0,5	80,87	80,9	551,35	632,25	3,290	4,90	5,39
0,6	85,45	85,5	548,6	634,1	2,775	4,08	4,48
0,7	89,45	89,5	546,2	635,7	2,400	3,50	3,84
0,8	92,99	93,0	544,1	637,1	2,115	3,06	3,36
0,9	96,17	96,3	542,0	638,3	1,900	2,72	2,98
1	99,08	99,2	540,25	639,45	1,721	2,45	2,69
2	119,61	120,0	526,9	646,9	0,902	1,22	1,34
3	132,87	133,5	517,7	651,2	0,615	0,810	0,891
4	142,91	143,8	510,4	654,2	0,471	0,608	0,668
5	151,10	152,3	504,1	656,4	0,382	0,475	0,533
6	158,07	159,5	498,7	658,2	0,322	0,399	0,440
7	164,16	165,8	493,7	659,5	0,278	0,344	0,379
8	169,59	171,5	489,2	660,7	0,245	0,298	0,330
9	174,52	176,6	485,0	661,6	0,219	0,266	0,294
10	179,03	181,4	481,1	662,5	0,198	0,236	0,262
11	183,20	185,8	477,4	663,2	0,181	0,216	0,240
12	187,08	189,9	473,8	663,7	0,167	0,194	0,218
13	190,71	193,8	470,4	664,2	0,154	0,182	0,202
14	194,14	197,4	467,2	664,6	0,144	0,167	0,186
15	197,37	200,8	464,1	664,9	0,136	0,156	0,174
16	200,44	204,1	461,2	665,2	0,126	0,145	0,162
17	203,36	207,3	458,3	665,6	0,119	0,137	0,154
18	206,15	210,2	455,55	665,75	0,1125	0,128	0,146
19	208,82	213,1	452,9	666,0	0,1066	0,123	0,138
20	211,39	215,9	450,2	666,1	0,1012	0,115	0,129
21	213,85	218,6	447,7	666,3	0,0966	0,109	0,124
22	216,24	221,15	445,25	666,4	0,0923	0,105	0,117
23	218,53	223,6	442,9	666,5	0,0884	0,099	0,113
24	220,75	226,1	440,55	666,65	0,0847	0,0940	0,106
25	222,90	228,4	438,3	666,7	0,0816	0,0910	0,103
26	224,99	230,7	436,0	666,7	0,0783	0,0859	0,099
27	227,02	232,9	433,85	666,75	0,0755	0,0840	0,095
28	228,99	235,1	431,7	666,8	0,0727	0,0790	0,090
29	230,90	237,2	429,6	666,8	0,0701	0,0770	0,088
30	232,77	239,25	427,55	666,8	0,0678	0,0730	0,084
35	241,40	248,9	417,8	666,7	0,05816	0,0603	0,0706
40	249,20	257,5	408,9	666,4	0,05069		0,0607
50	262,72	272,85	392,9	665,75	0,04007		0,04689
60	274,32	286,1	379,05	665,15	0,03289		0,03738
70	284,5	298,0	357,3	655,30	0,02769		0,03035
80	293,6	308,8	341,8	650,6	0,02374		0,02485
90	301,9	319,0	326,7	645,7	0,02064		
100	309,5	328,7	311,8	640,5	0,01815		
120	323,1	347,3	282,4	629,7	0,01437		
140	335,0	365,3	253,3	618,6	0,01164		
160	345,7	383,4	222,8	606,2	0,00956		
180	355,4	401,9	190,7	592,6	0,00782		
200	364,2	425,6	147,3	572,9	0,00614		
225	374,0	501,1	0	501,1	0,00508		

en mc par kilogramme.		Poids spécifiques en kilogrammes par mc.					Pressions absolues. ps = Kg./cm ² .
350°	400°	à Ts	250°	300°	350°	400°	Kilos.
29,24	31,64	0,06631	0,0408	0,0372	0,0342	0,0316	0,1
14,62	15,82	0,1282	0,0816	0,0744	0,0684	0,0633	0,2
9,75	10,55	0,1876	0,1224	0,1116	0,1026	0,0949	0,3
7,31	7,91	0,2462	0,1632	0,1488	0,1368	0,1266	0,4
5,85	6,32	0,3039	0,2040	0,1860	0,1710	0,1582	0,5
4,88	5,26	0,3603	0,2448	0,2232	0,2052	0,1899	0,6
4,19	4,51	0,4167	0,2856	0,2604	0,2394	0,2215	0,7
3,66	3,95	0,4728	0,3264	0,2976	0,2736	0,2532	0,8
3,25	3,50	0,5263	0,3672	0,3348	0,3078	0,2848	0,9
2,92	3,16	0,5807	0,4080	0,3720	0,3420	0,3165	1
1,46	1,58	1,1104	0,8190	0,7457	0,6849	0,6333	2
0,973	1,08	1,6224	1,232	1,121	1,029	0,9206	3
0,727	0,789	2,1239	1,647	1,497	1,374	1,269	4
0,581	0,630	2,6177	2,066	1,876	1,718	1,587	5
0,486	0,523	3,1058	2,506	2,272	2,114	1,912	6
0,415	0,449	3,5891	2,907	2,639	2,410	2,227	7
0,361	0,392	4,0683	3,356	3,030	2,770	2,551	8
0,322	0,348	4,5448	3,759	3,401	3,106	2,865	9
0,288	0,312	5,018	4,237	3,816	3,478	3,205	10
0,262	0,285	5,489	4,630	4,167	3,817	3,509	11
0,239	0,260	5,960	5,102	4,587	4,184	3,846	12
0,221	0,241	6,425	5,525	4,951	4,525	4,149	13
0,205	0,222	6,889	5,964	5,376	4,877	4,504	14
0,191	0,208	7,352	6,410	5,747	5,236	4,808	15
0,179	0,195	7,933	6,900	6,172	5,586	5,128	16
0,169	0,184	8,417	7,299	6,496	5,917	5,434	17
0,159	0,174	8,896	7,812	6,849	6,289	5,747	18
0,152	0,166	9,376	8,130	7,246	6,578	6,024	19
0,143	0,153	9,860	8,695	7,752	6,993	6,536	20
0,136	0,150	10,340	9,175	8,064	7,352	6,68	21
0,129	0,141	10,827	9,615	8,547	7,752	7,06	22
0,125	0,135	11,310	10,101	8,849	8,000	7,42	23
0,118	0,129	11,800	10,625	9,434	8,474	7,77	24
0,115	0,123	12,285	10,988	9,708	8,695	8,12	25
0,109	0,118	12,764	11,627	10,106	9,101	8,48	26
0,106	0,113	13,266	11,904	10,526	9,433	8,80	27
0,100	0,109	13,754	12,658	11,111	10,000	9,16	28
0,098	0,105	14,245	12,987	11,363	10,203	9,50	29
0,093	0,101	14,745	13,689	11,905	10,752	9,88	30
0,07916	0,08703	17,20	16,58	14,16	12,64	11,49	35
0,06863	0,07567	19,73	19,65	16,45	14,58	13,21	40
0,05383	0,05980	24,96		21,32	18,73	16,72	50
0,04389	0,04918	30,41		26,74	22,78	20,33	60
0,03672	0,04156	36,12		32,94	27,25	24,07	70
0,03126	0,03583	42,13		40,24	32,0	27,93	80
0,02694	0,03135	48,45			37,10	31,90	90
0,02341	0,02773	55,11			42,74	36,10	100
0,01789	0,02224	69,60			55,90	45,05	120
0,01366	0,01821	85,91			73,21	54,91	140
0,01018	0,01509	104,6			98,23	65,27	160
	0,01256	128,0				79,62	180
	0,01043	162,9				95,88	200
	0,00858	196,9				116,6	225

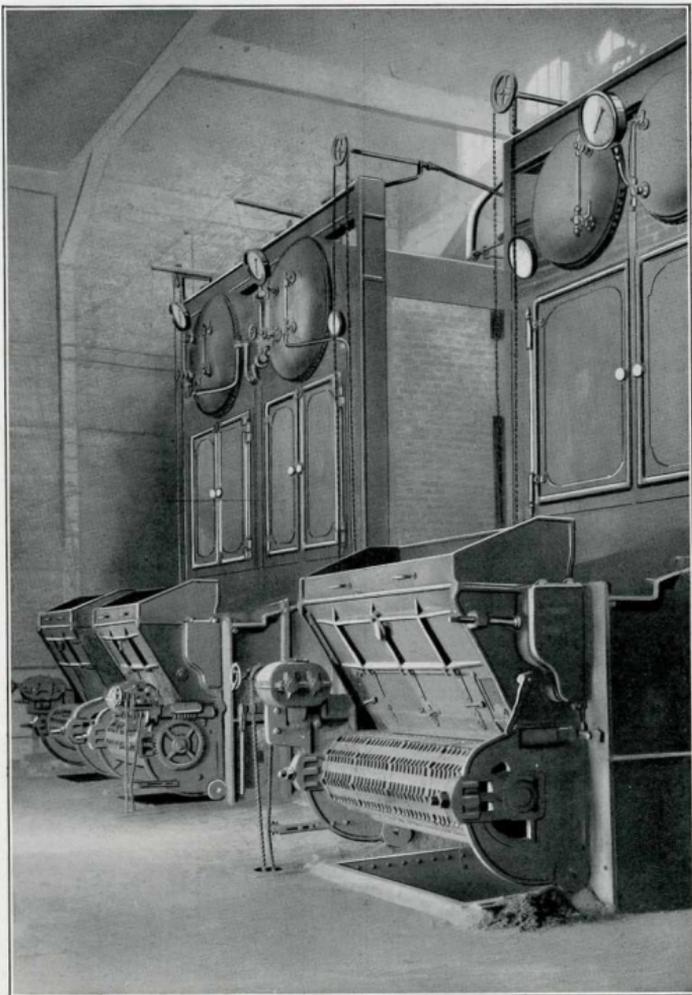


Fig. 5. — GEISMAR, LÉVY ET C^{ie}. — Installation, à la Papeterie de Stains (Seine), de 4 Chaudières **Babcock et Wilcox**, formant une surface de chauffe totale de 800 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques. Transporteur mécanique : Systèmes **Babcock et Wilcox**.



CHAPITRE II

Emploi et production de la vapeur

Economie et sécurité dans la production de la vapeur.

DURANT ces dix dernières années, on a beaucoup perfectionné les moyens d'économiser le charbon. Bien qu'on utilise de plus en plus d'autres combustibles, tels que : le pétrole, le bois, la tourbe, la sciure, la bagasse de canne à sucre, les gaz de hauts fourneaux, les gaz des fours à coke, les chaleurs perdues des fours, ou les produits de l'incinération des ordures ménagères, la demande de vapeur augmente si rapidement que, malgré l'accroissement de sa production, le prix du charbon augmente constamment et que l'économie dans son utilisation est une question qui prend chaque jour de plus en plus d'importance.

Les perfectionnements apportés depuis un quart de siècle dans la production et l'utilisation de la vapeur peuvent être mis en évidence par ce fait que tandis qu'il y a vingt ans, il fallait 0,5 à 0,6 mètre carré de surface de chauffe d'une chaudière pour produire un cheval-vapeur, il n'en faut plus maintenant que 0,2 ou 0,3 et encore par cette autre remarque que tandis qu'auparavant il fallait dans beaucoup d'installations de 1,5 à 2 kilogrammes de charbon pour produire un cheval-vapeur, on peut aujourd'hui, obtenir un cheval-vapeur heure avec 0,5 ou 0,4 kilogramme de bon charbon.

En ce qui concerne la production de la vapeur, c'est principalement sur la chaudière, le surchauffeur et la grille mécanique que doit porter la principale attention et nous estimons que leur dessin et leur construction doivent être réglés par les considérations suivantes :

Conditions auxquelles doit satisfaire un parfait générateur.

1^o Pour les hautes pressions nécessaires pour atteindre l'économie maximum, il ne faut utiliser que des matériaux de la meilleure qualité mis en œuvre par les meilleurs ouvriers.

De même, il ne faut se servir que des meilleurs niveaux d'eau, soupapes de sûreté et autres garnitures de chaudière ;

2^o Une circulation bien définie de l'eau est indispensable afin de maintenir toutes les parties de la chaudière à une température uniforme ;

3^o Les gaz les plus chauds du foyer ne devront être en contact avec aucun joint rivé ou à brides ;

4^o On devra ménager un collecteur de dépôts éloigné de l'action du feu et destiné à emmagasiner temporairement les impuretés abandonnées par l'eau ;

5^o Le réservoir d'eau et de vapeur devra être disposé par rapport à la circulation de l'eau de telle sorte que les dégagements de vapeur ne soient pas tumultueux ;

6^o La chaudière sera construite par sections afin d'obtenir le maximum de sécurité et de prévenir la possibilité d'une explosion désastreuse principalement avec les hautes pressions ;

7^o Les surfaces de chauffe devront se présenter normalement à la direction des gaz chauds, le courant de ceux-ci devra être dirigé par des chicanes convenablement disposées ;

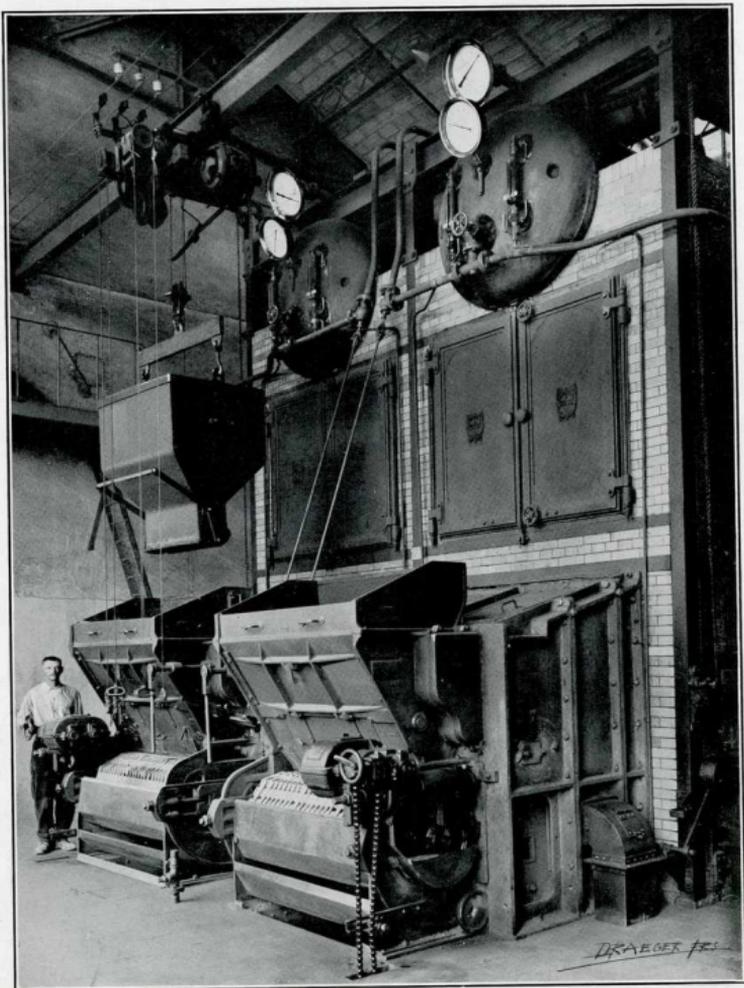


Fig. 6. — ÉTABLISSEMENTS DUPRÉ. — Installation, à l'Usine de Bonneterie de Romilly-sur-Seine (Aube), de 7 Chaudières Babcock et Wilcox, formant une surface totale de chauffe de 834 mètres carrés, avec Grilles mécaniques et Transporteur mécanique : Systèmes Babcock et Wilcox.

8° La chambre de combustion sera suffisamment vaste et appropriée à la nature du combustible employé. La chauffe mécanique est préférable à la chauffe à la main, car elle assure une meilleure combustion du charbon et permet l'emploi de combustibles inférieurs.

La grille mécanique devra être d'une construction simple, robuste, et les pièces susceptibles de s'user devront être parfaitement remplaçables ; elle devra être fumivore et se décrocher automatiquement. L'emploi d'une grille mécanique qui ne serait pas à décrochage automatique, ne produirait aucun bénéfice appréciable dans la main-d'œuvre ;

9° Le surchauffeur devra pouvoir se dilater librement ; on ne devra employer, pour les parties exposées aux gaz du foyer, aucun joint rivé ou à brides, mais tous les joints devront être mandrinés ;

Les tubes du surchauffeur devront être sans soudure sans exception. Si l'on ne s'astreint pas à ces règles, il est impossible de maintenir étanche un surchauffeur ;

10° Toutes les parties de la chaudière et du surchauffeur devront être facilement accessibles pour réparations et nettoyage aussi bien que pour la visite intérieure.

De l'importance qu'il y a à prévenir les explosions.

Il est incontestable que les types ordinaires de chaudières peuvent, par leur explosion, causer de grands désastres. La liste des accidents de cette nature s'allonge chaque année presque chaque jour.

Un générateur renferme une quantité de matière explosive largement suffisante pour rendre compte de toutes les destructions. Le professeur Thurston (1) estime que l'énergie emmagasinée dans la matière explosive d'une chaudière cylindrique simple, fonctionnant à 7 atmosphères, suffirait à projeter toute la partie métallique à une hauteur de plus de 5.500 mètres. Dans les mêmes conditions, une chaudière à double foyer intérieur pourrait être projetée à une hauteur de 4.000 mètres, une chaudière type locomotive, renfermant de la vapeur à 9 atmosphères, à plus de 1.000 mètres, enfin, une chaudière tubulaire de 60 chevaux, à retour de flamme, avec une pression de 5 atmosphères, à plus de 1.600 mètres. Le professeur Thurston ajoute : « Dans 60 kilogrammes d'eau saturée à la pression de 4 à 5 atmosphères, il y a autant

d'énergie explosive que dans 1 kilogramme de poudre à canon et, à la température du rouge sombre, l'énergie de cette eau serait encore 40 fois plus grande. »

Parlant ensuite des chaudières à tubes d'eau, le savant professeur dit : « En général, l'énergie emmagasinée dans ces chaudières est moindre que dans les chaudières dont j'ai parlé plus haut ».

Il est donc évident que si l'on admet que les premières présentent plus de sécurité, ce n'est pas à cause de la petite capacité de leur chambre d'eau, mais bien à cause du fractionnement de la matière explosive et particulièrement des détails de construction de la chaudière dont l'effet est de localiser toute rupture. Une explosion ne devient désastreuse que par la rupture de la chaudière tout entière et la brusque mise en liberté d'une énorme masse d'eau saturée à haute pression, qui se vaporise instantanément.

Causes d'explosion.

Les causes d'explosion des chaudières cylindriques et de leurs dérivés, chaudières marines, locomotives et à foyer vertical, sont bien connues, et il est rare qu'on ne puisse établir immédiatement les causes d'une explosion survenue à un de ces types de chaudières. Mais le nombre de ces causes est si considérable, et d'ailleurs elles ont été si bien étudiées, qu'il n'est pas actuellement un ingénieur ou un industriel servant de ces chaudières qui ne les connaisse et qui ne sache qu'en les utilisant, il faut en avoir grand soin et y apporter une vigilance de tous les instants.

Dans cet ordre d'idées et au point de vue de la sécurité, il est nécessaire de faire une exception en faveur de la chaudière à tubes d'eau.

En supposant même que les causes qui peuvent produire des explosions dans une chaudière cylindrique ou d'un type dérivé ne soient pas réputées pour être si nombreuses, les effets de dévastation de ces explosions donnent de bonnes raisons à l'usiner de se méfier des dangers inhérents à ces types de chaudières. Les vues qui figurent pages 18, 19, 20 et 21, sont des démonstrations évidentes des dégâts causés par leur explosion.

Il est bien certain que tous les types de chaudières cylindriques ne sont pas également dangereux, quelques-uns le sont plus que d'autres. Il est certain que les chaudières à retour de flamme ou à tubes de fumée et dans lesquelles le feu agit sur le fond de la

(1) Extrait de *American Society of Mechanical Engineers*, vol. VI, p. 199.



Fig. 7.

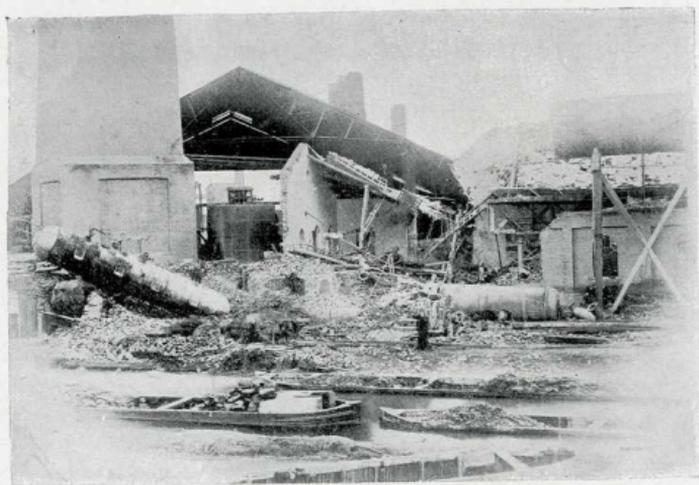


Fig. 8.

chaudière sont les plus dangereuses, du fait que les impuretés de l'eau se déposent justement aux points soumis à la plus grande chaleur, c'est-à-dire au fond de la chaudière. La chaudière locomotive et la chaudière marine à retour de flamme sont également dangereuses principalement à cause des surfaces planes entretroisées qui subissent des efforts considérables et non calculables du fait de la rupture fréquente des entretroises. Les types Lancashire et Cornouailles sont dans de meilleures conditions au point de vue des explosions, bien que les effets de celles-ci, quand elles arrivent, soient également des plus sérieux (fig. 7 et 8).

Sécurité relative des différentes formes de chaudières à tubes d'eau.

Bien que d'une manière générale, les chaudières à tubes d'eau puissent, avec raison, être considérées comme à l'abri des effets destructifs des explosions de chaudières à bouilleurs, encore ne doit-on pas en conclure qu'à cet égard toutes les chaudières à tubes d'eau sans exception rentrent dans ce cas.

Il y a parmi les chaudières dites à tubes d'eau des catégories en ce qui concerne la sécurité. Si on se réfère par exemple aux figures 9 et 10 montrant les effets de l'explosion d'une chaudière **Climax**, on observera que le réservoir central, percé d'une infinité de trous, est

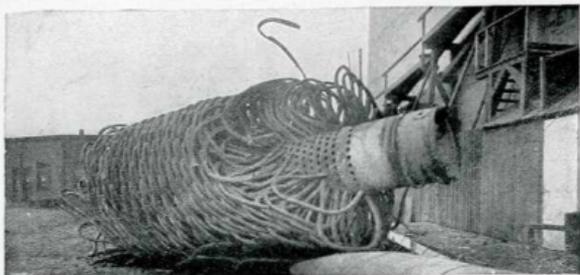


Fig. 9.

d'une construction bien faible et que des incrustations peuvent se déposer à la partie la plus basse qui reçoit l'action directe du foyer. Ce sont ces fautes de conception de la chaudière qui, sans aucun doute, furent la cause de l'explosion.

Il y a en outre des types de chaudières ayant à l'avant et à l'arrière de grandes chambres d'eau entretroisées, dont l'une des faces reçoit les tubes, et qui ont montré à l'usage qu'elles ne possédaient nullement les éléments de sécurité que l'on attribue généralement aux



Fig. 10.

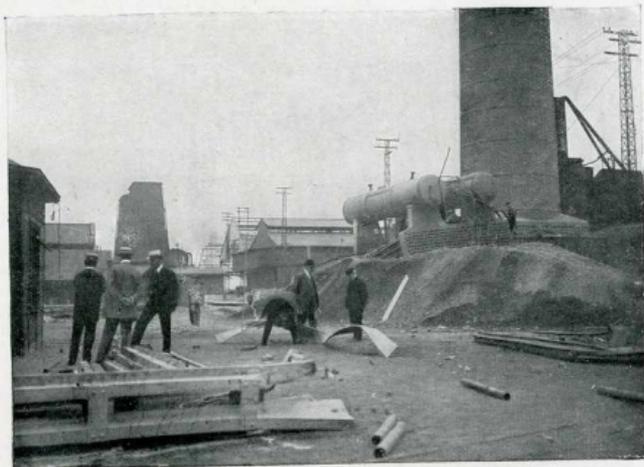


Fig. 11.

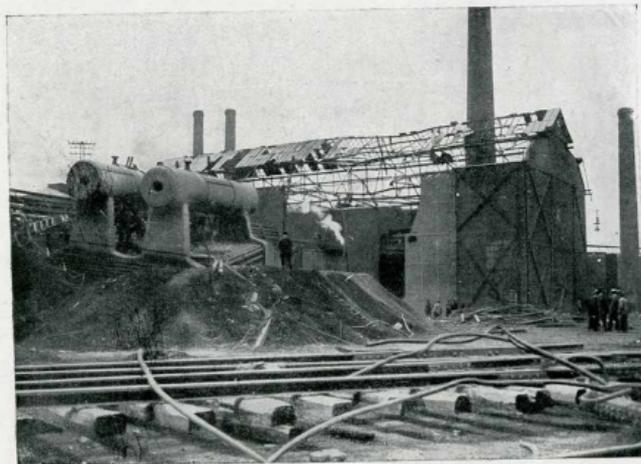


Fig. 12.

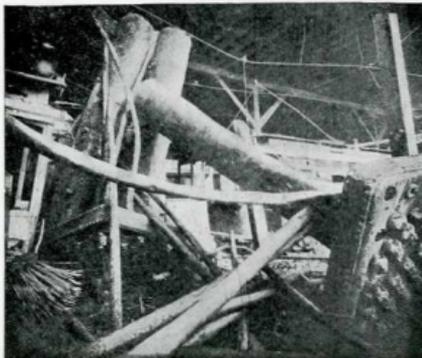


Fig. 13.



Fig. 14.



Fig. 15.

chaudières à tubes d'eau. Les vues des dégâts causés par l'explosion de telles chaudières, que nous reproduisons ici, ont été prises la figure 13 à Saint-Louis (Etats-Unis), les figures 14 et 15 aux mines de Zaura, et les figures 11 et 12 dans les usines de fabrication de tubes « Phénix », en Allemagne.

Il n'est pas douteux que le réservoir cylindrique de la chaudière à tubes d'eau actuel, étant d'assez grandes dimensions, puisse exploser en produisant des dégâts sérieux, mais la probabilité d'une telle explosion est bien faible, car pratiquement les seules causes pour lesquelles elle pourrait arriver résideraient soit dans des défauts cachés dans la matière, soit dans l'affaiblissement de la tôle par corrosion ou faiblesse inhérente à la structure même de la chaudière par suite d'un trop grand nombre de trous de tubes.

Le type de chaudière employé aujourd'hui le plus fréquemment et remplissant la condi-

tion d'être composée de sections, est la chaudière **Babcock et Wilcox**, qui présente le maximum de garanties contre les explosions de nature dangereuse.

La chaudière à tubes d'eau **Babcock et Wilcox** est composée d'un réservoir qui n'est pas soumis à l'effort maximum du foyer, et en dessous de ce réservoir, le faisceau de tubes est sectionné.

Toutes les parties du tube sont accessibles de l'extérieur de la chaudière pour leur inspection et leur nettoyage.

On a donc ainsi obtenu :

1^o Que les tubes qui sont la partie vulnérable de la chaudière peuvent être examinés tant à l'extérieur qu'à l'intérieur ;

2^o Qu'ils peuvent être facilement nettoyés ;

3^o Que la disposition par sections leur assure le maximum de sécurité contre les explosions dangereuses.

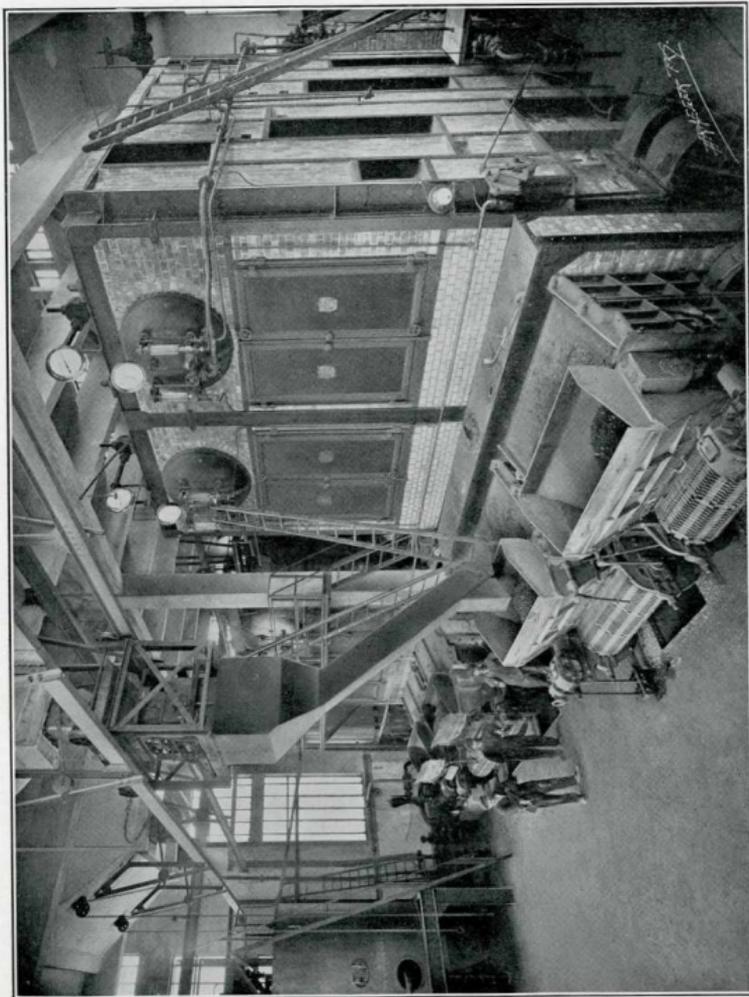


Fig. 16. — Société Américaine de LA VIEUXSE, — Installation, à Albi, de 4 Chaudières, Babcock et Wilcox, formant une surface totale de chauffe de 984 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Tuyauteries et Transporteur mécanique ; Systèmes Babcock et Wilcox.

Le succès que cette chaudière obtient depuis plus d'un demi-siècle prouve que par une application judicieuse des principes, un choix minutieux des matériaux et une mise en œuvre très soignée, une chaudière peut être, en fait comme de nom, une chaudière de sûreté.

Circulation de l'eau dans les chaudières à vapeur.

(Extrait d'une conférence faite par George-H. Babcock, Cornell University, février 1890.)

Tout le monde connaît les phénomènes qui se produisent lorsqu'on fait bouillir de l'eau dans un vase ouvert. Le liquide s'élève tumultueusement le long des parois du vase ; sa surface se déprime en son milieu, et de ce point se forme un courant descendant. De tels courants prennent naissance même lorsque l'on chauffe simplement de l'eau ; pour les rendre apparents, il suffirait de jeter dans le liquide des particules flottantes. Ils sont produits par le jeu de certaines propriétés de l'eau, sous l'action de la chaleur qui lui est fournie.

I. — L'eau, comme la plupart des autres corps, augmente de volume lorsqu'elle est chauffée. Ceci n'est vrai qu'à la condition de prendre l'eau à une température supérieure à 4° C., mais, comme dans la production de la vapeur, on a rarement une température aussi basse, nous pouvons, dans la circonstance, ne pas tenir compte de cette exception.

II. — L'eau peut être considérée comme un très mauvais conducteur de la chaleur. Si l'on pouvait maintenir à 100° la température à la surface d'une masse d'eau, et, à 75 millimètres sous la surface, une couche de glace, il faudrait environ deux heures pour que la chaleur traverse la couche d'eau et commence à fondre la glace.

C'est ainsi que les particules d'eau chauffées, ne pouvant céder leur chaleur aux particules voisines, se dilatent et s'élèvent, grâce à leur moindre densité. Les particules froides viennent se chauffer à leur tour, et les courants s'établissent de cette manière dans toute la masse liquide.

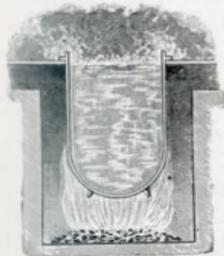


Fig. 17.

Lorsque toute l'eau a été chauffée au point d'ébullition correspondant à la pression à laquelle elle est soumise, chaque calorie nouvelle ajoutée convertit une portion de l'eau en vapeur. Par la vaporisation, le volume s'est largement augmenté, et le mélange de vapeur et d'eau, s'élevant avec rapidité produit l'ébullition telle que nous la voyons dans un vase ouvert. Si la quantité de chaleur fournie au liquide est constante et modérée, le phénomène se poursuit dans les mêmes conditions : montée tumultueuse de l'eau le long des parois, écoulement vers le centre et ici courant descendant. Si, au contraire, le feu est activé, les courants montants s'embrouillent avec les courants descendants, et l'eau est projetée hors du vase (fig. 17). Plaçons maintenant dans le vase un autre vase plus petit (fig. 18), percé dans le fond, et maintenu à une distance convenable des parois du premier, nous séparerons ainsi les courants ascendants des courants descendants et nous pourrons porter les feux à une très grande intensité, sans produire ces projections d'eau tumultueuse.

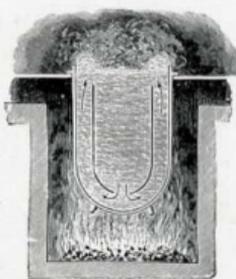


Fig. 18.

Mais nous n'arriverions jamais à obtenir le même résultat si, au moyen d'un diaphragme infléchi, nous cherchions à diriger le courant ascendant vers le centre. C'est Perkins qui, en 1831, appliqua ce tube intérieur ; son invention a, depuis, servi de base à un très grand nombre de dispositions propres à faciliter la circulation de l'eau dans les chaudières. Le principe réside dans la division des courants de façon à ce qu'ils ne puissent s'opposer les uns aux autres.

Dans quel but cherche-t-on à favoriser la circulation de l'eau dans les chaudières ? Pourquoi ne pas s'en rapporter au libre jeu des forces naturelles, comme nous le faisons dans les usages domestiques ? Parce que ce serait n'avoir nul souci des trois points essentiels qu'on doit viser dans la construction des chaudières, savoir : le rendement, la durée et la sécurité, car chacune de ces qualités dépend plus ou moins d'une bonne circulation de l'eau.

Au point de vue du rendement, l'expé-

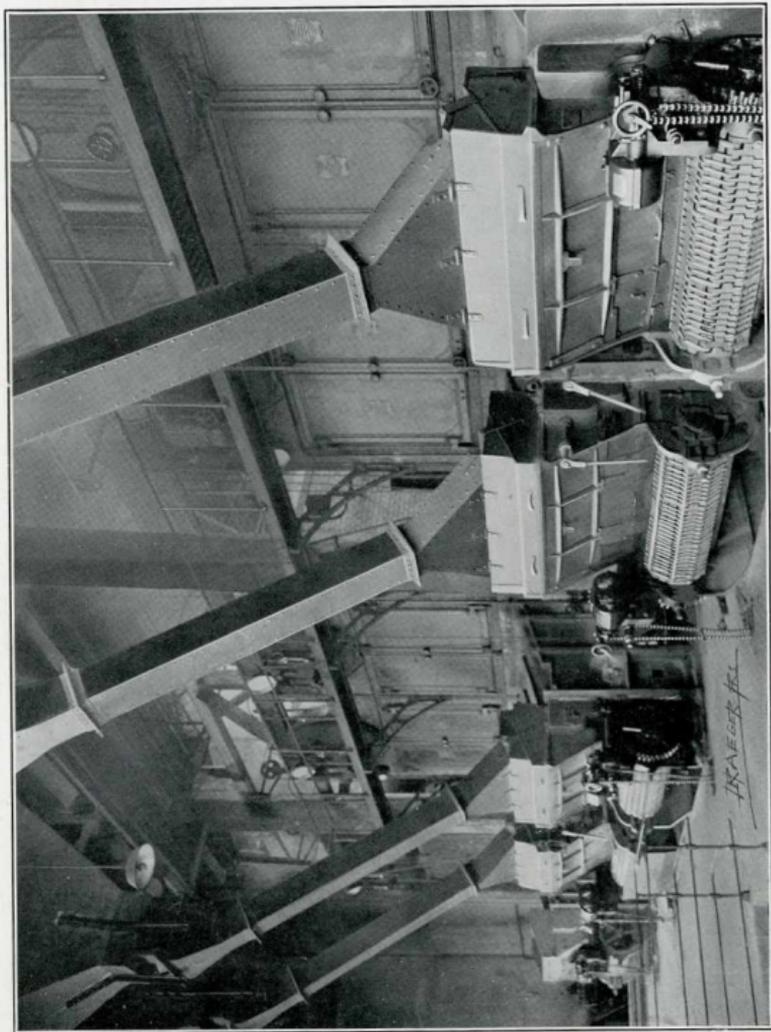


Fig. 19. — SOCIÉTÉ ANONYME DU PEUNAGE DE REIMS. — Installation, à l'Usine de Reims (Marne), de 5 Chaudières Babcock et Wilcox, formant une surface totale de chauffe de 1 050 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Tuyauteries et Transporteur mécanique : Systèmes Babcock et Wilcox. (Voir aussi fig. 201.)

rience précédente nous a donné une preuve de l'efficacité de la circulation. Lorsque nous avons maintenu la circulation, il nous a été loisible d'élever la température du foyer et de faire bouillir l'eau beaucoup plus rapidement qu'auparavant. Il en est de même dans une chaudière. Nous avons pu remarquer encore qu'avant la mise en place du tube intérieur, lorsque la circulation était abandonnée à elle-même, la vapeur soulevait l'eau en gros bouillons qui provoquaient l'entraînement mécanique des particules liquides. Quand, au contraire, les courants étaient séparés, et qu'une circulation libre s'était établie, tout tumulte cessait, et la vapeur en plus grande quantité se dégageait, incomparablement plus sèche. Une bonne circulation accroît ainsi de deux manières le rendement d'une chaudière : elle active l'admission de la chaleur utilisée à la vaporisation et diminue la tendance à perdre de la chaleur par le phénomène de l'entraînement de l'eau auquel on a donné le nom de *primage*.

Incidemment, une bonne circulation augmente le rendement des chaudières d'une troisième manière : elle empêche, d'une façon plus ou moins complète, le dépôt des matières incrustantes. La plupart des eaux contiennent en suspension ou en dissolution des matières qui, après évaporation de l'eau, demeurent adhérentes aux parois des vases. Ces sédiments, ou incrustations, deviennent parfois si importants qu'ils empêchent presque entièrement la transmission de la chaleur du métal à l'eau. On estime qu'une incrustation de 3 millimètres diminue de 25 p. 100 le rendement de la surface de chauffe, et cette estimation est probablement fort au-dessous de la vérité dans beaucoup de cas. La circulation de l'eau n'empêche pas, sans doute, les incrustations de se produire, mais elle en diminue toujours l'importance, et même pour certaines eaux les rend presque nulles. C'est ainsi qu'elle contribue encore puissamment à l'efficacité de la surface de chauffe.

Une bonne circulation maintient la température à peu près uniforme dans toutes les parties de la chaudière qui se trouve ainsi mise à l'abri des effets préjudiciables dus aux dilatations inégales, et la durée de la chaudière est assurée.

III. — Tout ce qui contribue à la durabilité contribue également à la sécurité. Une chaudière qui n'est pas soumise aux efforts de dilatations et de contractions inégales, n'est pas seulement moins sujette aux réparations, mais elle est moins exposée aux ruptures et aux explosions désastreuses ; car, de

beaucoup, la cause la plus commune des explosions se trouve dans les excès de tension causés par les dilatations inégales.

Après avoir brièvement examiné les avantages de la circulation de l'eau dans les chaudières, recherchons les meilleurs moyens de la produire et les conditions les plus avantageuses. Nous avons vu, dans notre vase ouvert, qu'il était essentiel que les courants ne puissent s'opposer les uns aux autres. Or, si nous pouvions observer de nos yeux complètement le phénomène de la vaporisation dans une chaudière multitubulaire ordinaire, nous verrions un curieux combat des courants, poussant tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, changeant continuellement de sens, et luttant de force pour gagner une supériorité momentanée. Les principaux courants ascendants se manifestent aux deux extrémités, l'un au-dessus du foyer, l'autre à l'extrémité des tubes, sur une longueur d'environ 300 millimètres. Entre les deux se tiendrait la lutte des courants descendants avec les courants ascensionnels de vapeur et d'eau. Si la pression vient à s'abaisser légèrement, par suite d'une brusque prise de vapeur, ou d'une levée subite des soupapes de sûreté, l'eau, entraînée par le dégagement instantané de la vapeur dans toute la masse, se soulève en jets violents de tous les points de la surface du liquide. Les effets d'une production soudaine de vapeur sont connus. Qui ne se rappelle l'expérience du vase de Florence, dans laquelle on a fait bouillir de l'eau, en diminuant la température d'ébullition à l'intérieur du vase par l'application d'un réfrigérant à l'extérieur ? Qui n'a été témoin de la projection violente du geyser minuscule produit lors-



Fig. 20.



Fig. 21.

qu'on essaie de porter à l'ébullition l'eau contenue dans une éprouvette placée verticalement au-dessus d'une lampe (fig. 20).

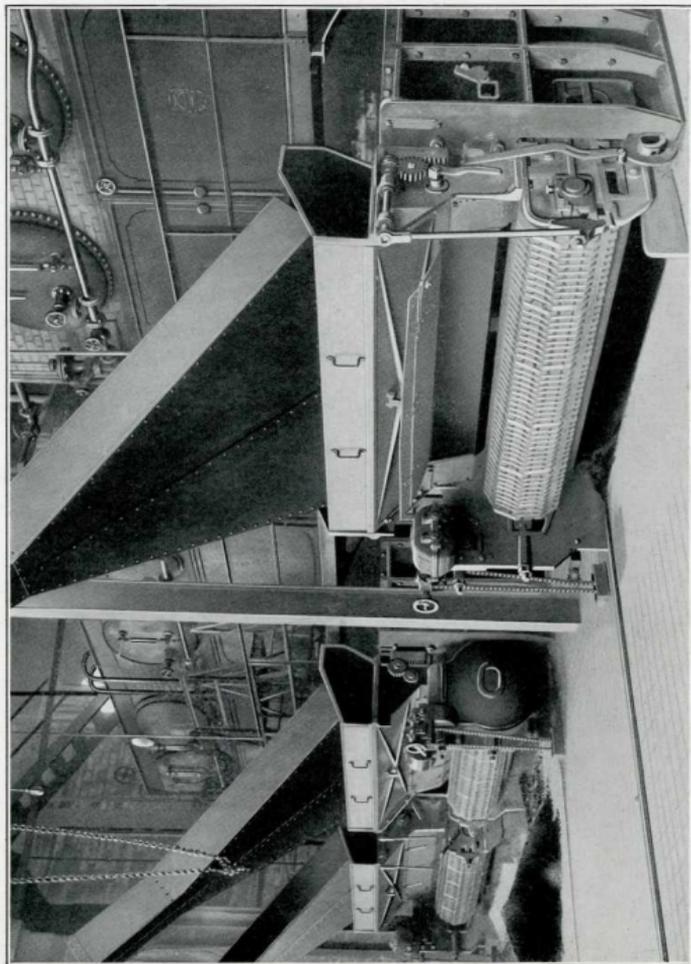


Fig. 22. — SOCIÉTÉ NOUVELLE DE CHARBONNAGES DES BOUCHES-DU-RHÔNE. — Installations, à l'Usine du Cap Pinède, au puits Hély d'Orsay à Gréasque (Bouches-du-Rhône), de 5 Chaudières **Babcock et Wilcox**, formant une surface de chauffe totale de 1145 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Tuyauteries et Transporteur mécanique : Systèmes **Babcock et Wilcox**. (Installation au puits de Gréasque (Bouches-du-Rhône).



Prenons maintenant un tube en U (fig. 21) placé à la partie inférieure d'un vase rempli d'eau. Plaçons une lampe allumée contre une des branches. Une circulation régulière ne tardera pas à s'établir, et aucune action spasmodique ne viendra l'interrompre. Cette circulation dans le tube en U nous représente le vrai principe de la circulation d'eau qui s'établit dans une chaudière à tubes d'eau bien construite. Pour obtenir une surface de chauffe plus considérable, on peut donner au jambage chauffé la forme d'un long tube incliné (fig. 23).

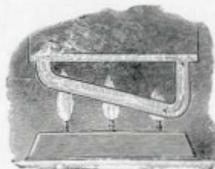


Fig. 23.

Nous venons ainsi de réaliser le générateur à tubes inclinés bien connu aujourd'hui.

Si à ce premier tube nous en ajoutons d'autres (fig. 24), nous augmenterons encore la surface de chauffe, tout en conservant la forme et le fonctionnement du tube en U. Dans une semblable disposition, la circulation est fonction de la différence de densité des deux colonnes. Sa vitesse est donnée en mètres par la formule de Torricelli :

$$v = \sqrt{2gh},$$

ou approximativement :

$$v = 4,43 \sqrt{h}, \text{ où } h = H \left(\frac{\Delta}{\delta} - 1 \right).$$

Dans cette formule, H est la hauteur de la colonne mesurée du niveau du plan d'eau au centre du tube au-dessus du foyer ; Δ et δ les poids du mètre cube du fluide dans les colonnes descendante et ascendante. La vitesse croîtra jusqu'à ce que la colonne montante ne contienne plus que de la vapeur ; mais la quantité ou le poids de fluide en circulation, égale à $S \cdot v$ ou proportionnelle à $\sqrt{\delta} (\Delta - \delta)$, atteindra le maximum lorsque la densité du mélange de vapeur et d'eau dans la colonne montante sera la moitié de la densité de l'eau de la colonne descendante, ou lorsque $\frac{\Delta}{\delta} = 2$; alors $v = \sqrt{2gH}$. Il en est approximativement ainsi lorsqu'il y a moitié de vapeur et moitié d'eau dans la colonne montante, le poids de la vapeur étant négligeable en présence du poids de l'eau.

Il est aisé, d'après cette règle, de calculer la

circulation dans toute chaudière construite sur ce principe, pourvu que la construction laisse un libre mouvement à l'eau. Il est évident que chaque coude est une cause de ralentissement, mais dans une chaudière bien comprise et bien proportionnée ces ralentissements sont de peu d'importance.

Prenons comme exemple une chaudière **Babcock et Wilcox** de 240 mètres carrés. La hauteur H de la colonne peut être évaluée à 1^m,37 environ.

La hauteur motrice au moment de la circulation maximum sera égale à H et la vitesse sera de $4,43 \sqrt{1,37} = 5^m,18$ par seconde. Il y a dans la chaudière 14 sections ; chaque section communique au réservoir par un tube de 102 millimètres de diamètre extérieur et de 95 millimètres de diamètre intérieur, c'est-à-dire 0^m,0017 de section ; les 14 tubes donnent une section totale de 0^m,0094, qui, multipliée par la vitesse 5^m,18, donne un volume de 0^m,514 de vapeur et d'eau mélangées déchargé par seconde, dont la moitié, soit 0^m,257, est de la vapeur. Supposons la vapeur à la pression manométrique de 7 kilogrammes, elle pèsera 4^{kg},16 le mètre cube ; le poids de la vapeur déchargée par seconde sera donc $0,257 \times 416 = 1^kg,069$, soit par heure 3,848 kilogrammes. L'eau à la température de 169^e,8 correspondant à la pression de 7 kilogrammes pèse 898 kilogrammes au mètre cube, et la vapeur 4^{kg},16, la vapeur forme ainsi la 216^e partie du mélange. On peut en conclure que chaque molécule d'eau fera 216 circuits avant d'être vaporisée,

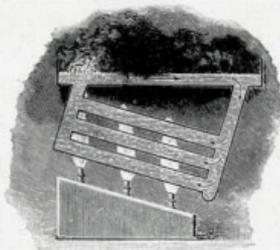


Fig. 24.

lorsque la chaudière travaille à cette puissance, qui est celle où le poids d'eau, circulant au travers des tubes, est maximum.

Il est évident que lorsque la vitesse de dégagement du fluide à la sortie des tubes atteindra son maximum, ceux-ci ne déchargeront plus que de la vapeur et il n'y aura plus

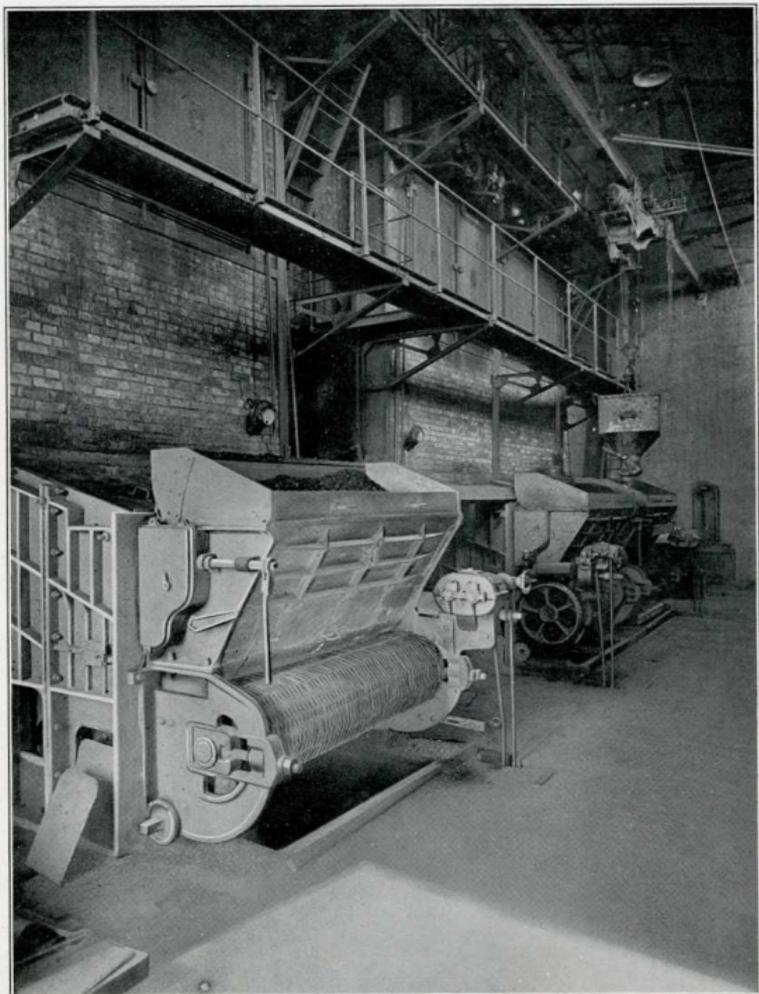


Fig. 25. — HUILLERIES LUZZATTL. — Installation, à l'Usine de Marseille, de 5 Chaudières **Babcock et Wilcox**, formant une surface de chauffe totale de 1 152 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Tuyauteries et Transporteurs mécaniques : Systèmes **Babcock et Wilcox**.

alors d'autre eau en circulation que celle nécessaire pour suppléer à la vaporisation. Voyons, en faisant le même calcul, quelle puissance de vaporisation atteindrait notre chaudière. D'un côté nous avons une colonne de vapeur de 1^m,37 de hauteur, et de l'autre une égale colonne d'eau. Supposons, comme précédemment, que la vapeur soit à la pression de 7 kilogrammes et l'eau à la température correspondante (169°,8); nous avons comme charge une colonne de vapeur de :

$$h = 1,37 \left(\frac{\lambda}{\delta} - 1 \right) = 137 \times 215 = 295 \text{ mètres,}$$

ce qui nous donne une vitesse de 76 mètres par seconde. Cette vitesse, multipliée par la section de dégagement de 0^m,0994, et par 3.600, donne la production de vapeur à l'heure : 27.196 mètres cubes, ou en poids 113.135 kilogrammes.

Il est évident qu'en pratique on ne peut atteindre un pareil résultat, car il ne faut pas oublier que la chaudière ne saurait être forcée au point que la circulation de l'eau cesserait d'être effective.

D'après ce qui précède, on peut voir que la chaudière en question a été proportionnée de manière à assurer une circulation parfaite dans tous les cas pratiques.

En rédigeant le projet d'une chaudière de ce type, il faut bien se garder d'adopter comme colonne montante commune à une série de tubes superposés un collecteur trop large; car, s'il était suffisamment large, il s'y produirait un courant descendant et l'effet de la colonne montante pour opérer la circulation serait complètement annulé (fig. 26). Ce fait est rendu évident par le simple examen de ce qui se passerait dans un collecteur très large, alors que la charge qui produit la circulation est uniquement celle qui résulte de l'inclinaison d'un tube pris séparément. Il perd sa raison d'être lorsque le collecteur est suffisamment petit pour être entièrement rempli par l'émulsion ascendante d'eau et de vapeur. Il faut encore que le collecteur soit aussi régulier que possible et ne présente pas ces rétrécissements et ces élargissements nombreux qu'on y rencontre parfois.

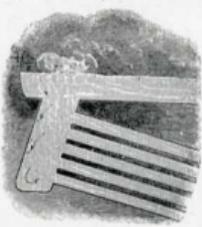


Fig. 26.

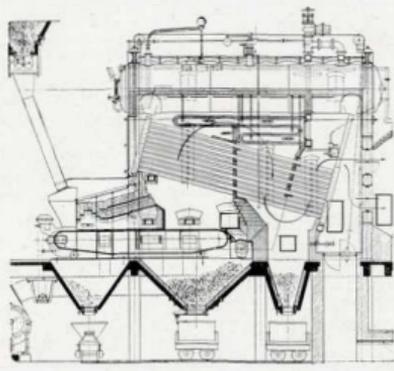


Fig. 27. — Chaudière Babcock et Wilcox, à réservoir longitudinal, avec Surchauffeur et Grille mécanique; Systèmes Babcock et Wilcox.

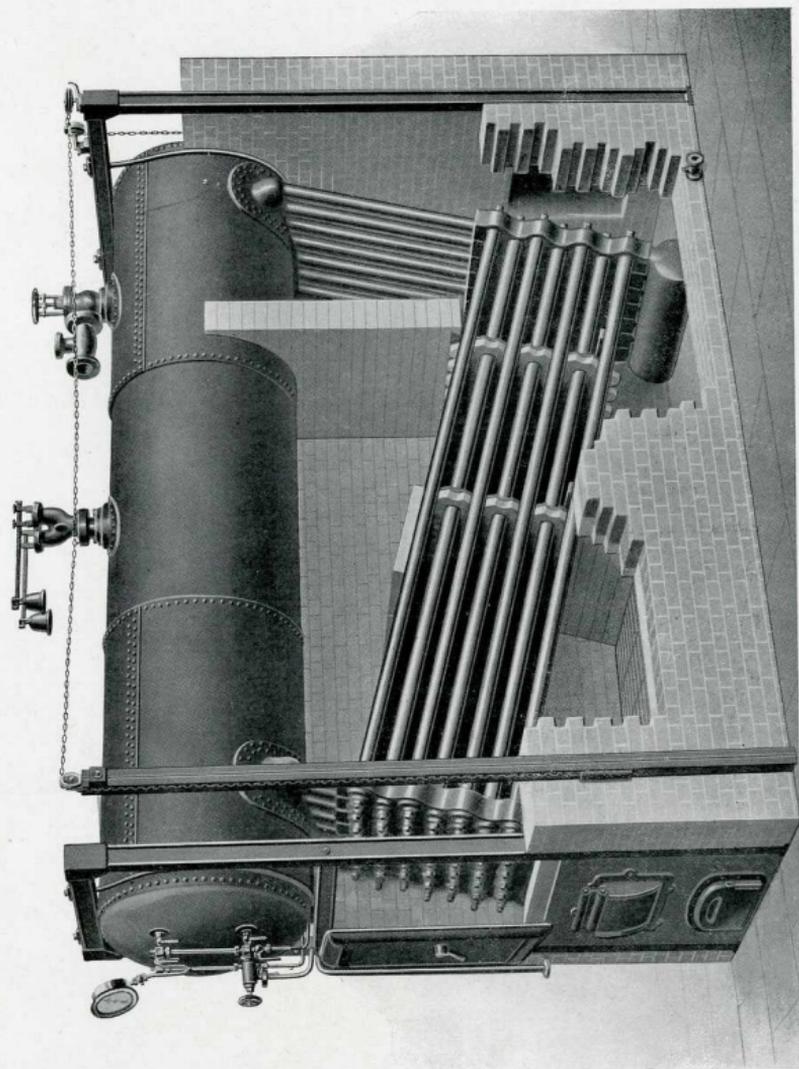
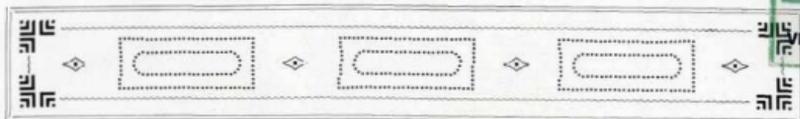


Fig. 28. — Chaudière Babcock et Wilcox, type normal, à réservoir longitudinal, chauffée par grille ordinaire à main.



CHAPITRE III

Les chaudières multitubulaires Babcock et Wilcox

I. — CHAUDIÈRE TYPE TERRESTRE A RÉSERVOIR LONGITUDINAL

Construction

CETTE chaudière est composée de tubes en acier extra-doux, occupant une position inclinée, et reliés entre eux et avec un réservoir horizontal d'eau et de vapeur par des collecteurs verticaux à chacune de leurs extrémités. Ils communiquent, en outre, avec un collecteur de boues placé à la partie arrière et la plus basse de la chaudière.

Chaque section, ou rangée verticale de tubes, débouche à ses deux extrémités dans des collecteurs d'une seule pièce. Grâce à la forme serpentine de ces collecteurs, les tubes se disposent en quinconce, c'est-à-dire que tous ceux d'une même rangée horizontale sont placés exactement au-dessus des intervalles qui séparent les tubes de la rangée inférieure. Les trous qui reçoivent les tubes sont exactement calibrés ; les tubes y sont mandrinés.

Les sections ainsi for-

mées communiquent avec le réservoir d'eau et de vapeur et avec le collecteur de boues par des tubes courts

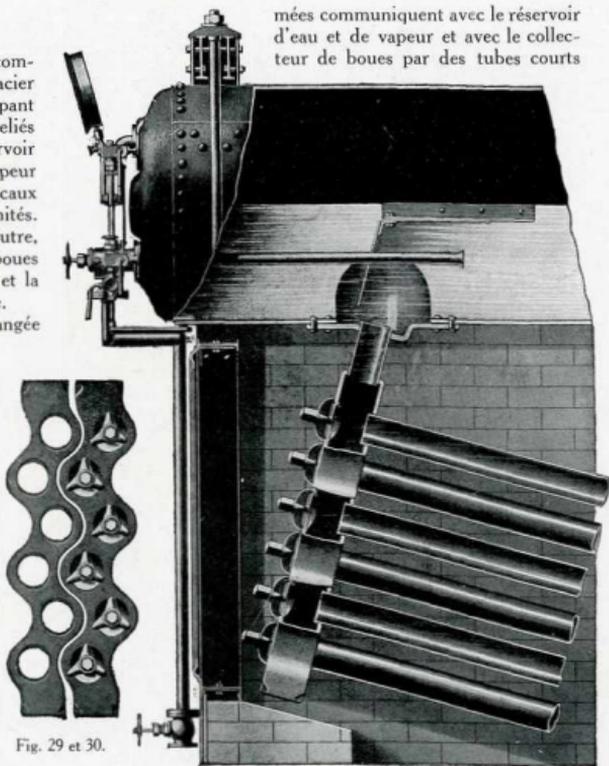


Fig. 29 et 30.

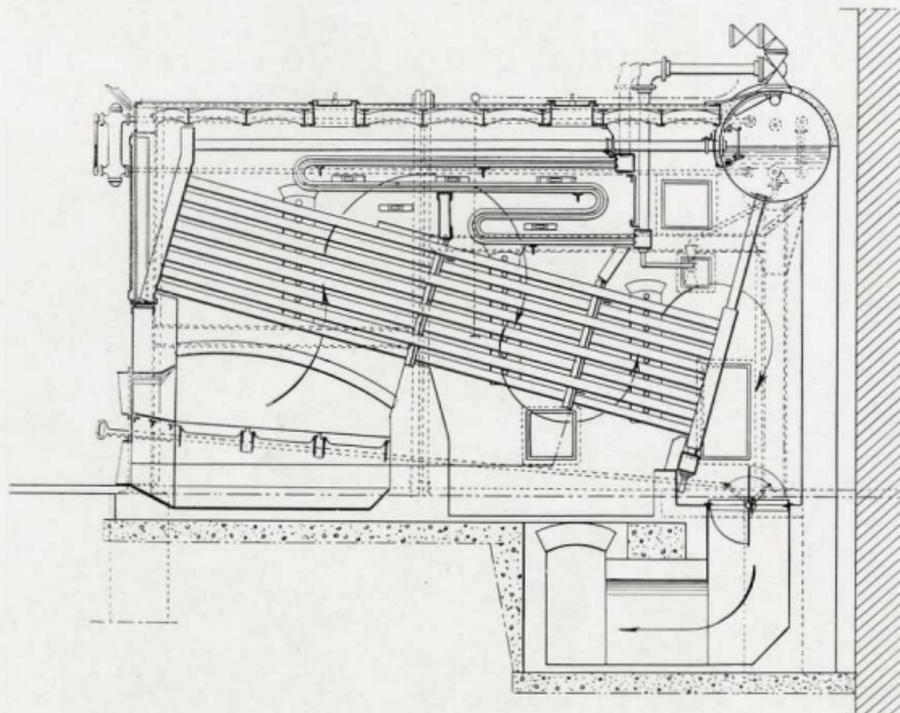


Fig. 31. — Chaudière **Babcock et Wilcox** du type C. T. dont le volume des gros éléments a été réduit pour installation en catégorie.

sertis dans des trous également calibrés. Les joints se font ainsi sans boulons, et la voie est ouverte sans obstacle à la circulation entre les différentes parties de la chaudière. Les orifices de nettoyage situés en face de l'extrémité de chaque tube sont fermés par des tampons autoclaves à surface dressée jusqu'à donner un contact métallique parfait. Ils sont maintenus par des cavaliers en acier forgé. La fermeture ainsi obtenue est absolument hermétique.

Les collecteurs de boue sont en acier forgé, cette matière étant préférée à cause de sa résistance aux corrosions ; leur construction et leur disposition laissent toute facilité pour le nettoyage.

La chaudière est suspendue à des poutres en fer U reposant sur des colonnes en fer et indépendante du massif des maçonneries. Cette disposition a l'avantage de mettre la chaudière et les murs qui l'enveloppent à l'abri des efforts qu'ils peuvent exercer les uns sur les autres sous l'effet de la dilatation. Elle permet, en outre, de réparer ou d'enlever, au besoin, le massif des maçonneries, sans toucher à la chaudière. Toutes les armatures sont d'une solidité éprouvée et de la meilleure construction.

Le foyer est placé à l'avant de la chaudière, sous la partie la plus élevée du faisceau de tubes. Les produits de la combustion s'élèvent et circulent dans cette même partie du fais-



Fig. 32 et 33. — Fonds de réservoir et garnitures de trous d'homme tout en acier embouti.

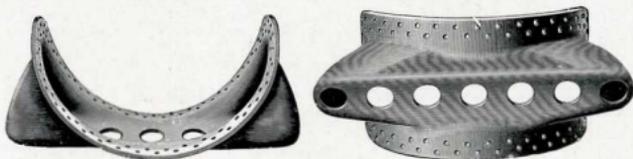


Fig. 34 et 35. — Boîtes de connexion en acier embouti.



Fig. 36 et 37. — Collecteurs ondulés en acier forgé et embouti.

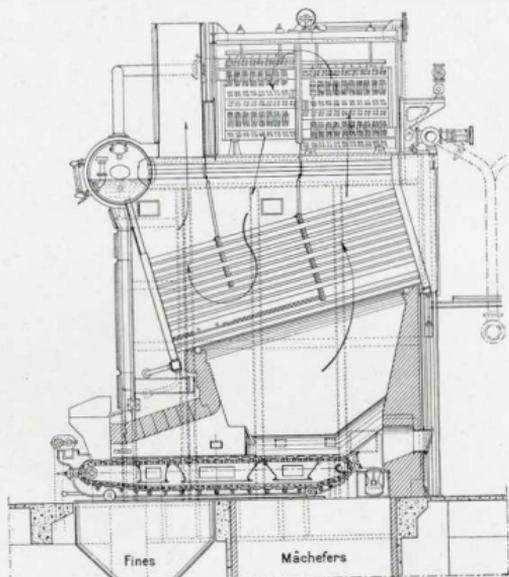


Fig. 38. — Chaudière marine Babcock et Wilcox, avec Surchauffeur et Grille mécanique. Systèmes Babcock et Wilcox, pour installations à terre.

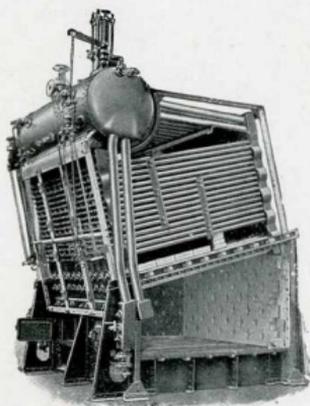


Fig. 39.

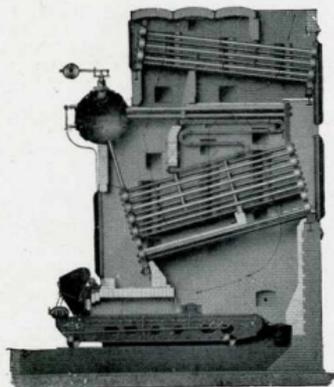


Fig. 40.

ceau tubulaire, pour se répandre ensuite dans la chambre de combustion située au-dessous du réservoir d'eau et de vapeur. De là ils redescendent à travers la partie centrale du faisceau, pour traverser à nouveau en remontant la partie postérieure des tubes et enfin s'échapper dans la cheminée.

L'eau contenue dans les tubes tend à gagner la partie la plus élevée à mesure qu'elle s'échauffe et, en se vaporisant, elle forme une émulsion d'une densité moindre qui s'élève par les conduits verticaux vers le réservoir supérieur. Ici la vapeur se sépare de l'eau, que sa grande densité ramène à l'arrière au conduit descendant, de sorte qu'il s'établit un circuit non interrompu montant de l'arrière à l'avant dans le faisceau tubulaire et de l'avant à l'arrière dans le réservoir supérieur, puis descendant par les con-

duits arrière pour revenir au point de départ.

Tous les passages étant larges et faciles, la circulation est très active ; aussitôt formée, la vapeur est chassée et remplacée par l'eau ; ainsi la chaleur du foyer est absorbée dans les meilleures conditions possibles.

Constamment brassée et mélangée, l'eau se maintient à une température uniforme dans toute la chaudière. La circulation met obstacle dans une très large mesure à la formation des dépôts sur les parois de la surface de chauffe, car elle entraîne les boues et les sels précipités pour les conduire dans le collecteur de boues d'où on doit les extraire périodiquement.

La prise de vapeur se fait à l'arrière du réservoir. En cet endroit, la vapeur est entièrement dépouillée d'eau.

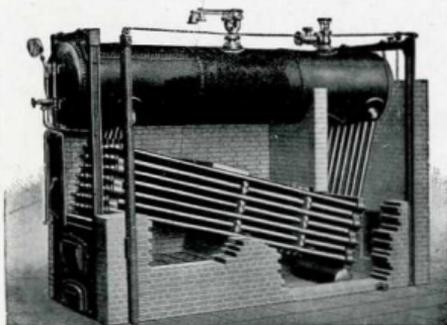


Fig. 41.

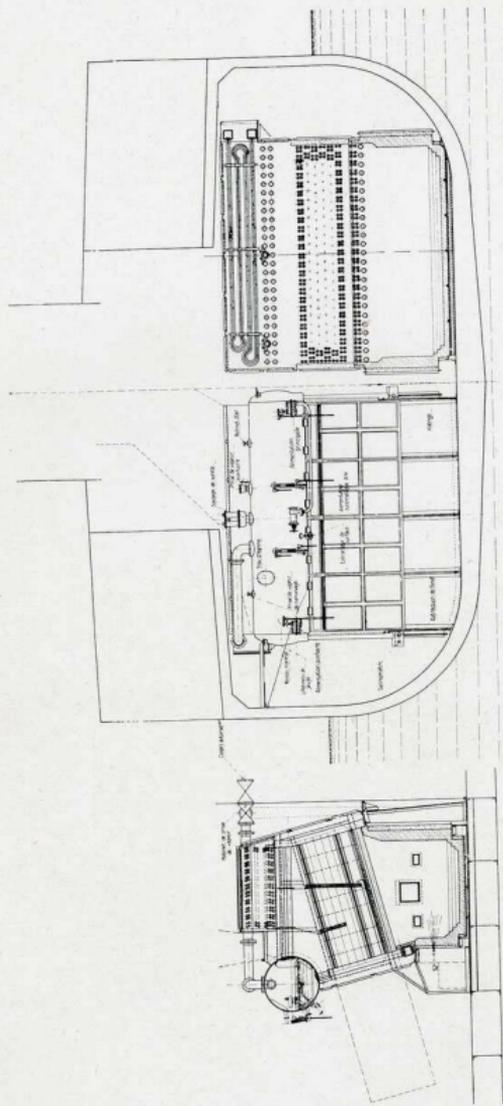


Fig. 42. — Chaudière marine Babcock et Wilcox, pour installations à bord, chauffée au mazout.

II. — CHAUDIÈRE TYPE MARINE



Pour les installations à bord des navires, on utilise les chaudières représentées sur les figures 39 et 42 munies d'une enveloppe entièrement métallique. Ce type de chaudière est également très employé dans les Centrales électriques : soit avec enveloppe métallique comme l'indique la figure 38, soit avec parois combinées : maçonnerie, lames d'air et enveloppe métallique comme il est représenté sur la figure 43.

C'est en 1889 que fut installée, pour la première fois à bord d'un navire, une chaudière type marine du système **Babcock et Wilcox**.

Depuis cette époque, le développement de ses applications a été très rapide et, au 31 mai 1928, la flotte munie de chaudières marines de notre système se décompose ainsi :

Marine de guerre.

586 navires, 3.230 chaudières représentant 8.317.135 chevaux.

Marine de commerce.

729 navires à passagers ou à marchandises ;
61 navires faisant le service des grands lacs d'Amérique ;
56 dragues allant à la mer ;
121 navires faisant le service des rivières ou des ports ;
50 remorqueurs ;
20 yachts ;
Ou 1.037 navires : 2.804 chaudières représentant 2.801.176 chevaux, soit au total :
6.034 chaudières marines installées sur 1.623 navires représentant 11.118.311 chevaux.

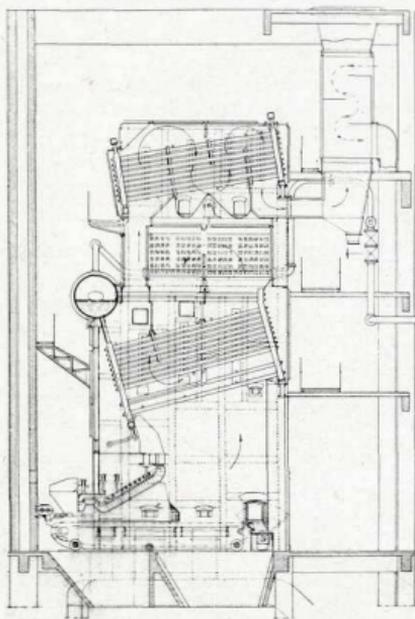


Fig. 43. — Chaudière marine **Babcock et Wilcox**, munie d'un Surchauffeur, d'une Grille mécanique, d'un Economiseur et d'un Réchauffeur d'air : Systèmes **Babcock et Wilcox** pour installations à terre.

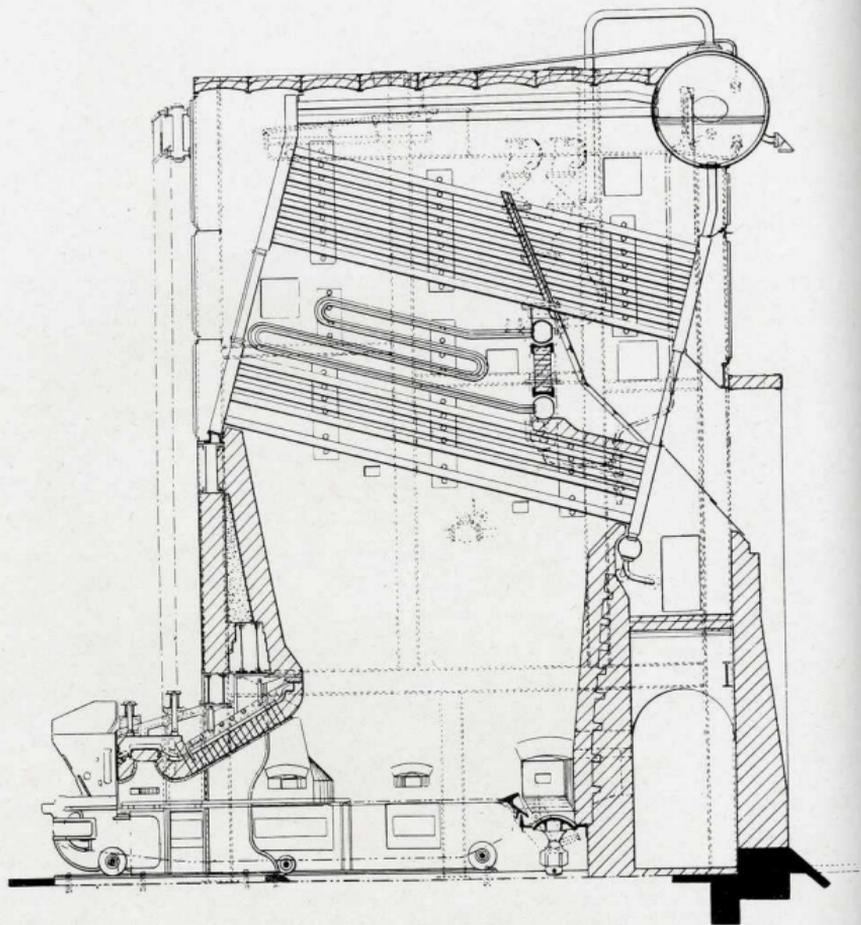


Fig. 44. — Chaudière **Babcock et Wilcox** du type S. M. C. T. à grande vaporisation, chauffée par Grille mécanique à soufflerie compartimentée : Système **Babcock et Wilcox**.
 Installation réalisée à la Centrale de Vincey (Vosges) de la *Compagnie lorraine d'Électricité*. (Voir fig. 209 et 211.)

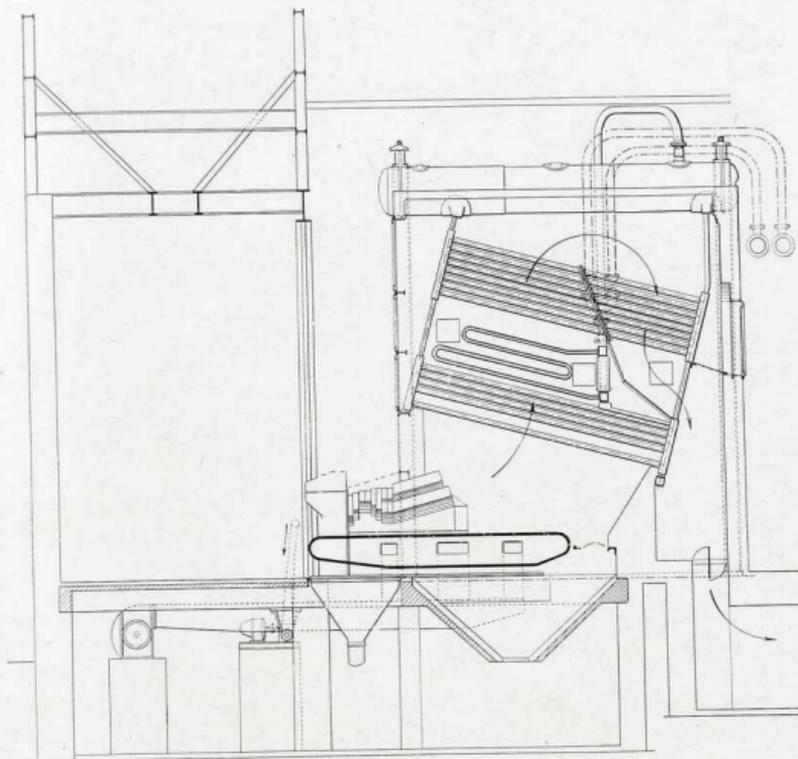


Fig. 45. — Chaudière **Babcock et Wilcox** du type S. M. C. T. dans laquelle le réservoir transversal a été remplacé par un ou plusieurs réservoirs longitudinaux. Ce dispositif permet d'augmenter considérablement la réserve d'eau et de vapeur dans les chaudières à grande vaporisation.

Installations réalisées à l'Usine de Petit Couronne (Seine-Inférieure) de la *Compagnie Maritime des Pétroles*, à l'usine de Mao-Ke (Tonkin) de la *Société des Anthracites du Tonkin* et à l'Usine de Befes (Cher) des *Établissements Poliet et Chausson*.

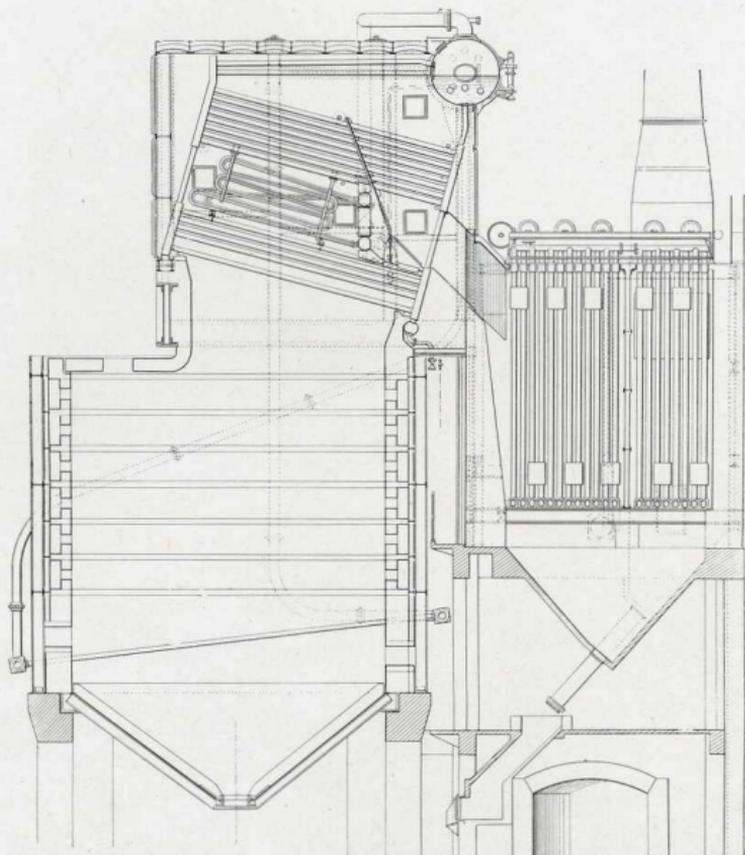


Fig. 46. — Chaudière **Babcock et Wilcox** sectionnelle à grande vaporisation, type S. M. C. T., chauffée au charbon pulvérisé.
 Installation réalisée à la Centrale électrique de Creutzwald-la-Croix (Moselle) de la *Société alsacienne et lorraine d'Electricité*.

III. — CHAUDIÈRE TYPE S. M. C. T.



Depuis plusieurs années, le coût élevé des générateurs de vapeur a poussé les constructeurs à proposer aux industriels des chaudières de plus en plus réduites comme surface de chauffe pour une même vaporisation horaire.

Pour répondre aux besoins nouveaux, la Société française des constructions **Babcock et Wilcox** a lancé sur le marché sa nouvelle chaudière S. M. C. T., dont de nombreux modèles sont actuellement en service ou en cours de construction.

Dans l'étude de ce générateur, pour obtenir un très haut rendement, on s'est ingénieusement appliqué dans la plus large mesure possible les deux lois suivantes de physique industrielle :

1^o « La quantité de chaleur transmise par une paroi augmente quand augmente la vitesse du fluide qui baigne cette paroi et cette vitesse est fonction de la distance verticale qui sépare le plan d'eau du centre de la surface exposée au rayonnement du foyer.

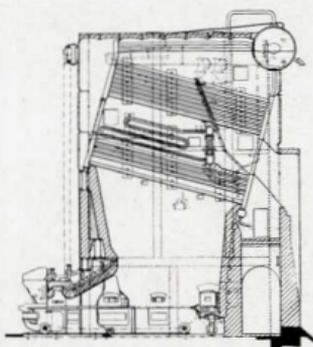
2^o « La quantité de chaleur transmise par une paroi est proportionnelle à la différence de température du fluide chauffant et du fluide chauffé. »

Pour augmenter la vitesse de circulation dans notre chaudière S. M. C. T., la distance qui sépare le plan d'eau du centre de la surface exposée au rayonnement du foyer a été sensiblement augmentée du fait de la position du surchauffeur : cette distance est au moins égale, sinon supérieure, à celle mesurée

dans les chaudières dites verticales. Il en résulte une circulation très active qui augmente considérablement la production de la vapeur. On a également augmenté le plus possible la proportion de la surface de chauffe exposée directement au foyer. Il résulte de cette disposition qu'une partie importante de la chaleur disponible est transmise par rayonnement, mode d'échange très avantageux puisqu'il s'opère sans intermédiaire matériel et suivant une loi fonction de la quatrième puissance de la température qui est précisément très élevée au-dessous des tubes de coup de feu.

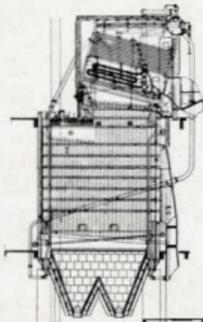
On remarquera également l'absence de chicanes horizontales. Il ne peut donc se déposer de poussières en aucun point du circuit des gaz et l'on est assuré d'avoir une chaudière constamment propre.

Notre chaudière S. M. C. T. présente, bien entendu, tous les autres avantages des chaudières **Babcock et Wilcox**. C'est vraiment le type de la chaudière moderne à grande production, à haut rendement, d'exploitation facile. Elle s'adapte à tous les modes de chauffage : grille mécanique (fig. 44 et 47), charbon pulvérisé (fig. 46, 48 et 115), gaz de haut fourneau (fig. 112), avec un égal succès. La production en marche normale est de 30 à 40 kilogrammes de vapeur par mètre carré et par heure ; au cours d'essais on a atteint une production de 56^{kg},800 avec un rendement de 77 p. 100.



Chaudière sectionnelle à grande vaporisation, chauffée par grille mécanique.

Fig. 47.



Chaudière sectionnelle à grande vaporisation, chauffée au charbon pulvérisé.

Fig. 48.

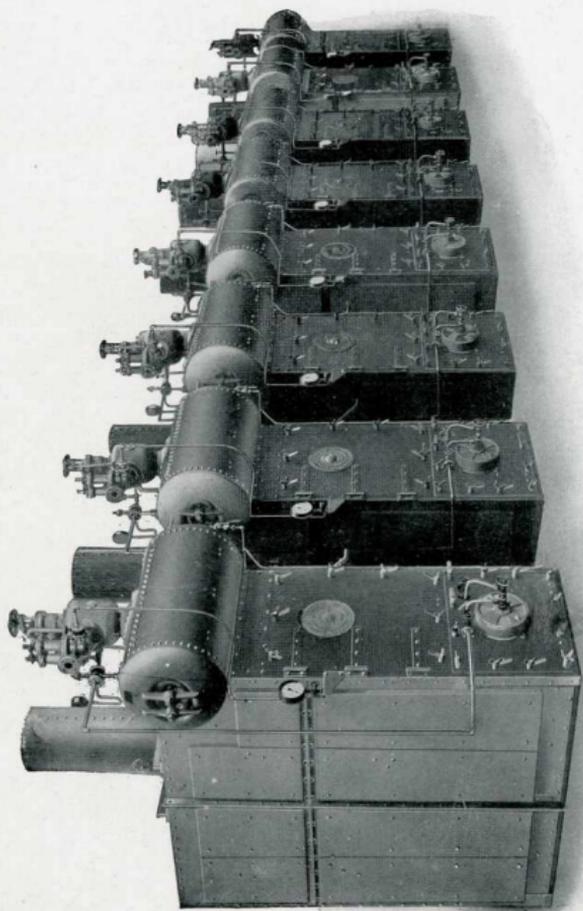


Fig. 49. — SOCIÉTÉ ANONYME DES PÉTROLES DU CONGO CENTRAL (Afrique). — Vue de 8 Chaudières **Babcock et Wilcox** type transportable, de 250 mètres carrés de surface de chauffe chacune, disposées pour la chauffe au pétrole et installées au Congo belge.

IV. — CHAUDIÈRES TRANSPORTABLES

Ce type de chaudière convient spécialement pour les installations lointaines et dans les pays où les transports sont coûteux et difficiles.

Ces générateurs peuvent se diviser en éléments donnant chacun l'encombrement minimum. Pour les transports à dos d'animaux, il est possible de réduire à 120 kilogrammes au maximum le poids de chacun de ces éléments.

La figure 50 montre une chaudière transportable dans laquelle la maçonnerie est remplacée par une enveloppe en acier.

Avantages des chaudières Babcock et Wilcox.

Voici les principaux avantages que présentent les chaudières **Babcock et Wilcox**.

1^o *Faible épaisseur des parois des surfaces de chauffe directes.* — La construction des chaudières ordinaires conduit à employer des tôles de forte épaisseur pour les parties exposées à l'action directe du feu. L'épaisseur de ces tôles est un obstacle à la transmission

de la chaleur, mais ce n'est pas là le seul inconvénient. Par suite de cette épaisseur, les tôles de coup de feu peuvent arriver à être surchauffées, ce qui produit des tensions exagérées, un affaiblissement général et parfois des fissures et des ruptures. C'est ainsi que se produisent la plupart des explosions.

Les tubes d'eau, au contraire, permettent d'exposer à l'action directe du feu des surfaces de chauffe de faible épaisseur.

La transmission de la chaleur se fait alors avec une rapidité telle que le feu le plus intense est incapable de surchauffer les parois et de les détériorer tant que la surface opposée reste couverte d'eau.

2^o *Pas de joint exposé au feu.* — Les rivures, avec leur double épaisseur de métal, présentent les plus graves inconvénients lorsqu'elles sont exposées au feu. Ce sont ces parties faibles de la chaudière sur lesquelles se concentrent les excès de tension causés

par les dilatations inégales, de là presque toujours des fuites et souvent des ruptures.

3^o *Combustion complète.* — Pour que la combustion soit complète, il faut réaliser un mélange intime des gaz combustibles avec l'air admis en quantité convenable. Cette condition se rencontre rarement dans les foyers ordinaires. L'analyse des gaz y révèle presque toujours un excès d'oxygène libre : cela prouve que la quantité d'air admise est trop considérable ou que cet air est mal réparti :

Dans nos chaudières munies de grilles mécaniques **Babcock et Wilcox** cet inconvénient n'existe pas. L'analyse des fumées prises en n'importe quel point du circuit gazeux révèle un minimum d'excès d'air et seulement des traces d'oxyde de carbone. Il n'y a qu'à regarder la couleur des fumées sortant de la cheminée pour se rendre compte que la fumivortité est absolue.

4^o *Complète absorption de la chaleur.* — Le but a été atteint à cet égard de la manière la plus complète du seul fait que les gaz frappent normalement les surfaces de chauffe au lieu de glisser

tout le long comme c'est le cas dans les chaudières multitubulaires ordinaires. Le courant gazeux est ainsi mis en contact intime avec toutes les parties de la surface de chauffe. Le rendement du mètre carré moyen est supérieur à celui que l'on obtient par les dispositions courantes.

5^o *Circulation effective de l'eau.* — Comme toute l'eau de la chaudière est entraînée dans le même sens sans qu'il se produise de courants contraires, la vapeur est rapidement portée à la surface ; toutes les parties de la chaudière se trouvent maintenues à une température sensiblement uniforme, ce qui prévient les inégalités de dilatation ; et les particules solides précipitées suivent le courant sans pouvoir se déposer sur les surfaces de chauffe.

6^o *Vaporisation rapide.* — Grâce à la division de l'eau en une série de petits courants qui circulent dans des enveloppes de faible

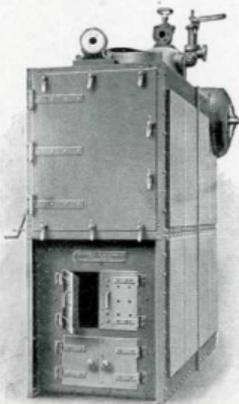


Fig. 50.



Fig. 51. — COMPAGNIE AUXILIAIRE GOLDFIELDS ASHANTI. — Installation pour le dragage de l'or de 2 Chaudières **Babcock et Wilcox**, à réservoir d'eau et de vapeur composé de plusieurs parties à assembler sur place et de 2 cheminées transportables : Système **Babcock et Wilcox**.

épaisseur et traversent le foyer dans sa partie la plus chaude, la vaporisation se produit rapidement, aussi bien à la mise en train que lorsqu'il s'agit de répondre immédiatement à des demandes inattendues.

7^o *Siccité de la vapeur.* — La surface offerte au dégagement de la vapeur dans le réservoir est très grande, ce qui garantit la séparation complète de l'eau et de la vapeur à toutes les allures de marche. La plupart des chaudières tubulaires, type locomotive ou à tubes d'eau, produisent de la vapeur chargée d'eau à l'état vésiculaire, phénomène qu'on a désigné par le mot *primage*, aussi beaucoup de surchauffeurs parfois employés ne sont-ils que de simples sècheurs présentant de multiples inconvénients et qu'il est impossible de régler suivant les exigences d'une production et d'une consommation toujours variables. Pour ces raisons, une chaudière qui fournit directement de la vapeur sèche doit être préférée à celle qui produit de la vapeur humide et la dessèche après coup.

8^o *Stabilité du niveau de l'eau.* — La grande superficie du plan d'eau dans le réservoir, les larges passages ménagés à la circulation assurent la stabilité du niveau de l'eau au moins aussi bien que dans toute autre chaudière.

9^o *Liberté offerte aux dilatations.* — La disposition des différents organes de la chaudière leur permet de se dilater librement sans qu'ils aient à exercer d'efforts les uns sur les autres. Les joints mandrinés sont d'ailleurs d'une élasticité suffisante pour répondre à tous les desiderata. Les affaiblissements qui ont pour cause les efforts de dilatation inégale de parties rigidement assemblées occasionnent de fréquentes explosions dans les chaudières ordinaires. La question d'élasticité est donc de la plus haute importance. D'ailleurs, comme nous l'avons déjà fait remarquer, la rapide circulation de l'eau dans la chaudière, en maintenant toutes les parties à une température uniforme, prévient dans une large mesure toute cause de dilatations inégales.

10^o *Inexplosibilité.* — L'absence d'inégales dilatations fait disparaître la cause la plus fréquente des explosions. La division de l'eau en petite masse ôte toute gravité aux effets d'une rupture accidentelle.

Le diamètre relativement faible des éléments qui composent la chaudière assure, même avec de faibles épaisseurs du métal, des résistances bien supérieures aux tensions auxquelles ils le peuvent être soumis. La circu-

lation est si active qu'aucune partie de la surface de chauffe ne pourrait être mise à sec avant que la quantité d'eau restant dans la chaudière devienne trop petite pour donner lieu à une explosion même au cas où les tubes seraient rouges.

11^o *Capacité.* — La capacité d'une chaudière est une chose à bien considérer. De cette capacité dépend dans une grande mesure la bonne marche du générateur. Si les chambres d'eau et de vapeur sont insuffisantes, le fonctionnement ne saurait être régulier. La pression de la vapeur s'élèverait subitement et tomberait de même ; le niveau de l'eau serait également soumis à des fluctuations fréquentes et soudaines. Une frise de vapeur ou un excès de production entraîneraient le dégagement de vapeur humide.

La chambre d'eau a beaucoup plus d'importance que celle de vapeur en raison du poids spécifique relativement faible de cette dernière et surtout de l'énorme quantité de chaleur emmagasinée dans l'eau.

L'importance d'une grande chambre de vapeur est moins réelle qu'on ne la considère en général ; cependant, si sa capacité était trop petite, la vapeur en se dégaugeant serait exposée à entraîner avec elle des particules liquides. D'autre part, une trop grande chambre d'eau rend la vaporisation lente et entraîne un surcroît de dépense de combustible à la mise en feu. Un trop grand réservoir de vapeur augmente la surface de rayonnement et, par suite, les pertes de chaleur qui en résultent.

Les proportions de la chaudière **Babcock et Wilcox** n'ont été définitivement adoptées qu'après de nombreux essais faits avec des chaudières de diverses capacités. L'expérience a démontré que, telle qu'elle est, la chaudière peut être forcée à outrance sans que le niveau de l'eau varie beaucoup et sans cesser de fournir de la vapeur sèche.

Nous devons dire, cependant, qu'il est rarement économique de fonctionner à marche forcée ; ajoutons que l'espace total occupé par cette chaudière et son massif est égal aux deux tiers environ de celui des chaudières tubulaires de même vaporisation.

12^o *Facilité pour le nettoyage.* — Les chaudières de ce système offrent une grande facilité d'accès pour le nettoyage et c'est là un avantage d'une grande importance. Des trous de poing hermétiques placés aux deux extrémités des tubes donnent un accès facile pour le nettoyage ; le réservoir d'eau et de vapeur est muni d'un trou d'homme ; le collecteur de boues possède un, deux ou trois

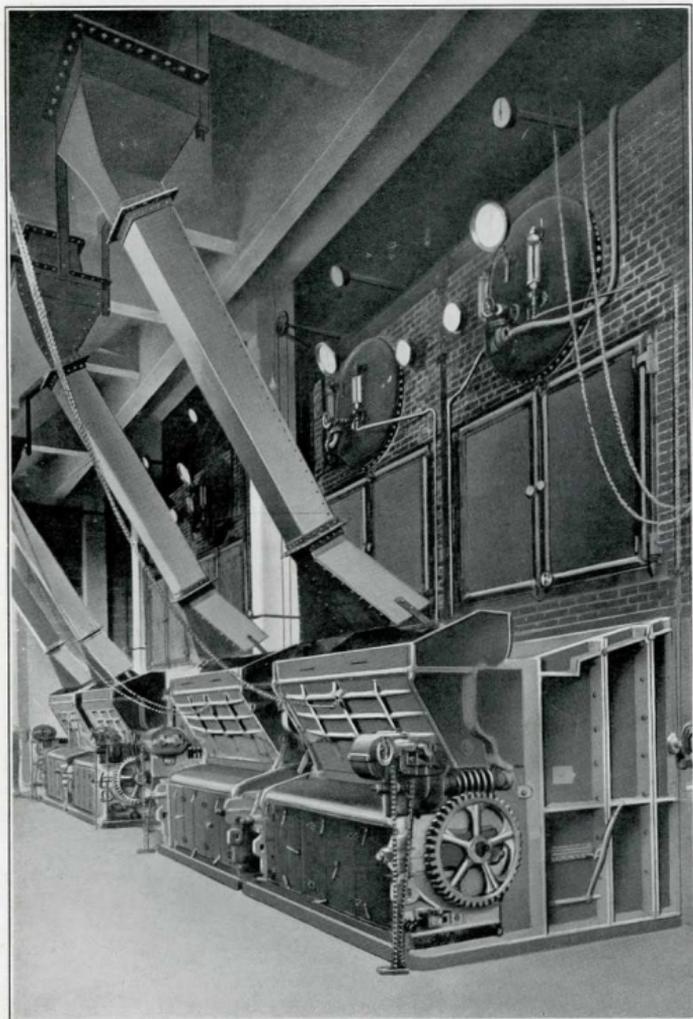


FIG. 52. — SOCIÉTÉ DES SUCRERIES ET DISTILLERIES DU SOISSONNAIS. — Installation, à l'Usine de Bucy-le-Long (Aisne), de 5 Chaudières **Babcock et Wilcox**, formant une surface totale de chauffe de 1250 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles **Babcock et Wilcox**, Tuyauteries et Transporteurs mécaniques : Systèmes **Babcock et Wilcox**. (Voir aussi fig. 207.)

trous de visite suivant sa longueur. Pas un point qui ne soit facilement accessible pour le nettoyage, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur. Les tubes peuvent être régulièrement débarrassés des suies au moyen d'un jet de vapeur envoyé à l'aide d'une lance adaptée à un tuyau de caoutchouc armé.

L'opération se fait en général par les portes ménagées dans les murs latéraux. Les tubes sont ainsi constamment maintenus en état de bien utiliser la chaleur.

13^o *Réduction de la perte due aux dépôts de poussière.* — Un tube ordinaire de fumée recevant à l'intérieur des poussières du foyer est promptement rempli au tiers et à la moitié



Fig. 53. — Tube d'eau. Fig. 54. — Tube de fumée.

de sa section ; avec le temps même il est complètement bouché. Un tube d'eau, au contraire, ne peut retenir qu'une faible quantité de suie et, cette quantité atteinte, l'excédent tombe de lui-même.

14^o *Durée.* — L'absence d'efforts destructeurs, de plaques épaisses ou de joints exposés au feu est déjà un garant de durée. Mais, en outre, il faut remarquer qu'aucune partie de la chaudière n'est soumise à l'action érosive qui détruit si rapidement les extrémités des tubes de fumée ni à ces effets de chalumeau qui donnent lieu aux coups de feu. Aucune tôle située au-dessus du niveau de l'eau ne peut être atteinte par les gaz chauds.

Pour toutes ces raisons, ce système de chaudières est plus durable et moins sujet

aux réparations que tout autre système placé dans les mêmes conditions et recevant les mêmes soins.

15^o *Facilité de transport.* — Les chaudières **Babcock et Wilcox** étant fractionnées en éléments d'un assemblage facile qui ne requiert qu'un expanseur, peuvent être transportées aisément et économiquement même dans les localités où il serait impossible d'amener des chaudières de construction ordinaire. La divisibilité des éléments peut même, le cas échéant, être poussée au point de permettre le transport à dos de mulets s'il est nécessaire.

16^o *Réparations.* — Comme elle est construite aujourd'hui, cette chaudière a rarement besoin de réparations ; mais si, pour une raison quelconque, une réparation devenait nécessaire, tout bon ouvrier mécanicien, muni des outils les plus usuels d'un atelier de chaudronnerie, serait à même de l'exécuter.

17^o *Sanction de l'expérience.* — Quand les avantages que nous venons d'énumérer ne reposeraient que sur des conceptions théoriques, ils mériteraient déjà d'être pris en sérieuse considération ; mais ils ont reçu la sanction de l'expérience dans les conditions d'installation et de fonctionnement les plus variées. Moins de 3 p. 100 des chaudières vendues dans cette période de cinquante années ont, à notre connaissance, cessé d'être en service pour des raisons diverses. Par contre, un grand nombre de nos clients ont donné des ordres nouveaux, souvent même répétés pour quelques-uns.

On observera que dans tous ces types de chaudières, la circulation de l'eau et les chicanes de gaz sont basées sur les mêmes principes. Tous les essais qui ont été faits, toute l'expérience qui a été acquise, depuis trente-cinq ans, prouvent que sous ces rapports il n'a rien été fait de mieux.



Fig. 55.

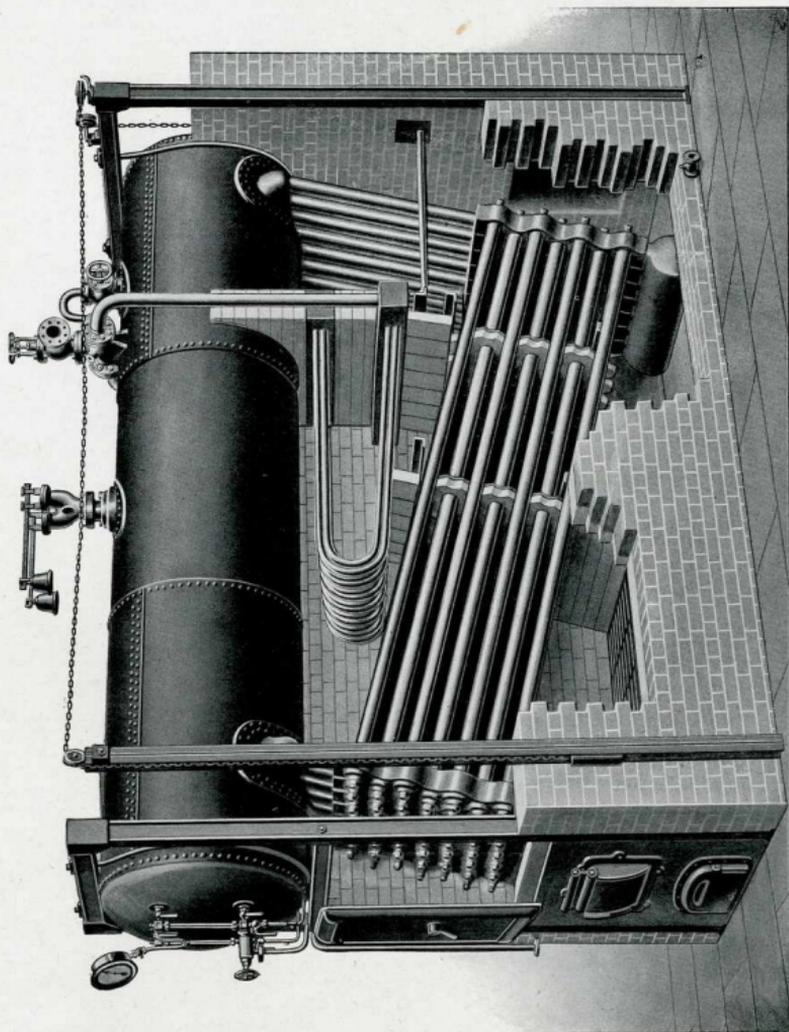


Fig. 56. — Chaudière Babcock et Wilcox, type normal, avec Surchauffeur Babcock et Wilcox type normal.

Surchauffeurs de vapeur

ÉCONOMISEURS — RÉCHAUFFEURS D'AIR

Surchauffeurs de vapeur.

L'INTÉRÊT théorique de la surchauffe de la vapeur comme d'ailleurs celui des hautes pressions, trouve son expression dans les principes de la thermodynamique.

Concernant le cycle de la vapeur, la surchauffe permet de fixer plus de chaleur sur un kilogramme de vapeur, c'est-à-dire qu'elle permet de réduire, pour une puissance donnée, la quantité de fluide à mettre en circuit. En outre, cet apport de chaleur présente un meilleur facteur d'utilisation.

Concernant le rendement des machines, on sait que ce rendement est affecté notablement par l'apparition de l'eau de condensation au cours de la détente.

Dans les turbines, ces gouttelettes d'eau entraînées à une vitesse moindre que celle de la vapeur, frottent sur le dos des aubages et freinent la rotation des roues. La surchauffe retardant l'apparition des gouttelettes d'eau, augmente par cela même le rendement de la turbine.

L'élévation de la température de la vapeur est limitée à 425-450° environ, par la tenue de l'acier doux normal à haute température. Pour dépasser ces chiffres, il faut faire appel à des métaux spéciaux, en général assez coûteux, et dont l'étude complète dépasserait le cadre de cette étude.

Nous décrivons dans ce qui suit un certain nombre de surchauffeurs qui sont adjoints couramment à nos différents types de chaudières, à savoir :

- a. Surchauffeur normal ;
- b. Surchauffeur réglable ;
- c. Surchauffeur indépendant.

Enfin, nous dirons un mot des désurchauffeurs dont l'emploi est parfois indispensable.

a. *Surchauffeur normal.*

Notre surchauffeur normal pour surchauffe modérée (fig. 57 à 60) consiste en un faisceau de tubes d'acier étirés à froid sans soudure, courbés en forme d'U et reliés à leurs deux extrémités à des boîtes ou collecteurs dont l'un reçoit, par l'intermédiaire des sècheurs, de la vapeur telle qu'elle est produite par la chaudière, et l'autre conduit cette vapeur une fois surchauffée par son passage à travers le faisceau de tubes, jusqu'à une valve placée au-dessus de la chaudière. Des trous de poing sont placés en regard des extrémités de chaque tube de faisceau afin de pouvoir les visiter. La vapeur peut être ainsi surchauffée jusqu'à 300°.

Toutes les dispositions de détail indiquées ci-dessus s'appliquent au surchauffeur pour une plus haute surchauffe qui ne diffère du précédent que par le développement de la

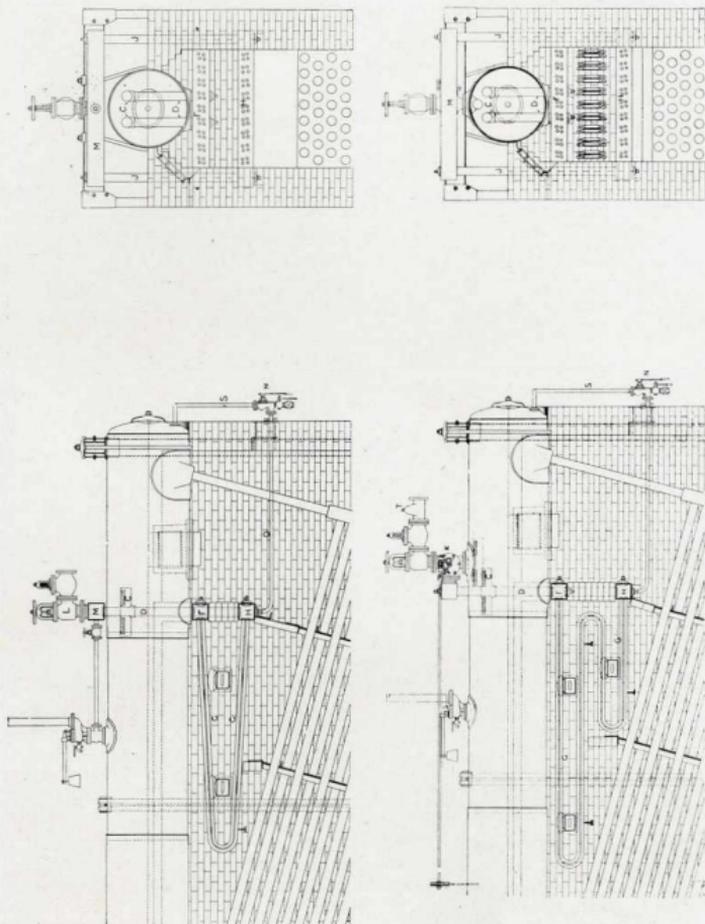


Fig. 57 à 60. — Surchauffeur normal.



surface avec un seul faisceau tubulaire ou par l'emploi de deux faisceaux au lieu d'un (fig. 59 et 60), superposés et disposés de telle sorte que la vapeur les parcourt successivement. Notre surchauffeur normal pour haute température permet de surchauffer la vapeur à des températures allant de 300° à 375°.

Il n'est pas hors de propos de répéter ici les principes qui doivent présider à la construction d'un surchauffeur pour obtenir une température suffisamment élevée :

1° Il est nécessaire de disposer le surchauffeur dans un endroit où la température est convenable. Si une chaudière fonctionne dans des conditions économiques, la différence entre la température de la vapeur saturée et celle des gaz à leur sortie de la chaudière n'est pas suffisante pour surchauffer la vapeur produite à moins de donner au surchauffeur des dimensions exagérées, ce qui revient, en définitive, à dire qu'il est impossible de placer pratiquement un surchauffeur dans le carneau entre la chaudière et la cheminée. D'un autre côté, si on le place trop près du foyer de la chaudière, il peut en résulter des avaries causées par le contact des flammes ;

2° Le surchauffeur doit être construit de telle façon que toutes ses parties puissent se dilater et se contracter librement sans qu'aucun joint n'ait à subir des efforts exagérés qui tendraient à les détruire. Tous joints à collets rabattus doivent être écartés s'ils sont exposés à l'action des gaz du foyer ;

3° On devra prendre les précautions nécessaires pour protéger le surchauffeur contre toutes détériorations lorsque la quantité de vapeur qui le parcourt n'est pas suffisante pour absorber toute la quantité de chaleur fournie par les gaz du foyer.

Notre surchauffeur remplit toutes ces conditions :

Il est placé en un point où, pratiquement, il n'y a aucune détérioration à craindre du fait de la condensation des gaz et où la température est suffisamment élevée pour surchauffer la vapeur de la quantité voulue.

Il n'est pas soumis à l'action immédiate du feu, puisque les gaz du foyer sont d'abord obligés, avant de l'atteindre, de traverser une première fois le faisceau de tubes de la chaudière en avant de la première chicane, et, par suite, de rencontrer une partie déjà assez considérable de la surface de chauffe.

Dans ces conditions, il ne peut pas se produire de grandes variations de température à l'endroit où il est situé.

Il ne comporte pas de joints à brides, tous

les tubes étant raccordés par des joints mandrinés.

La dilatation peut se faire librement, les tubes étant fixés indépendamment les uns des autres, et complètement libres dans leur partie cintrée.

Il ne peut pas y avoir de coups de feu pendant la mise en pression de la chaudière, par suite de notre disposition spéciale qui permet de remplir le surchauffeur avec l'eau de la chaudière et de transformer ainsi toute sa surface en véritable surface de chauffe pendant tout le temps nécessaire pour la mise en pression et jusqu'à l'ouverture de la valve de prise de vapeur.

Le dispositif de remplissage d'eau dont notre surchauffeur a été pourvu consiste simplement en deux tubes S et Q (fig. 57 à 60) qui le font communiquer avec la partie remplie d'eau du réservoir d'eau et de vapeur. Ces tubes sont réunis par un robinet N. En ouvrant ce robinet, on fait communiquer le collecteur inférieur H et par suite les tubes G du surchauffeur avec l'eau du réservoir de la chaudière et le surchauffeur se trouve immédiatement rempli. Toute la vapeur qui se forme dans les tubes du surchauffeur se rend dans le réservoir par le collecteur supérieur F et les tubes qui font communiquer ce réservoir et le collecteur entre eux. Avant d'ouvrir les valves pour se servir de la vapeur surchauffée il faut évacuer, à l'aide du robinet de purge placé en dessous du robinet de remplissage, toute l'eau contenue dans les tubes et les collecteurs du surchauffeur. (Voir à ce sujet les instructions détaillées page n° 171.)

L'eau contenue dans le réservoir d'eau et de vapeur a été purifiée de la plupart de ses impuretés puisqu'elle est chauffée à sa température d'ébullition, il n'y a donc pas de crainte que le remplissage temporaire du surchauffeur, par cette eau pour la mise en pression, ne lui occasionne des dépôts importants.

b. Surchauffeur réglable sur chaudières Babcock et Wilcox.

Dans le cas où on désire avoir à sa disposition une température variable de vapeur surchauffée, ou lorsque cette température doit être réglée avec une grande précision quelle que soit l'allure de marche, nous prévoyons sur nos générateurs des surchauffeurs réglables. Le faisceau tubulaire de ces appareils au lieu d'être orienté comme nos sur-

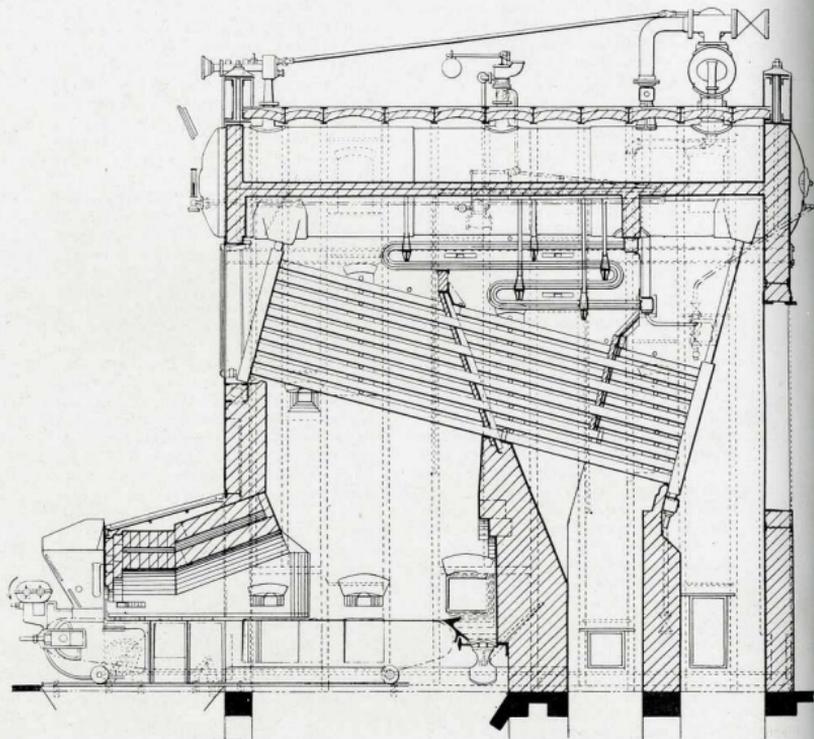
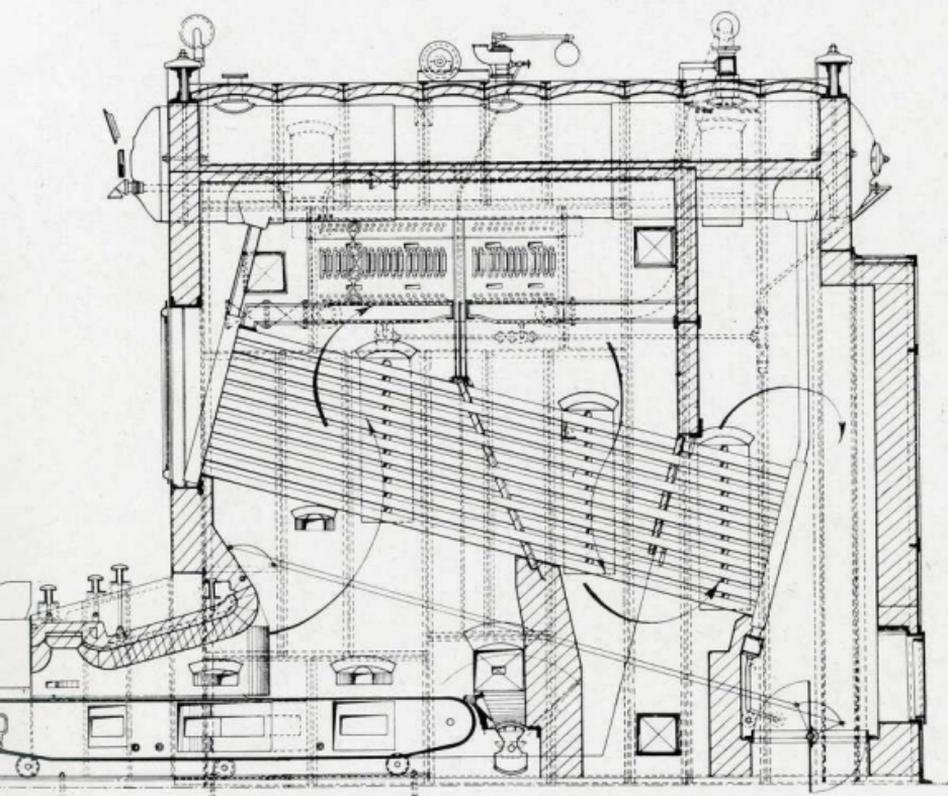


Fig. 61. — Chaudière Babcock et Wilcox du type W. I. F. à gros volume d'eau et de vapeur, chauffée par grille mécanique :
Système Babcock et Wilcox.



Fig. 62.



- Chaudière **Babcock et Wilcox** du type **W. I. F.** à gros volume d'eau et de vapeur, à **Surchauffeur réglable** et chauffée par Grille mécanique : Systèmes **Babcock et Wilcox**.

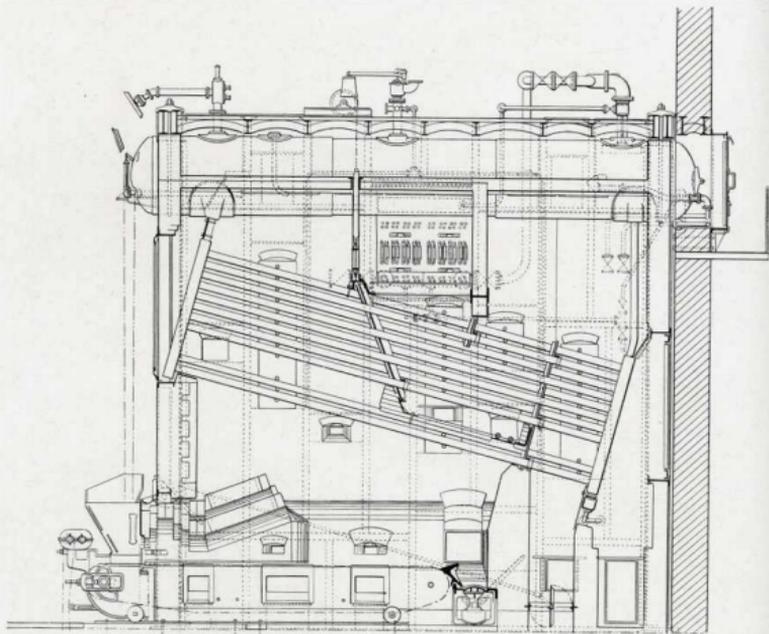


Fig. 63. — Chaudière Babcock et Wilcox du type W. I. F. avec **Surchauffeur réglable** mais avec circulation des gaz analogue à celle des types M. ou S. M. Ce dispositif a permis d'augmenter considérablement le rapport de la surface de chauffe directe à la surface indirecte d'où augmentation correspondante du taux de vaporisation moyenne par mètre carré de surface totale de chauffe.

Installation réalisée à la Sucrerie de Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire) de la Société Anonyme de la Sucrerie et Raffinerie de Chalon-sur-Saône.



chauffeurs ordinaires, dans le sens du faisceau tubulaire de la chaudière, lui est perpendiculaire et est séparé en deux parties par un registre mobile. La manœuvre de ce registre permet de faire traverser le surchauffeur par une fraction plus ou moins grande des gaz de la combustion et par conséquent de régler la température de la vapeur (fig. 62, 63 et 67).

Les surchauffeurs de ces types sont construits tous sur le même principe, en tubes de 32x38 assemblés par mandrinage dans les collecteurs en acier forgé de section carrée ou ovoïde C, C₁ (fig. 162 et 163).

Le ou les collecteurs inférieurs ou supérieurs C et C₁ reçoivent la vapeur saturée venant de la chaudière au moyen de tubes disposés convenablement suivant chaque cas et cela sans interposition d'aucune valve ou clapet de retenue, de sorte que ces collecteurs sont en communication constante de pression avec la chambre de vapeur du réservoir.

Les tubes T partant du ou des collecteurs C₁ affectent la forme en boucles simples, doubles ou triples suivant la surface nécessaire pour obtenir le degré de surchauffe demandé et aboutissent dans les collecteurs supérieurs C. De là, la vapeur circule en suivant le chemin qui lui est indiqué par le cloisonnement des boîtes et sort en bout des collecteurs C₁ par la ou les valves V suivant les cas.

Le ou les collecteurs C₁ portent l'entrée et la sortie de vapeur ainsi que les prises de vidange et de remplissage.

Le faisceau tubulaire constituant ce surchauffeur est libre de se dilater dans toutes ses parties absolument comme le faisceau tubulaire de la chaudière proprement dite. Une valve dite d'équilibre V₁ relie le ou les collecteurs supérieurs avec la chambre de vapeur de la chaudière.

La ou les valves principales de vapeur V sont naturellement fixées à la sortie de la vapeur surchauffée et suivies du ou des clapets automatiques prescrits par les règlements.

Ce ou ces clapets automatiques portent en outre les cuvettes nécessaires pour prise de température finale de la vapeur surchauffée.

Au moment de la mise en pression ou d'une reprise après un arrêt prolongé tel que la pression soit tombée à zéro, le surchauffeur doit être rempli d'eau. A cet effet, le ou les collecteurs inférieurs sont reliés à la chambre d'eau du réservoir de la chaudière par une tuyauterie spéciale et un double robinet qui permet soit de remplir le surchauffeur d'eau soit de le vidanger suivant les

cas. Pour le remplissage et la vidange, le robinet x doit être ouvert. En marche normale, il est fermé.

Surchauffeur pour haute surchauffe combiné à foyer commun avec les chaudières, MT, SMT, MCT et SMCT.

Nos surchauffeurs de ces types sont construits tous sur le même principe, en tubes de 32-38 assemblés par mandrinage dans des collecteurs en acier forgé de section carrée ou ovoïde C, C₁ (voir fig. 165 à 168).

Le ou les collecteurs inférieurs C, C₁ reçoivent la vapeur saturée venant de la chaudière au moyen de tubes disposés convenablement suivant chaque cas et cela sans interposition d'aucune valve ou clapet de retenue de sorte que ces collecteurs sont en communication constante de pression avec la chambre de vapeur du réservoir.

Les tubes T partant du ou des collecteurs C₁ affectent la forme en boucles simples, doubles ou triples, suivant la surface nécessaire pour obtenir le degré de surchauffe demandé, et aboutissent dans les collecteurs supérieurs C. De là la vapeur circule en suivant le chemin qui lui est indiqué par le cloisonnement des boîtes et sort en bout des collecteurs C, C₁ par le ou les valves V suivant les cas. Le ou les collecteurs C₁ portent, à l'extrémité dans laquelle entre la vapeur, la tuyauterie de vidange et de remplissage.

Le faisceau tubulaire constituant ce surchauffeur est libre de se dilater dans toutes ses parties absolument comme le faisceau tubulaire de la chaudière proprement dite.

Une valve dite d'équilibre V₁ relie le ou les collecteurs supérieurs à la chambre de vapeur de la chaudière. Le ou les valves principales de vapeur V sont naturellement fixées à la sortie de la vapeur surchauffée et suivies du ou des clapets automatiques prescrits par les règlements. Ce ou ces clapets automatiques portent en outre les bossages nécessaires pour prise de température finale de la vapeur surchauffée. Au moment de la mise en pression ou d'une reprise après un arrêt prolongé tel que la pression soit tombée à zéro, le surchauffeur doit être rempli d'eau.

A cet effet le ou les collecteurs inférieurs sont reliés à la chambre d'eau du réservoir de la chaudière par une tuyauterie spéciale et un double robinet qui permet soit de

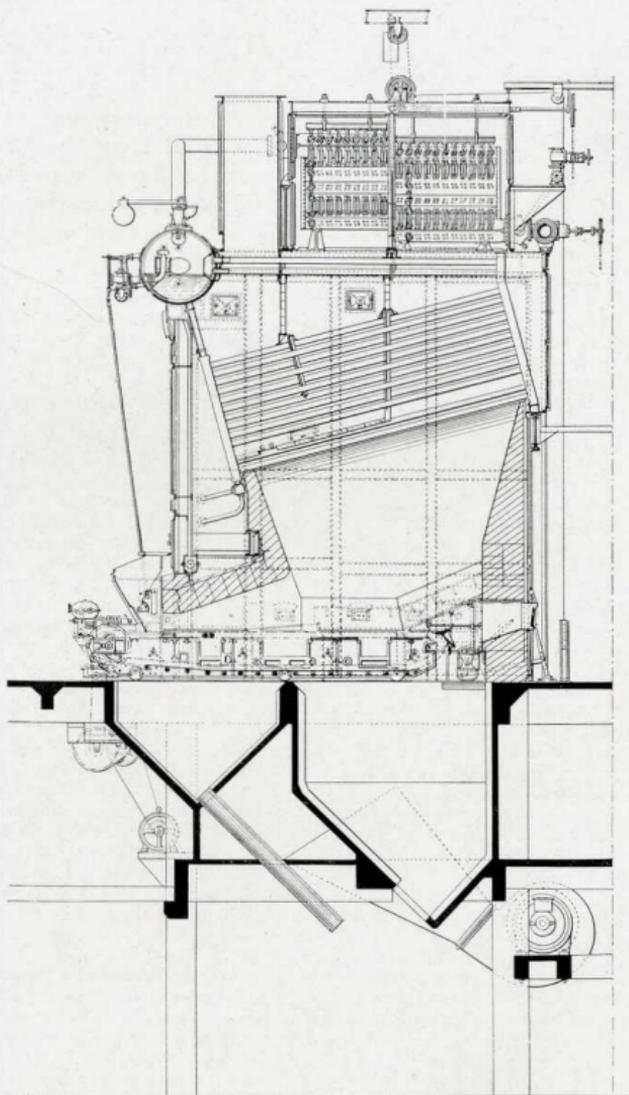


Fig. 64. — Chaudière **Babcock et Wilcox** du type [M., étudiée spécialement pour la production de fortes vaporisations, à **Surchauffeur réglable**, et chauffée par Grille mécanique : Systèmes **Babcock et Wilcox**.

Installations réalisées à la Station Centrale électrique de Comines (Nord) de la *Société Énergie Électrique du Nord de la France* (Voir fig. 244 à 249) et à celle de Gennevilliers (Seine) de l'*Union d'Électricité* (Voir fig. 250 à 254).



remplir le surchauffeur d'eau soit de le vidanger suivant les cas.

Pour nos chaudières MT et SMT dans lesquelles le surchauffeur est au-dessus et n'est pas remplissable, la seule précaution à prendre pour la mise en route consiste à lever le registre de façon que les gaz de la combustion ne passent pas au travers du surchauffeur. Dès l'ouverture de la vanne V, fermer le registre dans la position qui correspond au degré de surchauffage voulu.

c. *Surchauffeur indépendant.*

Dans le cas du remplacement par des turbines des anciennes machines à vapeur installées dans des centrales électriques, par exemple, on considère l'emploi de la surchauffe comme d'une absolue nécessité, quel que soit d'ailleurs le modèle de chaudières précédemment installées. Mais il y a des types de ces chaudières où l'adjonction d'un surchauffeur dépendant est impossible, d'autres où la construction de ce surchauffeur dépendant obligerait à un arrêt des chaudières incompatible avec le fonctionnement de l'usine.

Pour ces motifs ou d'autres qui peuvent intervenir, il est souvent utile d'installer un surchauffeur indépendant.

Bien que l'économie de combustible soit moindre avec un surchauffeur indépendant qu'avec celui qui fait partie intégrante de la chaudière, elle est suffisamment importante pour que, dans bien des cas, on n'hésite pas à l'adopter de préférence à l'emploi de machines sans surchauffe.

Il n'est pas très facile de dessiner et de construire un bon surchauffeur indépendant qui soit à la fois durable et sans fuite, car dans cet appareil il n'y a pas, comme dans le cas précédent, de tubes d'eau de chaudières formant tampon pour ainsi dire entre les flammes du foyer et les tubes du surchauffeur.

L'expérience a cependant conduit à formuler comme suit les conditions que doit remplir un surchauffeur indépendant :

1° Il doit être entièrement construit en acier forgé avec des tubes de petits diamètres épais et sans soudure ;

2° Aucune matière susceptible de se détériorer telle que l'amiante ne doit entrer dans la composition des joints ;

3° La vapeur doit y circuler rapidement ;

4° Les sections de passage de la vapeur doivent aller en augmentant de l'entrée du

surchauffeur à sa sortie afin d'éviter une chute de pression ;

5° Les tubes ne doivent pas être mis directement en contact avec les gaz du foyer mais doivent être placés dans une chambre remplie de gaz chauds dont la combustion a été faite ailleurs et qui ont, dans cette chambre, une température suffisante pour produire la température de surchauffe désirée ;

6° Toute la construction du surchauffeur devra lui permettre une grande liberté de dilatation.

Notre surchauffeur indépendant breveté (fig. 65 et 66) remplit toutes ces conditions. Il présente en outre les avantages et les caractéristiques suivants :

1° Les sections ou faisceaux de surface de surchauffe sont logés dans des compartiments séparés par des cloisons ou des murettes ;

2° Emploi de chicanes horizontales pour diriger les gaz à travers les faisceaux des sections ;

3° Obligation à la vapeur de se rendre d'une section à l'autre en sens inverse de la marche des gaz (chauffe à circulation méthodique) ;

4° Direction de la vapeur dans une section en venant d'un côté pour sortir par l'autre côté afin de donner un flux de vapeur plus uniforme ;

5° Disposition de connexions extérieures de manière qu'elles ne chevauchent pas l'une sur l'autre ;

6° Disposition des boîtes les plus basses à des niveaux différents pour donner une distribution de gaz plus uniforme sur les parties les plus basses des tubes ;

7° Adaptation de portes d'air froid en vue de régulariser la surchauffe.

Si on se reporte aux figures 65 et 66, on verra que notre surchauffeur indépendant est composé d'un certain nombre de tubes en U réunis à leur partie inférieure par des collecteurs.

(1) représente un massif approprié construit en briques avec armatures et destiné à contenir les collecteurs et les tubes du surchauffeur.

A une extrémité de ce massif est disposé un foyer (2) au delà duquel est un mur vertical formant avec le mur de façade (1) une chambre de combustion (3).

L'espace compris entre le mur avant et le mur arrière du massif est divisé en une série de compartiments ou chicanes disposés de manière à laisser des passages de gaz soit supérieurs soit inférieurs, entre la chambre

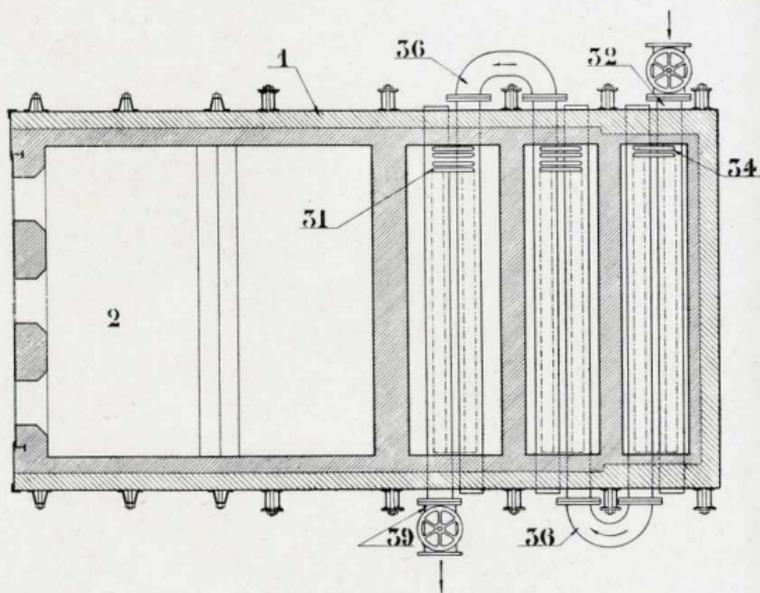
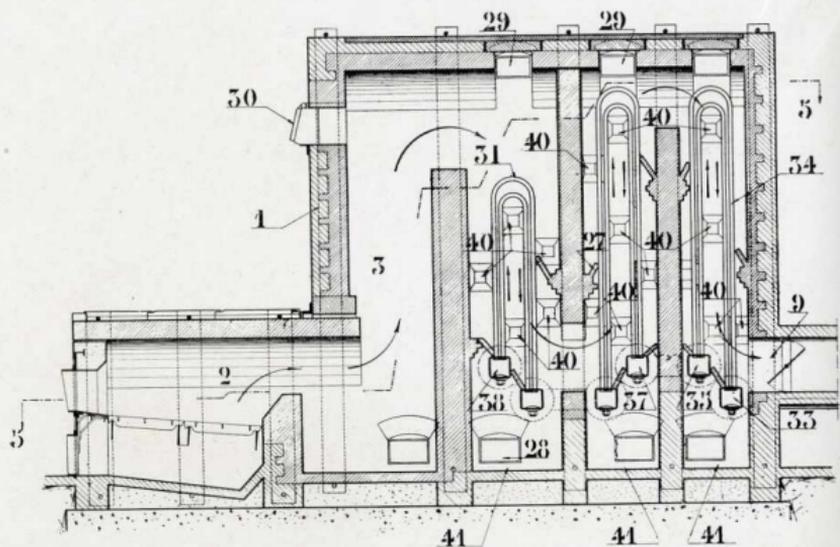


Fig. 65 et 66. — Surchauffeur à foyer indépendant, Système Babcock et Wilcox.

de combustion et la valve de sortie des gaz (9). Dans chaque compartiment est logée une section du surchauffeur, chaque section étant figurée comme consistant en collecteurs inférieurs d'entrée et de sortie, supportés par les murs latéraux du massif.

Les collecteurs sont d'une section suffisante pour permettre la vitesse d'écoulement demandée à la vapeur à travers le surchauffeur.

Les tubes du surchauffeur sont courbés en U et leurs extrémités inférieures sont mandrinées dans des sièges ménagés dans la partie supérieure des collecteurs.

Ces tubes s'étendent au-dessus des collecteurs sur toute la partie supérieure des compartiments dans lesquels les sections sont enfermées. En face de chacune des extrémités des tubes, le collecteur porte un trou rendant accessibles lesdites extrémités, soit pour les inspecter, soit pour les mandriner.

Les collecteurs sont, de préférence, placés à des niveaux différents, ainsi qu'il est représenté sur la figure 65. Le premier collecteur est à un niveau plus élevé lorsqu'il est placé dans un compartiment où les gaz entrent par le haut et sortent par le bas, et il est à un niveau moins élevé quand les gaz entrent par le bas et sortent par le haut. A l'aide de cette disposition, les gaz sont plus uniformément répartis sur les tubes qui s'étendent au-dessus des collecteurs.

La disposition de la tuyauterie qui relie deux sections du surchauffeur est telle que la vapeur entre dans une série donnée de tubes d'un certain côté du surchauffeur et quitte l'autre collecteur de la même série de l'autre côté du surchauffeur. Ceci a pour résultat un flux plus uniforme de vapeur que si l'entrée et la sortie de la vapeur avaient lieu du même côté du massif.

Les tubes 31 de la série la plus proche du foyer ont été coupés plus courts que ceux des autres séries afin que leurs extrémités soient au-dessous du niveau du mur. Les tubes de la première série étant plus courts ne sont pas soumis à l'action directe de la chaleur provenant de la chambre de combustion (3) de telle sorte qu'il est possible d'obtenir une plus grande capacité d'absorption de chaleur de la part du surchauffeur, sans danger de brûler les tubes de la première série ou section.

La vapeur venant de la tuyauterie munie d'une valve (32) entre dans le collecteur d'entrée (33), parcourt les tubes (34) et arrive aux collecteurs de sortie (35), puis passe par la tuyauterie (36) située en dehors du massif du surchauffeur, arrive dans le collec-

teur d'entrée (37) de la série intermédiaire, des tubes et, de là, dans la série des tubes la plus proche du foyer pour aboutir aux collecteurs de sortie (38), d'où elle atteint la valve (39) de la tuyauterie principale de vapeur.

Afin que toutes les parties de la surface du surchauffeur soient accessibles pour la visite et le nettoyage, on ménage des portes (28) dans les murs latéraux du massif au-dessous du niveau des collecteurs et des portes (29), tout en haut des murs latéraux du massif, au-dessus des parties courbées des tubes. On ménage également des portes (30) s'ouvrant dans la chambre de combustion. Ces portes doivent pouvoir s'ouvrir si besoin, afin de permettre l'entrée de l'air froid dans le surchauffeur et éviter ainsi un excès de surchauffe.

Des portes de ramonage (40) sont ménagées dans les murs latéraux du surchauffeur pour laisser passer une lance de ramonage à air ou à vapeur pour enlever la suie des surfaces extérieures des tubes du surchauffeur ; une partie de cette suie sera emportée par le flux des gaz du foyer, une autre tombera à la partie inférieure du surchauffeur dans une cavité (41) ménagée au-dessous des collecteurs les plus bas.

La quantité de chaleur passant dans la chambre de surchauffe peut être régularisée à volonté. La température y est maintenue assez basse, ne nécessitant qu'une faible surface de grille.

On peut employer toutes sortes de combustibles. Le surchauffeur est muni d'un tuyau de passage direct de la vapeur avec toutes les valves nécessaires pour l'isoler, le cas échéant, de la conduite principale de vapeur sans occasionner d'arrêt. La consommation de charbon est excessivement réduite. Le réglage de la surchauffe se fait dans le surchauffeur indépendant de la même manière que dans les surchauffeurs pour surchauffe modérée ou haute, à l'aide de la valve de communication.

Après une série de passages à travers les tubes du faisceau du surchauffeur, la vapeur se rend à la valve de distribution de la vapeur surchauffée.

Les tubes sont libres de se dilater. Bien entendu, les gaz quittent les surchauffeurs à une température supérieure à celle de la surchauffe obtenue, mais la chaleur perdue qu'ils emportent avec eux peut être récupérée par leur passage soit à travers un économiseur, soit en rejoignant au point voulu les gaz d'une chaudière voisine.

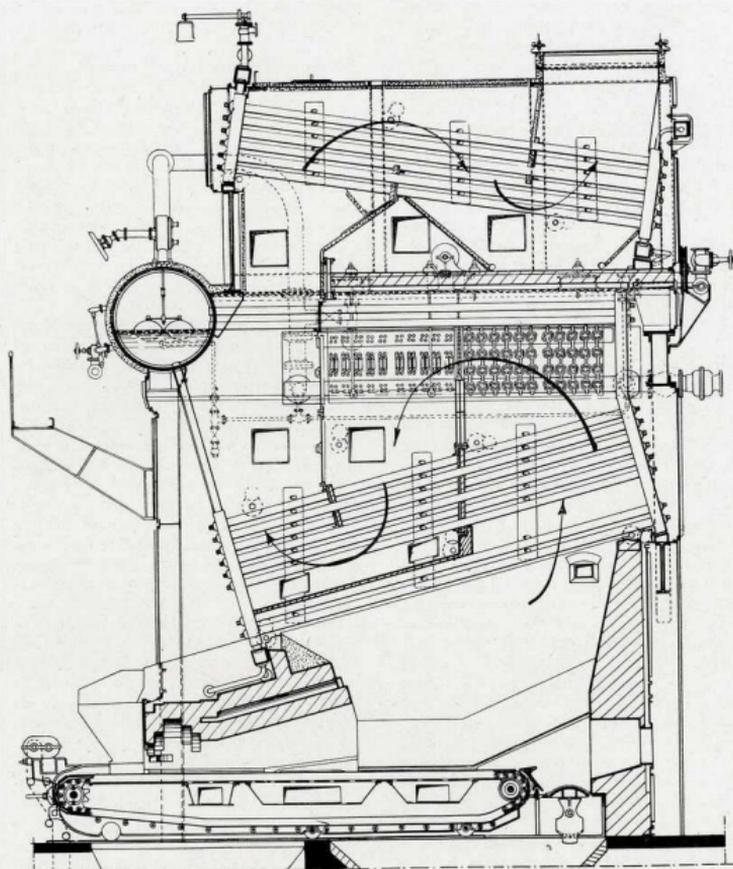


Fig. 67. — Chaudière **Babcock et Wilcox** du type S. M., étudiée spécialement pour la production de fortes vaporisations, à **Surchauffeur réglable** : Système **Babcock et Wilcox**. Enveloppe en tôle remplacée par des murs.

Installation réalisée à la Centrale de Fenne à Furstenhausen (Sarre) de l'Administration des *Mines Domaniales Françaises du Bassin de la Sarre* (Voir fig. 212 et 213).

Surchauffeurs de vapeur appliqués à des chaudières de tous systèmes.

Indépendamment des surchauffeurs décrits ci-dessus, notre système de surchauffeurs peut être appliqué à tous les genres de chaudières terrestres ou marines. Tout en maintenant l'idée générale de l'appareil, nous apportons dans les détails de la disposition du surchauffeur les modifications nécessaires pour l'approprier au type de chaudière auquel il doit être appliqué.

Désurchauffeurs Babcock et Wilcox.

Les désurchauffeurs peuvent se diviser en deux catégories :

1° Dans la première catégorie, la désurchauffe s'opère par pulvérisation d'eau dans une chambre où circule la vapeur à désurchauffer ;

2° Dans la deuxième catégorie, la désurchauffe s'opère par circulation d'eau froid

chauffe s'opère par circulation d'eau froid dans un serpentín baigné par la vapeur.

Dans le cas où l'on désire obtenir une assez grande quantité de vapeur saturée, le premier dispositif est à conseiller ; mais si l'on n'a besoin que de désurchauffer une petite quantité de vapeur ou d'abaisser dans une certaine mesure le degré de surchauffe, il est préférable d'employer le second dispositif qui a le grand avantage de procurer de la vapeur exempte de gouttelettes d'eau. Il est avantageux, dans ce cas, d'employer comme eau de refroidissement l'eau d'alimentation des chaudières ; si toute cette eau passe dans le désurchauffeur, on obtiendra une désurchauffe de 100° environ, dans les conditions courantes.

Au point de vue installation, les désurchauffeurs peuvent s'installer en dérivation soit sur le branchement à la sortie de la chaudière, soit sur un collecteur principal.

Ils seront avantageusement munis de régulateurs automatiques en vue de maintenir absolument constante la température de la vapeur, quelles que soient les variations de marche.

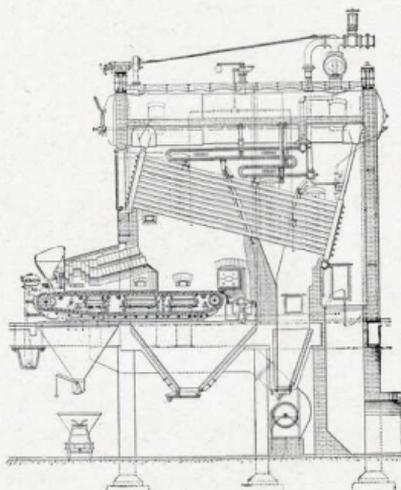


Fig. 68.

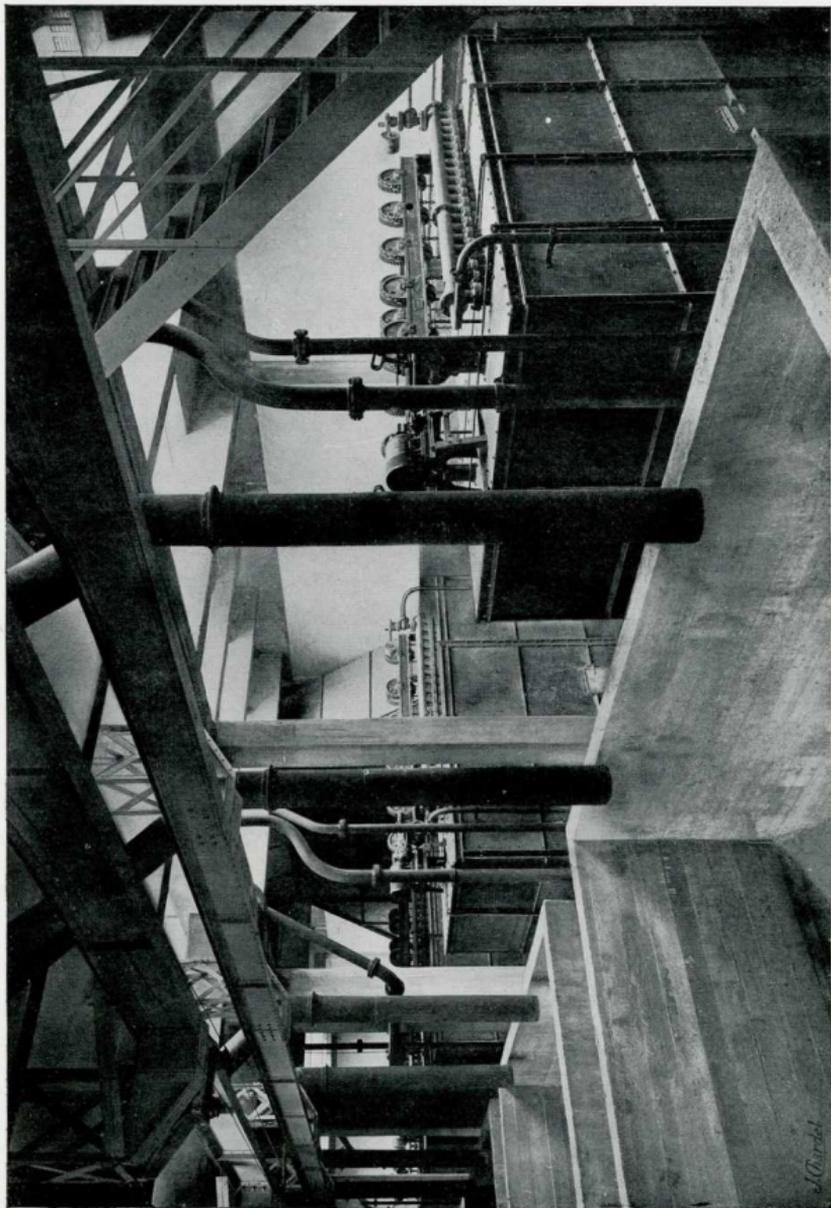


Fig. 69. — COMPAGNIE PARISIENNE DE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ. — Installations, aux Usines de Saint-Ouen et d'Issy-les-Moulineaux (Seine), de 40 Chaudières Babcock et Wilcox, formant une surface totale de chauffe de 16 800 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques ; Systèmes Babcock et Wilcox.
Vue des Economiseurs à enveloppes métalliques et des Silos à charbon placés au-dessus des Chaudières Babcock et Wilcox. (Voir fig. 229 à 243).



Économiseurs

D'UNE manière générale, les gaz sortent des chaudières à une température notablement supérieure à celle qui serait nécessaire pour assurer un tirage suffisant avec une cheminée convenablement proportionnée. Ce fait, qui s'applique à tous les cas indistinctement, se trouve d'autant plus accentué que la vapeur produite par la chaudière est à une pression plus élevée, la transmission de la chaleur entre les gaz de la combustion et l'eau contenue dans la chaudière résulte en effet de la différence de température de chaque côté des deux parois de la surface de chauffe et, à l'extrémité du parcours, on ne peut empêcher cette différence d'être d'une soixantaine de degrés au minimum. Par suite et avec des pressions de 15 kilogrammes correspondantes à une température de 200°, la température des gaz sortant de la chaudière sera au moins de 260° à 270°, alors que la température suffisante pour assurer le tirage avec une cheminée de 35 à 50 mètres serait de 170° à 180°. Cette température, qui correspond à l'emploi d'une cheminée à tirage naturel, serait susceptible d'être réduite encore pour une cheminée à tirage induit, obtenu par des moyens mécaniques et dont l'application tend à se développer principalement pour les moyennes et les grandes installations.

Il existe donc une quantité de chaleur contenue dans la masse des produits de combustion, par suite de la différence entre leur température à la sortie des chaudières et celle qui, strictement suffisante pour assurer le tirage à la cheminée, se trouve perdue sans aucun profit, si l'on ne cherche à interposer entre les chaudières et la cheminée un appareil quelconque de récupération.

C'est cet appareil que l'on désigne communément sous le nom d'économiseur, et qui, étant parcouru par l'eau servant à l'alimentation des chaudières et nécessairement

à une température inférieure à celle de l'eau contenue dans la chaudière assure, dans une certaine proportion, la transmission de cette quantité de chaleur restant à utiliser.

En admettant que l'introduction d'un appareil spécial ne soit pas suffisamment justifiée pour des installations de minime importance, il en doit être tout autrement lorsqu'il s'agit d'une batterie comprenant déjà deux ou trois chaudières et à plus forte raison pour de grosses installations, telles qu'elles résultent du développement actuel de l'industrie en général et en particulier de l'industrie électrique et des nouveaux moyens de transport mécanique.

Pour qu'un économiseur remplisse le but auquel il est destiné, il y a plusieurs conditions essentielles à remplir qui sont les suivantes :

1° Que la surface de séparation des gaz et de l'eau soit divisée le plus possible et que les matières constituant cette surface de séparation soient aussi bonnes conductrices de la chaleur que possible ;

2° Qu'au contact de cette surface de chauffe, l'eau soit renouvelée aussi rapidement que possible et, par suite, que l'eau soit animée dans son parcours de la plus grande vitesse possible ;

3° Que la circulation des gaz et de l'eau soit autant que possible méthodique, ce qui permettra de refroidir les gaz à la sortie de l'économiseur au contact de l'eau à l'entrée dans l'appareil, jusqu'à leur minimum de température ;

4° Que les surfaces intérieure et extérieure soient maintenues dans un très bon état de propreté.

On peut construire les économiseurs avec tubes en fonte ou avec tubes en acier.

Les économiseurs avec tubes en fonte sont très répandus, ils sont pourvus d'un dispositif mécanique permettant d'enlever conti-

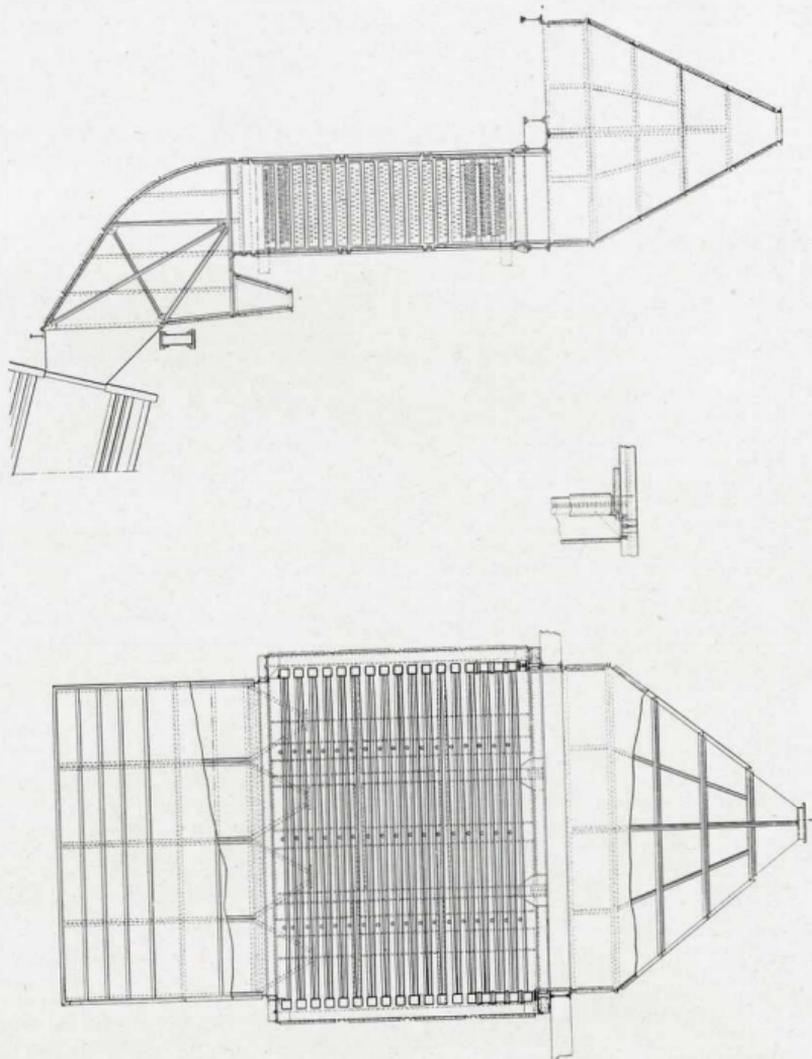


Fig. 70, 71 et 72. — Économiseur Babcock et Wilcox en acier du type à contre courant.



nuellement la suie qui est susceptible de se déposer à l'extérieur des tubes et c'est une des conditions qui les fait préférer dans un grand nombre d'installations.

Les économiseurs avec tubes en acier sont à récupération plus rapide. On peut leur objecter de se piquer plus vite que les tubes en fonte soit sous l'action intérieure de l'air dégagé de l'eau, soit sous l'action extérieure de la condensation acide des produits de la

combustion. On peut, il est vrai, remédier à ces inconvénients soit par le goudronnage intérieur des tubes, ou leur galvanisation, soit par l'emploi d'aciers moins facilement oxydables tels que les aciers contenant une certaine proportion de nickel, soit encore par un dispositif spécial appelé dégazage qui permet d'éliminer l'air de l'eau avant son entrée dans l'économiseur.

ÉCONOMISEURS EN FONTE

Nous ne décrivons pas ici les économiseurs en fonte qui sont ou du type vertical bien

connu ou du type horizontal avec tubes lisses ou à ailettes.

ÉCONOMISEURS EN ACIER

Les économiseurs en acier peuvent être constitués par un faisceau tubulaire analogue à celui des chaudières, mais on le construit plus généralement en tubes de petit diamètre, avec circulation méthodique des gaz et de l'eau à réchauffer.

Les économiseurs en acier se recommandent par leur faible poids relativement aux économiseurs en fonte. Il en résulte une économie sensible de frais de premier établissement lorsqu'ils sont installés par exemple sur un plancher au-dessus des chaudières. Si l'on a besoin en outre d'assurer au gaz et à l'eau une circulation méthodique, les échanges de chaleur se font mieux et plus rapidement, ce qui permet, pour un même résultat, de réduire la surface et par conséquent le poids de ces économiseurs.

Le développement des chaudières à haute

pression rend la plupart du temps indispensable l'emploi d'économiseurs en acier, c'est pourquoi la Société française des constructions **Babcock et Wilcox** en a, depuis longtemps déjà, entrepris la fabrication.

L'économiseur méthodique **Babcock et Wilcox** en acier est représenté figures 70 à 72.

Il se compose essentiellement d'une série de boîtes superposées reliées entre elles par des faisceaux de tubes de petit diamètre. L'eau introduite à la partie inférieure suit un long parcours sinueux qui la met en contact avec des gaz de plus en plus chauds avant de sortir par la boîte supérieure pour entrer dans la chaudière. Les gaz dissous ont ainsi la possibilité de se dégager sans nuire à la bonne circulation de l'eau. C'est le type d'économiseur qui permet la meilleure récupération de la chaleur pour une surface donnée.

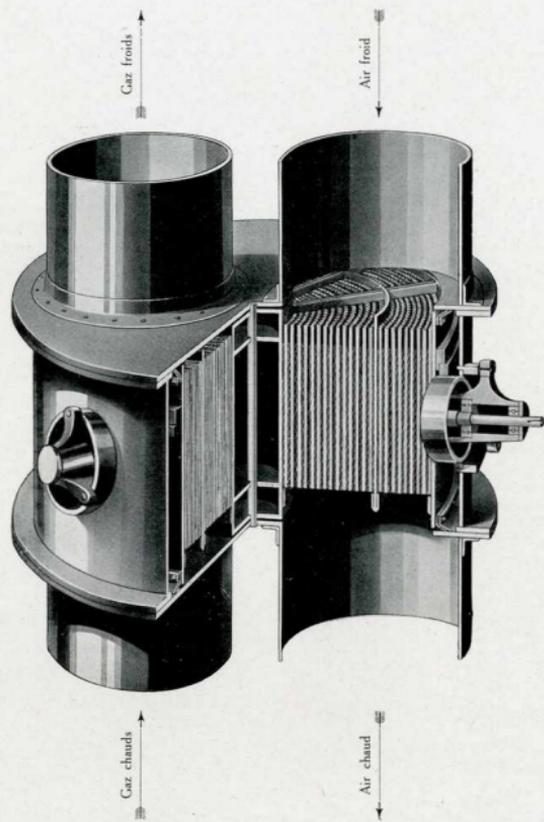


Fig. 73. — Réchauffeur d'air « Ljungström ».

RÉCHAUFFEURS D'AIR

Dans toutes les installations où l'on veut pousser jusqu'à son extrême limite la récupération de la chaleur contenue dans les fumées, il ne suffit généralement pas d'un économiseur, surtout si l'eau y entre très chaude. En particulier, dans toutes les chaufferies marchant à pression élevée et où l'eau d'alimentation est réchauffée par un prélèvement de vapeur sur les turbines avant son entrée dans les économiseurs, ces derniers ont une surface très réduite. Les fumées en sortent très chaudes et il y a un grand intérêt à installer à leur suite un nouvel échangeur pour abaisser davantage la température des gaz.

C'est le rôle des réchauffeurs d'air. Relativement peu employés jusqu'ici, ces appareils deviendront peut-être les principaux récupérateurs des chaufferies. Ce sont d'excellents régulateurs de rendement pour les chaudières et s'ils sont bien construits, leur emploi est des plus intéressants.

Pour être efficaces, leur surface doit être constamment tenue dans un état de propreté parfaite, et ils doivent être aussi étanches que possible pour que le travail des ventilateurs de tirage ne soit pas augmenté par les rentrées d'air.

Le réchauffeur d'air tubulaire **Babcock et Wilcox** réalise au mieux ces conditions : les rentrées d'air sont radicalement évitées puisque les tubes qui le composent sont mandrinés dans des plaques tubulaires, son efficacité peut être tenue constante puisque son mode de construction permet de lui adapter nos souffleurs de suie **Diamond** qui maintiennent les surfaces d'échange dans un état de propreté parfaite même en cours de fonctionnement. La section de passage de l'air et l'emplacement des chicanes dans le circuit gazeux sont toujours soigneusement déterminés pour réaliser les vitesses de circulation les plus avantageuses pour le bon fonctionnement de nos appareils.

Si l'étanchéité absolue n'est pas de rigueur, comme c'est le cas de beaucoup d'installations, on emploiera avec avantage le réchauffeur d'air **Ljungstrom**. Au contraire des autres réchauffeurs d'air, il ne s'agit pas ici d'un simple échange ou d'une récupération de chaleur par écoulement de gaz et de l'air de part et d'autre d'une surface conductrice, mais d'une véritable régénération par accumulation et cession successives de calories.

Cet appareil (fig. 73) est constitué par un cylindre mobile divisé en secteurs tournant à l'intérieur d'une enveloppe portant les tubulures d'entrée et de sortie de l'air et des fumées ; chacun de ces secteurs, bourrés de tôles ondulées, vient se présenter successivement devant l'orifice d'entrée des fumées qui se refroidissent, puis devant l'orifice d'entrée d'air froid qui se réchauffe à son contact avant d'être introduit au foyer. Le côté des gaz et le côté de l'air sont séparés par une cloison. A l'orifice de sortie des gaz se trouve un ventilateur qui aspire ces gaz ; à l'orifice d'entrée de l'air est un autre ventilateur qui refoule l'air à travers le réchauffeur. Les gaz et l'air affluent en sens inverse à travers la chambre intermédiaire du réchauffeur où s'effectue la transmission de la chaleur.

Il n'y a guère à craindre d'engorgement des carneaux par la suie ou la cendre, étant donné que les vitesses de passage des fluides sont élevées. Cependant, par précaution, on peut souffler de temps en temps à travers le rotor avec un fort jet de vapeur au moyen de deux rampes de ramonage. L'opération s'effectue en quelques secondes pendant une révolution du rotor.

Le réchauffeur d'air **Ljungstrom** présente, vis-à-vis de tous les réchauffeurs d'air actuels de même capacité, le grand avantage d'être d'un encombrement très réduit et de pouvoir s'installer là où des réchauffeurs d'air à plaques ou tubulaires ne pourraient trouver place.

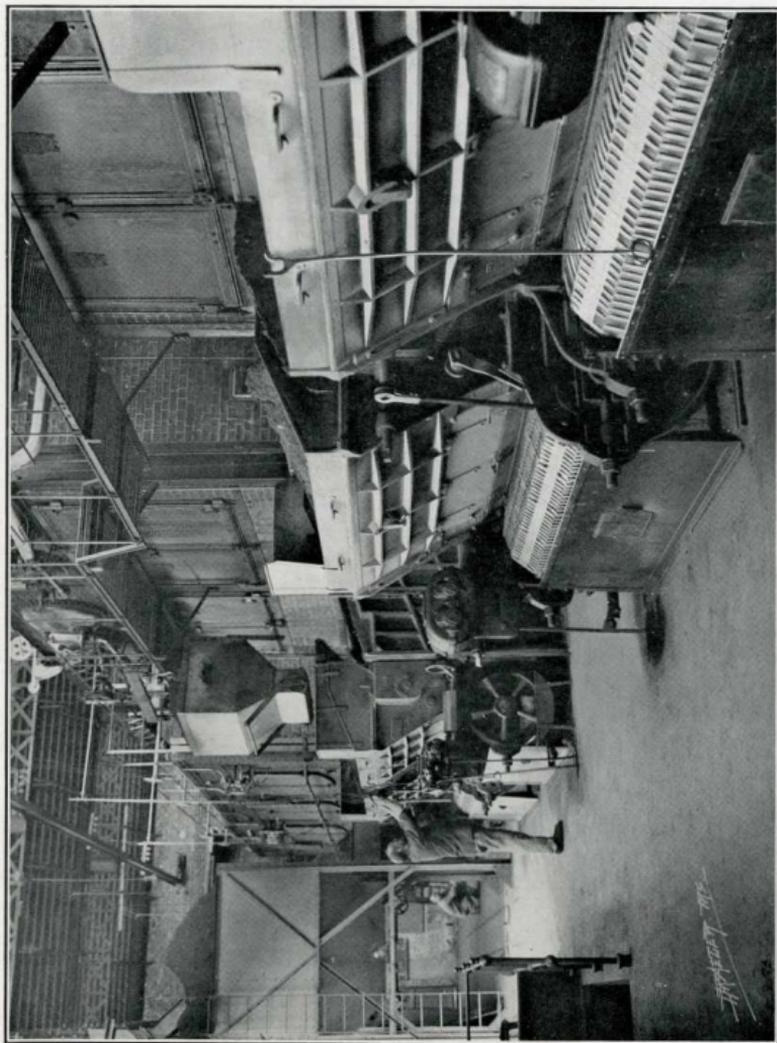
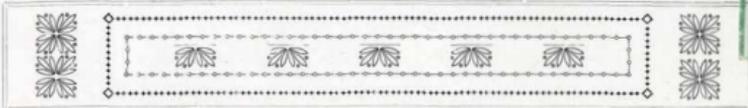


Fig. 74. — ÉTABLISSEMENTS SEYDOUX ET MICHAU RÉUNIS. — Installation, à la Filature de Beauvais-en-Cambrésis (Nord), de 7 Chaudières Babcock et Wilcox, formant une surface totale de chauffe de 1 815 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Tuyauteries et Transporteur mécanique : Systèmes Babcock et Wilcox.



CHAPITRE V

Combustibles et Foyers

Combustibles.

LES notes suivantes relatives à l'utilisation des différents genres de combustible et la forme de foyer appropriée à leur combustion traitent de ce sujet au point de vue théorique.

La houille est le combustible le plus généralement employé. Sa nature et sa qualité au point de vue de sa puissance calorifique varient considérablement. C'est un fessile d'origine végétale et la différence dans sa nature est attribuée à la différence de son origine. Le charbon de la même couche ne varie pas en nature ou en caractéristiques et généralement elles sont les mêmes pour un même district, ce qui fait que la localité d'origine d'un charbon détermine généralement sa qualité commerciale.

Au point de vue chimique, la houille est divisée en deux classes : les anthracites et les charbons bitumineux. Il y a également des distinctions dans ces deux classes de houille, savoir : les semi-anthracites et les semi-bitumineux et du charbon tendre bitumineux et dans cette dernière catégorie se classe le lignite, charbon de formation la plus récente.

L'anhracite pur, que l'on s'accorde à classer comme étant de formation la plus ancienne et la plus profonde, se trouve principalement aux Etats-Unis d'Amérique, mais aussi, et sur une étendue non moins considérable, dans la partie occidentale du bassin houiller de la Galles du Sud en Angleterre, aux environs de Swansea ; en plus petits gisements en Ecosse, en France dans la région du Dauphiné, dans le sud de la Russie et dans le district d'Osnabruck en Westphalie (Allemagne).

Le semi-anthracite et le charbon semi-bitumineux sont principalement représentés par celui qu'on désigne commercialement sous le nom de *Cardiff* ou du Pays de Galles et provient de l'immense bassin houiller du Pays de Galles (Angleterre). On le trouve également en grandes quantités en Belgique, où il est appelé demi-gras.

Le charbon dur bitumineux ou *cannel* se trouve principalement dans le district de Midlands en Angleterre et est surtout employé pour produire le gaz d'éclairage.

Le charbon bitumineux ordinaire se trouve sur presque tous les points du globe. Les plus grands gisements connus sont en Ecosse et dans les comtés anglais de Northumberland, Yorkshire, Lancashire, Somersetshire, Warwickshire et Cheshire ; en Allemagne, en Westphalie et en Silésie ; dans le nord de la France, en Autriche, en Russie, aux Etats-Unis d'Amérique, en Chine, au Japon, aux Indes, en Australie, en Nouvelle-Zélande et au Canada.

Les gisements de lignite existent principalement en France, en Italie, en Allemagne et en Autriche, mais on en trouve également en Suède, en Espagne, dans les Balkans, etc. (1).

La puissance calorifique d'un charbon est la quantité de chaleur développée par la combustion de ce charbon dans des conditions théoriques parfaites, conditions que l'on obtient seulement en laboratoire. Cette puissance calorifique est exprimée en unités thermiques ou de chaleur.

L'unité adoptée est la *calorie*. On appelle ainsi la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° C. la température d'un kilo-

(1) Pour les divers types de charbon, voir notre *Bulletin technique*, n° 5, de mai 1928.

gramme d'eau à son maximum de densité, soit à la température de 4° C.

La puissance calorifique par kilogramme de charbons ordinaires varie entre 4.000 et 8.000 calories.

Les principes constitutifs du charbon dont nous tirons la chaleur sont : le carbone, l'hydrogène, et quelquefois un peu de soufre, mais le charbon contient aussi de l'humidité qui, absorbant de la chaleur pour son évaporation, diminue d'autant la puissance calorifique du charbon. Cette puissance se détermine pratiquement par la bombe calorimétrique.

Un échantillon du charbon à analyser (un gramme) est placé à l'intérieur d'un obus spécial convenablement calorifugé. L'obus est rempli d'oxygène sous pression et un dispositif permet d'enflammer l'échantillon de charbon.

La température dégagée chauffe l'eau du calorimètre dans lequel est plongée la bombe. Des mesures précises permettent de déterminer l'élévation de la température et d'en déduire la quantité de chaleur dégagée et par conséquent le pouvoir calorifique de l'échantillon.

Il y a lieu de remarquer que les chiffres obtenus donnent le pouvoir calorifique à volume constant. Dans la pratique, le charbon brûle sous pression constante : une correction permet de déduire le pouvoir calorifique à pression constante de celui trouvé par la bombe calorimétrique.

Si la manière dont la puissance calorifique d'un combustible peut être transformée en travail utile pour la formation de la vapeur dans une chaudière ne dépendait uniquement que des puissances calorifiques des combustibles, la tâche des constructeurs de chaudières ou de foyers de chaudières serait facile. Mais, dans la conversion de la puissance calorifique d'un combustible en travail utile de vaporisation, il y a des pertes. Elles proviennent soit d'une combustion imparfaite, du fait de l'admission de trop ou de trop peu d'air dans le foyer, soit de rayonnement par la chaudière, soit d'infiltration d'air à travers la fumisterie des chaudières, soit de la quantité de chaleur qui s'échappe dans la cheminée puisque les gaz, à la sortie de la chaudière, doivent avoir au moins la température de la vapeur produite, soit enfin, et c'est là la plus importante de toutes les pertes, de l'effet produit sur la combustion par les gaz chauds venant en contact avec la surface de chauffe froide de la chaudière, ce qui a pour conséquence un abaissement notable de leur tem-

pérature, avant que leur combustion complète ne soit obtenue.

Les causes de pertes indiquées tout d'abord peuvent être largement diminuées par des moyens mécaniques, mais la dernière constitue la plus grande difficulté que les dessinateurs d'un foyer aient rencontrée. Elle dépend des différentes températures auxquelles se dégagent les gaz, différence qui provient des diverses natures de charbons employés et des variations dans l'effet de refroidissement susmentionné de la surface de chauffe de la chaudière.

C'est là la raison pour laquelle, dans la pratique, on ne peut pas obtenir le même rendement avec un charbon bitumineux ou avec un anthracite, lors même que ces deux charbons auraient la même puissance calorifique. Le désir de diminuer le plus possible cette différence est la raison d'être des perfectionnements que l'on invente de temps à autre au sujet des foyers de chaudières à vapeur.

Considérons ce qui a lieu quand on jette un charbon dans le foyer d'une chaudière.

Avec un charbon anthracite la désagrégation et la distillation ont lieu très lentement, avec du Cardiff elles ont lieu un peu plus vite et avec un charbon bitumineux elles ont lieu presque instantanément. La rapidité en dépend du pourcentage de carbone contenu dans le charbon. Pour brûler 1 kilogramme de carbone, il faut 2^{kg},66 d'oxygène et comme la composition en poids de l'air montre qu'il n'y a que 23 p. 100 d'oxygène, il s'ensuit qu'il faut 11^{kg},6 d'air pour brûler 1 kilogramme de carbone.

L'air nécessaire à la combustion du combustible dans un foyer de chaudière doit passer entre les interstices des barreaux de grille et à travers les couches de ce combustible. La rapidité avec laquelle se fait ce passage dépend de l'intensité du tirage.

Bien que même pour du coke ou de l'anthracite il faille un certain espace dans le foyer pour la combustion des gaz avant qu'ils ne viennent en contact avec la surface de chauffe froide de la chaudière, le point principal pour obtenir leur bonne combustion réside surtout dans la proportion à donner entre l'allure de cette combustion et la quantité d'air fourni. En d'autres termes, le rendement maximum que l'on peut obtenir avec ces combustibles dépend de l'allure de combustion.

Le meilleur charbon anthracite contient 90 à 95 p. 100 de carbone, le coke 93 p. 100, le reste consistant principalement en cendres

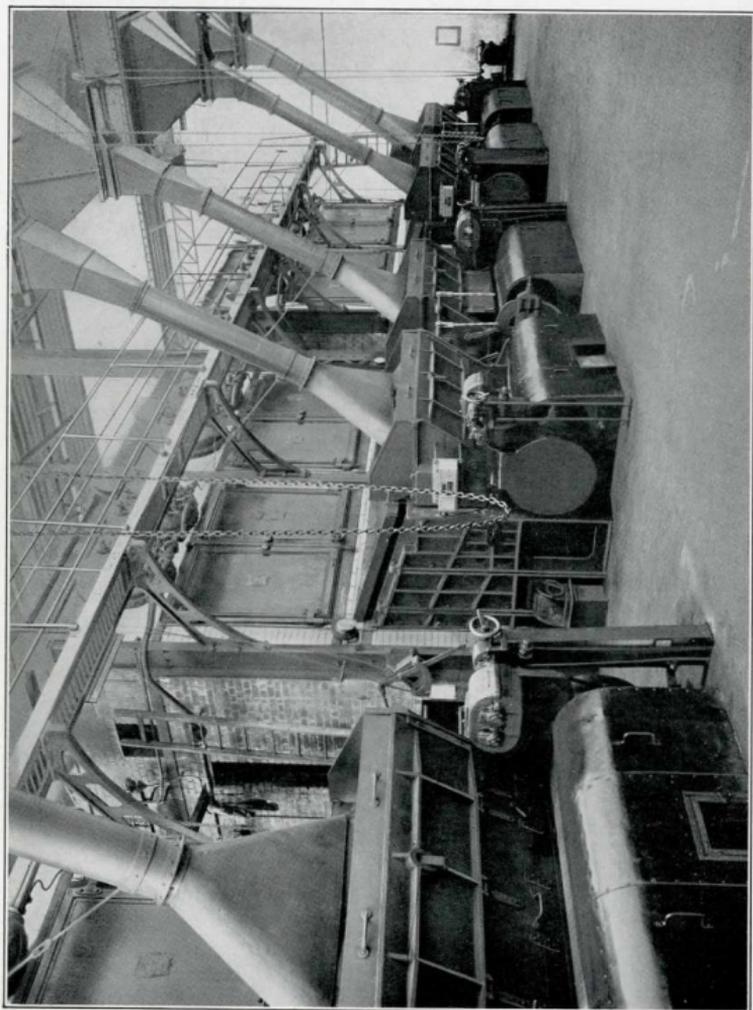


Fig. 76. — Soie Artificielle de Cauchy. — Installation, à l'Usine de Cauchy (Aisne), de 8 Chaudières **Babcock et Wilcox**, formant une surface totale de chauffe de 2 255 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Tuyauteries : Systèmes **Babcock et Wilcox**.

et matières incombustibles. Ces dernières sont en d'autant plus grande quantité que le charbon est plus inférieur. Il faut naturellement en tenir compte lorsqu'on étudie les proportions à donner à la surface de grille.

Lorsque l'allure de combustion est proportionnée à l'intensité du tirage de manière à donner autant que possible la quantité d'air nécessaire, il se forme de l'acide carbonique par la combinaison, avec le carbone fixe contenu dans le combustible, de l'oxygène qui passe à travers les séparations des barreaux de grille. Chaque kilogramme de carbone qui brûle ainsi fournit 8.080 calories.

Si l'allure de la combustion est trop grande par rapport à l'arrivée de l'air, l'acide carbonique formé dans les couches inférieures du combustible qui sont d'abord en contact avec l'air qui a traversé la grille s'empare d'une autre partie du carbone situé dans les couches supérieures du combustible et forme avec lui de l'oxyde de carbone. Dans ce cas, il ne se dégage plus que 2.470 calories, soit 5.610 calories de moins que si le combustible était convenablement brûlé et qu'il ne se soit formé que de l'acide carbonique; les chiffres ci-dessus montrent



Fig. 77.

Salle des chaudières et cheminée pour une installation comportant 2140 mètres carrés, de surface de chauffe de chaudières **Babcock et Wilcox**, avec soufflerie, économiseur, transporteur d'escarbilles, etc.

bien la nécessité absolue d'assurer une combustion aussi parfaite que possible, quoiqu'il y ait la perte de chaleur est énorme.

Le charbon demi-anthracite, comme du Cardiff ou du demi-gras français ou belge, contient moins de carbone fixe. Sa proportion varie généralement de 75 à 85 p. 100, les 15 à 25 p. 100 restant étant composés de matières volatiles et de cendres. Mais du fait de la rapide désagrégation de ce charbon, le contact entre le combustible incandescent et l'air qui passe à travers la grille a lieu plus rapidement et la combustion est plus complète. Par conséquent, c'est, aux allures ordinaires de combustion, le charbon qui peut être brûlé le plus utilement et avec le moins de difficultés.

Si cependant l'allure de combustion dépasse une certaine limite, de telle sorte que l'arrivée d'air n'est plus concordante avec elle, il faut encore, dans ce cas, employer des procédés pour augmenter le tirage et quelquefois envoyer de l'air sous pression sous les grilles. Une vive allure de combustion est nécessaire pour le charbon dans certaines conditions, par exemple sur les navires de guerre et les flammes que l'on voit quelquefois sortir des cheminées indiquent nettement que la combustion n'est pas bonne. Il en résulte un mauvais rendement.

Naturellement la puissance calorifique de la nature du charbon dépend aussi des différentes impuretés incombustibles qu'il contient. Celles-ci sont de 3 à 7 p. 100 dans le Cardiff, de 5 à 15 p. 100 dans le demi-gras français ou belge et atteint jusqu'à 25 et 35 p. 100 dans le charbon du Transvaal, c'est pourquoi les chaudières destinées à ces pays sont munies de grands foyers.

Le pourcentage de matières volatiles étant dans ces charbons demi-anthracites ou demi-gras plus élevé que dans l'antracite pur ou dans le coke, l'allure de combustion devra être bien proportionnée au tirage si on veut que la combustion des matières volatiles soit bien effectuée. Il est également nécessaire de prévoir une grande chambre de combustion afin que le combustible y soit entièrement brûlé à haute température. Si ces conditions ne sont pas remplies, les gaz non brûlés arrivent trop rapidement en contact avec la surface de chauffe de la chaudière s'y refroidissent et produisent de la suie et de la fumée.

Avec la chauffe ordinaire, la fumée produite n'est pas brûlée (bien que son intensité puisse être réduite par un grand excès d'air) et si l'on s'aperçoit que les conditions de la combustion sont telles qu'il se produit

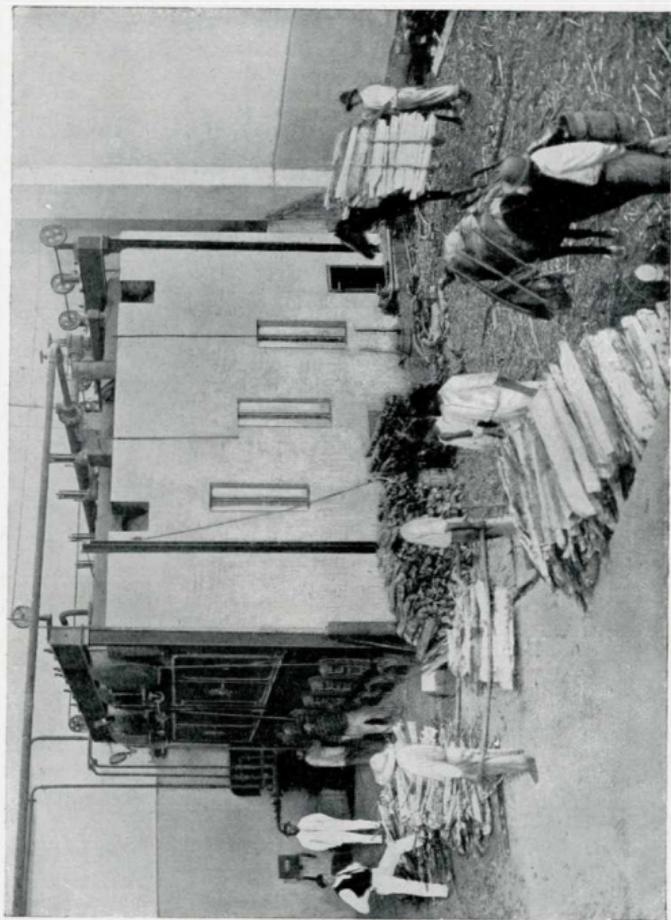


Fig. 78. — SOCIÉTÉ COTONNIÈRE BELGE-BRÉSILIENNE. — Installation, à Pernambuco (Brésil), de 2 Chaudières Babcock et Wilcox de 300 mètres carrés de surface de chauffe chacune, disposées pour la chauffe au bois.



de la fumée, il faut immédiatement soit réduire l'allure de combustion soit augmenter le tirage. On observe fréquemment que, tandis que dans certains ateliers il ne se produit pas de fumée, en d'autres, avec le même charbon et le même type de foyer et de chaudière, il s'en dégage énormément. Les différences d'allures de combustions sont seules causes de ces différences de formation de fumée.

Il convient cependant de mentionner que, tandis que la production de la fumée est une indication que les conditions de la combustion peuvent être améliorées, l'absence de fumée n'est pas du tout une preuve que la combustion se fait dans de bonnes conditions, car cette absence de fumée peut être causée par un excès d'air et la dilution des gaz qui en résulte. Cette production de fumée ne veut pas dire non plus qu'il y a une perte considérable de combustible, car une très petite quantité de carbone suffit à colorer d'une façon très intense les gaz qui s'échappent d'une chaudière.

Foyers.

Les charbons anthraciteux sont ceux pour lesquels il est le plus facile de dessiner un foyer approprié et l'expérience a montré que, avec tous les genres de chaudières, c'est le type de grille unie, horizontale, qui est le plus pratique pour la chauffe à la pelle.

Naturellement la dimension des morceaux, le pourcentage de cendres, la puissance du tirage et l'allure de combustion que l'on désire sont autant de facteurs qui déterminent les détails d'un foyer, tels que : écartement des barreaux de grille, dimensions des ouvertures d'air.

Cela nous mènerait trop loin de fournir des données relatives à tous ces points et pour chaque espèce de charbon. C'est au dessinateur ou au constructeur de chaudières qu'il appartient de les connaître et de les utiliser, et souvent l'industriel lui-même fera bien d'y mettre la dernière main afin d'approprier au mieux sa chaudière avec le type spécial de charbon, selon la mine où il se le procure.

Avec des charbons semi-bitumineux et même avec quelques charbons du pays de Galles, plus l'allure de combustion est faible et moins il y a production de fumée. En fait et avec tous les charbons, abstraction faite de toutes autres considérations tendant à produire une bonne combustion, l'élément temps joue un rôle important et il se traduit lui-même par la fréquence avec laquelle du charbon frais est lancé sur le feu et la quantité de charbon lancée à la fois, par conséquent la période de temps qui est allouée pour la combustion d'une quantité donnée de gaz dégagés.

Tout ceci cependant nécessite la plus grande attention lorsque l'on emploie des charbons bitumineux. La grande chambre de combustion d'un foyer de chaudière **Babcock et Wilcox** et les matériaux réfractaires dont il est construit sont des facteurs qui amènent la perfection de la combustion au plus haut point possible et avec des combustibles anthracites et une bonne conduite de chauffe à la main, ces foyers donnent les meilleurs résultats. Il est toujours préférable d'employer la chauffe mécanique si on veut obtenir le rendement maximum.

L'utilité de la chauffe mécanique réside :

1° En ce que l'arrivée du charbon se fait automatiquement en quantités convenables dans le foyer ;

2° En ce qu'on n'a plus de perte par l'admission d'excès d'air par la porte du foyer, pendant le temps de chargement du charbon à la main ;

3° Dans la diminution du travail manuel qui se traduit par ce fait qu'un seul chauffeur est capable de conduire un bien plus grand nombre de foyers de chaudières.

Ces conditions ont été remplies d'une manière toute particulière dans notre grille à chaîne qui, dans sa construction mécanique, a été étudiée pour pouvoir satisfaire à toutes les exigences de chargement variable. Nous avons apporté à notre grille mécanique à chaîne divers perfectionnements qui permettent de l'utiliser pour toutes les espèces de charbon. (Voir à ce sujet notre description des grilles mécaniques.)

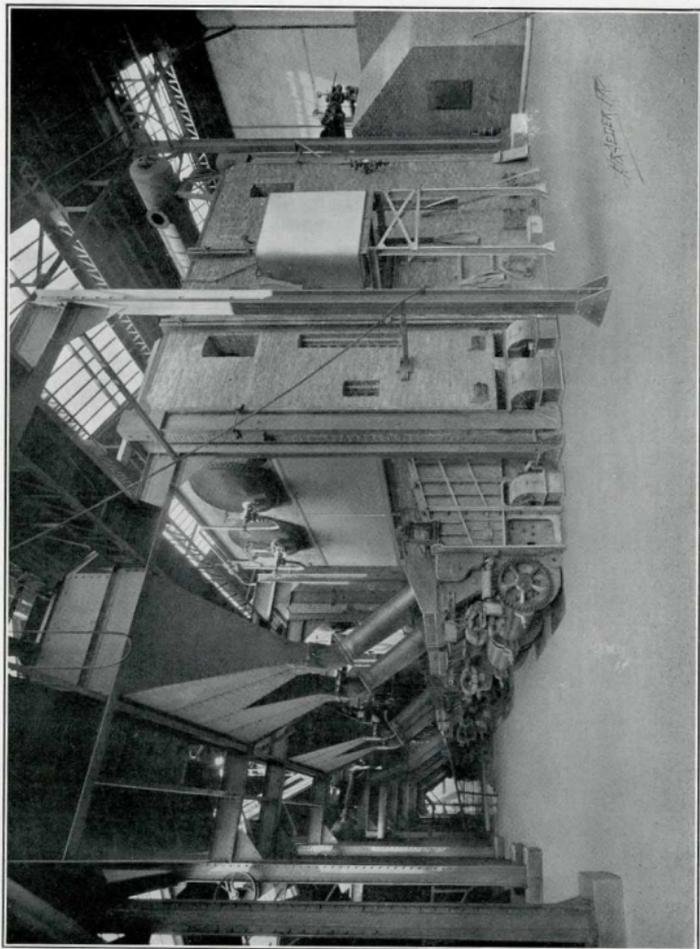


Fig. 79. — SOCIÉTÉ ANONYME DES MINES D'ALBI. — Installation, à la Centrale Electrique d'Albi, de 6 Chaudières Babcock et Wilcox, formant une surface totale de chauffe de 2 520 mètres carrés avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Systèmes Babcock et Wilcox, Surchauffeurs, Systeme Babcock et Wilcox sur chaudières d'autre types.



COMBUSTIBLES SPÉCIAUX — FOYERS APPROPRIÉS

1° Combustibles solides.

Briques. — Le charbon aggloméré ou *briques* fabriqué par le mélange de goudron au poussier de charbon est très répandu en France et dans divers autres pays.

On choisit également, pour faire ces agglomérés, des charbons semi-anthraciteux, comme ceux du pays de Galles ou du nord de la France.

La puissance calorifique des briques dépend nécessairement de la puissance calorifique des charbons employés. Il est possible de régulariser cette fabrication de manière à obtenir des produits absolument uniformes et donnant, avec une puissance calorifique déterminée et généralement très élevée, une proportion de cendres également déterminée.

C'est pour ces raisons que les briques et en particulier les briques dites *Marines* et surtout les briques *Torpilleurs* sont spécifiées communément comme base pour la détermination du rendement des chaudières lorsqu'il ne s'agit pas de l'emploi particulier d'un combustible spécial.

Le pouvoir calorifique des briques est généralement d'au moins 7.700 calories et la forme du foyer le mieux approprié à leur combustion est une grille horizontale avec toujours plus de fumée que le charbon ordinaire.

Lignite. — En dehors des charbons ordinaires, semi-bitumineux ou bitumineux, on rencontre en assez grandes proportions, et particulièrement en France, dans la région des Bouches-du-Rhône, le charbon brun ou lignite qui est un charbon de formation récente.

Ce charbon est brûlé généralement sur des grilles ordinaires horizontales ayant une proportion double environ de la grille employée avec du charbon pour une surface déterminée de chaudière. Ce développement de surface de grille est nécessité par la puissance calorifique très réduite de ce combustible.

Étant donnée sa friabilité et la facilité de le classer par catégories de grosseur des morceaux en *grelasons* ou en *terres fines*, on a fait avec un certain succès l'application de grilles à gradins avec portes fermant registres de réglage de la trémie et permettant l'écoulement automatique du combustible sur le

plan incliné de la grille et sous la simple action de la pesanteur. Ces grilles à gradins donnent un résultat économique du fait de l'alimentation continue, mais elles sont susceptibles de s'engorger et nécessitent une surveillance continue de la part du chauffeur.

De la grille à gradins à écoulement continu de combustibles sous l'action de la pesanteur et dont nous avons fait un assez grand nombre d'installations, nous en sommes arrivés à appliquer aux chaudières chauffées avec les lignites notre grille mécanique à chaîne qui assure de même l'alimentation continue du combustible sous l'action de l'avancement mécanique et régulier de la grille.

Bien que les *lignites* soient un combustible non susceptible de se transformer en coke, néanmoins et du fait de la proportion considérable des matières volatiles allant jusqu'à 35 et 40 p. 100, la grille mécanique a donné jusqu'à présent le résultat le plus favorable qui ait encore été obtenu. (Voir grilles mécaniques, p. 117.) Son emploi se trouve justifié au point de vue de l'économie de vaporisation, par la possibilité de brûler toutes les matières volatiles et par suite d'obtenir le rendement maximum du combustible.

Il est justifié d'autre part, et au point de vue pratique, par ce fait que, pour une vaporisation déterminée, il faut nécessairement consommer en poids le double de la quantité qui serait nécessaire d'un autre combustible et que l'alimentation automatique de la grille supprime le travail de chargement à la pelle qui serait excessif pour les chauffeurs. Enfin, et pour d'importantes installations, grâce aux dispositions actuellement en usage pour le transport mécanique des charbons et aussi l'enlèvement mécanique des mâchefers, il devient possible de constituer des chaufferies de plusieurs chaudières avec un personnel réduit et dont le travail se trouve limité à la simple surveillance du fonctionnement des appareils.

Un autre point qui mérite d'attirer l'attention des industriels, c'est que, du fait de la continuité absolue de l'alimentation de la grille, il est possible de demander aux chaudières, dans les mêmes conditions d'économie de rendement, une production de vapeur par mètre carré beaucoup plus considérable ; c'est ainsi, par exemple, que comparativement aux chaudières munies de

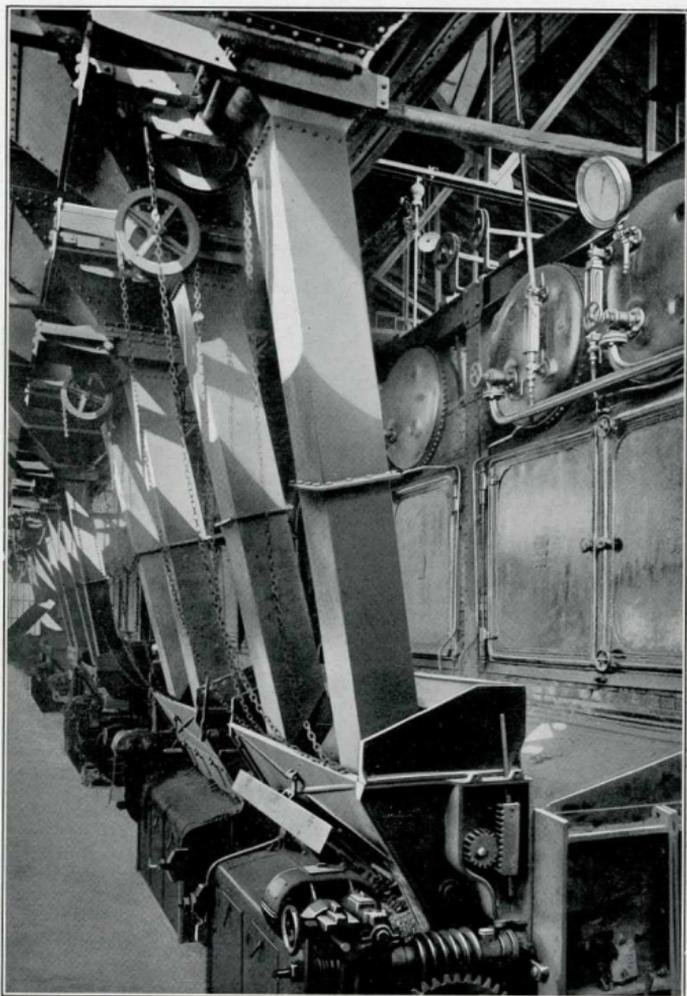


Fig. 80. — SOCIÉTÉ ANONYME DES HOUILLÈRES DE MONTRAMBERT ET DE LA BÉRAUDIÈRE. — Installation, à la Ricamarie (Loire), de 10 Chaudières **Babcock et Wilcox**, formant une surface totale de chauffe de 2 540 mètres carrés, avec Surchauffeurs, Grilles mécaniques et Economiseurs : Systèmes **Babcock et Wilcox** ; Grilles mécaniques, Système **Babcock et Wilcox**, sur Chaudières d'autres types.
Vue de la Chaufferie du Puits de l'Ondaine, La Ricamarie (Loire).