



grilles horizontales ou de grilles à gradins dont la vaporisation se trouve limitée à 10 kilogrammes environ par mètre carré.

On peut obtenir d'une chaudière avec grille mécanique (dans les mêmes conditions économiques de rendement) la même vaporisation qu'avec le charbon.

Il en résulte une économie dans l'importance ou le nombre des chaudières à installer qui compense, dès le début, les frais supplémentaires d'installation de grilles mécaniques et de transporteur comparativement aux grilles ordinaires.

Coke. — Le coke, carbone presque pur, obtenu par la distillation du charbon pour produire le gaz d'éclairage, ne peut être convenablement brûlé que sur une grille horizontale.

La forme des barreaux n'est pas indifférente et doit être étudiée avec soin.

Elle dépend en grande partie de l'allure de la combustion. La chaleur dégagée par le coke est surtout locale et, sauf précaution, les barreaux de grille se détériorent facilement. On évite cet inconvénient soit en plaçant sous les grilles des cendriers toujours remplis d'eau, soit au moyen de jets de vapeur sous grille.

Le coke est le combustible qui donne le moins de fumée. Avec un tirage de 13 millimètres d'eau, on peut brûler dans de bonnes conditions 60 kilogrammes de coke par mètre carré de surface de grille et par heure. Pour une allure de combustion plus élevée, il convient d'employer le tirage forcé, dont l'intensité et le mode d'emploi dépendent dans chaque cas des conditions propres à chaque installation.

De ce fait que la chaleur dégagée par le coke se trouve principalement localisée dans le foyer de la chaudière, il importe de développer au maximum la surface de chauffe directement exposée à l'action de ce foyer, et c'est pourquoi les chaudières multitubulaires donnent avec le coke une vaporisation plus intense et un rendement plus avantageux que les chaudières ordinaires à surface de chauffe directe réduite.

Pour la bonne utilisation du coke et de tous les combustibles maigres, il est nécessaire de souffler les foyers des chaudières.

Il y a deux moyens de souffler le feu :

Le premier, à l'aide d'un jet de vapeur introduit dans un appareil faisant office d'éjecteur pour l'entraînement de l'air nécessaire à la combustion ;

Le second, à l'aide d'un ventilateur refou-

lant l'air dans une galerie commune à toutes les chaudières et reliée à chacune d'elles par un registre réglable à volonté.

Foyers à main soufflés à la vapeur. — Divers systèmes sont actuellement en usage pour le soufflage des foyers par la vapeur.

Ces systèmes se différencient soit par la forme et la construction de l'appareil souffleur, soit par la forme et les dimensions des barreaux de grilles.

Les appareils souffleurs ne donnent pas tous la même utilisation et il convient, bien entendu, de s'en tenir aux appareils correspondant à la dépense minimum de vapeur.

Quant aux grilles, elles sont aussi excessivement variables suivant les constructeurs, mais les grilles constituées par des paquets de barreaux en fer profilé et à écartement réglé, suivant la nature des combustibles, donnent un excellent résultat.

Ce sont ceux que nous employons généralement, mais nous sommes, bien entendu, en mesure aussi de fournir, comme nous le faisons fréquemment, des ensembles de souffleries et de grilles spéciales considérés comme étant les mieux appropriés à chaque cas particulier.

En principe, on peut admettre que les grilles soufflées par la vapeur conviennent plus spécialement pour tous les cas d'installation de faible importance, comprenant une ou deux chaudières, par exemple.

A la condition que les appareils de souffleries soient particulièrement économiques dans la consommation de la vapeur, ces grilles peuvent être appliquées également pour un plus grand nombre de chaudières, mais, en général, la dépense résultant de la soufflerie sera moins importante pour de grandes installations en recourant au deuxième système, c'est-à-dire :

Foyers à main soufflés par ventilateur. — Le soufflage sous grille par ventilateur s'obtient au moyen d'un appareil placé à l'extrémité d'une batterie de chaudières, refoulant l'air dans un carneau général placé le plus souvent en contre-bas de cette batterie et qui vient déboucher de préférence dans l'autel de chacune des chaudières par un registre spécial réglable à volonté depuis la façade de la chaudière.

L'air employé par la soufflerie peut être de l'air pris directement dans l'atmosphère, mais il peut être également de l'air aspiré dans des locaux dont on désire faire en même temps l'assainissement et la ventila-

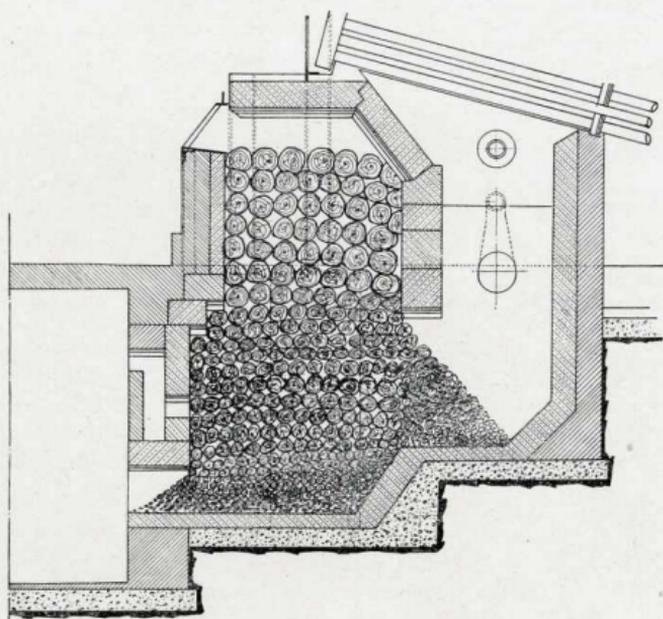


Fig. 81. — Foyer spécial pour bois en grumes (Rondins).



tion. En outre, cet air peut être, suivant les cas et la nature du combustible à brûler, réchauffé en passant à travers un appareil spécial, ou humidifié au moyen d'un jet de vapeur ou d'un appareil pulvérisateur.

Les appareils de tirage forcé que nous venons de décrire ci-dessus, et qui dépendent exclusivement de la nature du combustible à utiliser, ne doivent pas être confondus avec les appareils de tirage aspiré que l'on emploie assez fréquemment aujourd'hui, soit pour remplacer la construction de hautes cheminées, soit pour permettre une utilisation plus complète des gaz de la combustion.

La combustion du coke, soit à l'état de grésillons ou de poussières, est particulièrement recommandée sur notre grille à soufflerie compartimentée (voir p. 121). L'allumage se fait parfaitement bien et l'allure de combustion peut aller jusqu'à 180 et même 200 kilogrammes de ce combustible par mètre carré de surface de grille.

Avec du poussier ayant au plus 10 p. 100 d'eau, on peut donc obtenir d'une chaudière la même vaporisation qu'avec du charbon de bonne qualité industrielle.

Bois. — Après le charbon, le combustible le plus généralement employé est le bois. Les chaudières à tubes d'eau, pour la même raison que pour le coke, et en outre grâce à leur grande chambre de combustion avec parois en briques réfractaires, sont reconnues comme les générateurs les mieux appropriés à ce genre de combustible.

Le bois contenant déjà une certaine quantité d'oxygène interposée dans ses fibres et se tassant moins dans le foyer de combustion, il n'est pas nécessaire de prévoir une bien grande surface de grille, pourvu que le foyer soit de grandes dimensions.

Le volume à donner au foyer et les dimensions des portes varient avec la nature des morceaux de bois qu'on y brûlera, tandis que la surface de grille ne dépend que de la qualité des bois dont la puissance calorifique est très variable.

Le bois dur de bonne qualité possède, en moyenne, à poids égal, environ la moitié de la puissance calorifique du charbon, mais c'est un combustible qui absorbe très facilement l'humidité.

^{1°} *Bois en grumes.* — Souvent, pour l'emploi de ce combustible, le foyer s'étend en façade de la chaudière, mais si l'on ne dispose que d'un emplacement restreint, on peut prendre des dispositions pour obvier à cet inconvénient. Pour brûler du bois en forme

de bûches, il faut un foyer profond et des portes appropriées. Il est nécessaire d'avoir une grande chambre de combustion sans que l'écartement des barreaux de grille soit trop considérable. De sorte que la meilleure méthode pour construire un foyer à bois est de réserver un rebord en briques tout autour des barreaux de grille.

^{2°} *Déchets de scieries.* — Pour l'emploi des déchets de scieries qui sont composés de sciures, de copeaux, de morceaux de petites dimensions provenant de bois plus ou moins durs, d'une humidité moyenne, la grille ordinaire ne donnerait pas une utilisation suffisante, outre qu'elle nécessiterait un travail pénible par le chargement d'une quantité de matières assez considérable. Le foyer que nous installons pour ce mélange de résidus est composé de trois parties :

^{1°} Une trémie de chargement dont le niveau correspondra avec le niveau du sol où se fera le dépôt des déchets provenant de la fabrication ; les déchets déposés sur le sol, en face de la trémie, pourront ainsi être poussés facilement dans cette trémie qui, par son basculement, les déversera sur la plaque morte de la grille inclinée ;

^{2°} Une grille inclinée, composée de barreaux plats formant gradins et reposant sur des sommiers latéraux à encoches, grille sur laquelle s'effectuera la descente du combustible en même temps que sa combustion progressive ;

^{3°} Une grille horizontale à la partie extrême de la grille inclinée, cette grille horizontale étant munie de barreaux carrés facilement amovibles, et assurant le déchargement facile de cette grille horizontale sur laquelle s'achève la combustion des matières. — Il convient, pour la bonne marche de ces sortes de grilles, plus encore peut-être que pour les foyers chargés au charbon, d'assurer un bon tirage au moyen d'une cheminée convenablement proportionnée en hauteur et en section, pour tenir compte du volume de gaz assez important résultant de la combustion de ces déchets.

Notre foyer spécial n'est utilement applicable que dans le cas où les déchets de scieries sont en quantité suffisante pour satisfaire, et au delà, aux besoins de la chaufferie à installer.

Lorsque cette condition n'est pas remplie et que l'on doit, à certains moments, ajouter une certaine quantité de charbon pour obtenir la production de la vapeur nécessaire, nous remplaçons ce foyer spécial par une grille type ordinaire modifiée et agrandie de

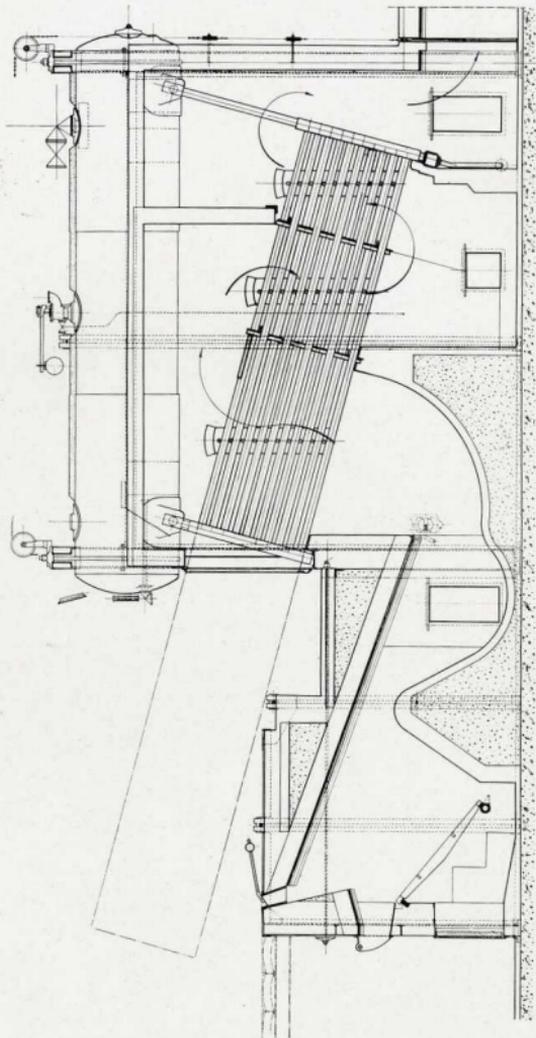


Fig. 82. — Chaudière Babcock et Wilcox, avec Surchauffeur Système Babcock et Wilcox, munie d'un foyer spécial pour brûler la bagasse verte.
Installation réalisée à l'Usine de Tamatave (Madagascar), de M. Edgar Payet.

manière à permettre la combustion dans les meilleures conditions du mélange de charbon et des déchets de scieries.

Bagasse. — Le combustible employé dans les plantations de sucre est le déchet de la canne à sucre appelé *bagasse*. Il contient une quantité considérable de fibre ligneuse et d'eau, celle-ci influant sur son rendement calorifique.

Anciennement, la bagasse était tout d'abord séchée, on la brûlait ensuite dans des foyers ordinaires, mais comme la puissance des sucreries augmenta et que l'exploitation des plantations devint plus considérable, on innova de brûler la bagasse *verte*, telle qu'elle est après son transport de la culture aux foyers.

Comme chaque kilogramme de combustible autre que la bagasse qu'on amène dans une plantation augmente d'autant le prix de revient du sucre, l'attention des ingénieurs a été appelée non seulement d'utiliser aussi bien que possible la combustion de la bagasse telle qu'elle sort des moulins, mais encore de perfectionner les machines et autres appareils qui emploient la vapeur pour arriver à ce que celle-ci puisse être produite par de la bagasse seule. La possibilité d'atteindre un tel résultat dépend de la machinerie et de la qualité de la bagasse, et il y a beaucoup de cas, dans certains pays producteurs de sucre, où il est impossible d'y arriver. Bien des inventeurs cherchèrent la solution de ce problème et un nombre considérable de modèles de foyers virent ainsi le jour ; celui qui obtint le plus de succès fut celui de M. Frederick Cook, de la Nouvelle-Orléans, agent de la Compagnie **Babcock et Wilcox** de Londres. Ce foyer a reçu le nom de *foyer Cook à tirage forcé à air chaud* (fig. 84). Installé pour la première fois en Louisiane, il fut introduit en 1888 à Cuba et les résultats qu'on obtint furent si satisfaisants que beaucoup des plus grandes installations en furent munies.

Dans ces dernières années, on a trouvé le moyen de simplifier la construction de ce foyer en supprimant le dispositif de réchauffage d'air et en remplaçant les avantages qu'on en tirait par des modifications au foyer lui-même. Ce nouveau foyer est appelé *foyer à tirage forcé à air froid* ; il figure page 82 et les détails de sa construction sont la résultante d'un grand nombre d'années d'études.

On a trouvé que la bagasse brûlée en grandes masses donne un bien meilleur résultat que si on la brûle par petites quan-

tités. Un type très répandu de ce foyer est celui pour brûler 9 tonnes de bagasse à l'heure. Ce foyer, combiné avec deux chaudières **Babcock et Wilcox**, de surface de chauffe appropriée, pourra produire 18 000 kilogrammes de vapeur à l'heure. Les résultats qu'on obtient de cette combinaison sont bien supérieurs à ceux d'une installation fractionnée en deux foyers et quatre chaudières. Ce foyer est naturellement un peu plus coûteux que celui de modèle plus simple adopté dans les sucreries ou plantations dans lesquelles la production est moins considérable.

Combustibles divers. — D'autres combustibles d'une nature quelque peu analogue, tels que les *cosses de café*, *cosses d'arachides*, *la balle de riz*, *la tourbe*, etc., peuvent être brûlés avantageusement sur une grille à gradins, mais comme leur puissance calorifique est inférieure à celle du bois, le volume du fourneau, la distance entre les barreaux de grille, l'intensité du tirage et la surface de chauffe pour une vaporisation déterminée sont autant de détails qui requièrent la plus sérieuse attention.

Balle de riz. — Dans les pays producteurs de riz il est important d'avoir un foyer capable de brûler la *balle de riz*. Nous avons montré (fig. 86) une modification de notre grille à gradins avec trémie supérieure et qui est tout à fait appropriée à ce combustible spécial. On emploie aussi des foyers circulaires avec des grilles à forme conique.

Tannée. — La tannée est l'écorce de chêne qui a servi au tannage des peaux, elle contient 70 à 80 p. 100 d'eau au sortir des fosses. On enlève l'eau de la tannée par essorage ou par dessiccation à l'air libre ; elle peut alors tomber de 30 à 35 p. 100.

Pour les petites installations, un foyer spécial à gradins peut convenir. La chambre de combustion et la forme des voûtes doivent être particulièrement étudiées pour pouvoir sécher rapidement ce combustible dès son arrivée sur la grille. En principe, le foyer doit être double, ce qui permet de charger alternativement l'un ou l'autre côté de la grille.

Quand on dispose d'une quantité assez importante de tannée, notre grille mécanique soufflée, modifiée pour ce genre de combustible, donne de très bons résultats (voir p. 129).

Cosses d'arachides. — Pour les cosses d'arachides, il est à noter qu'on peut également les brûler avantageusement sur notre



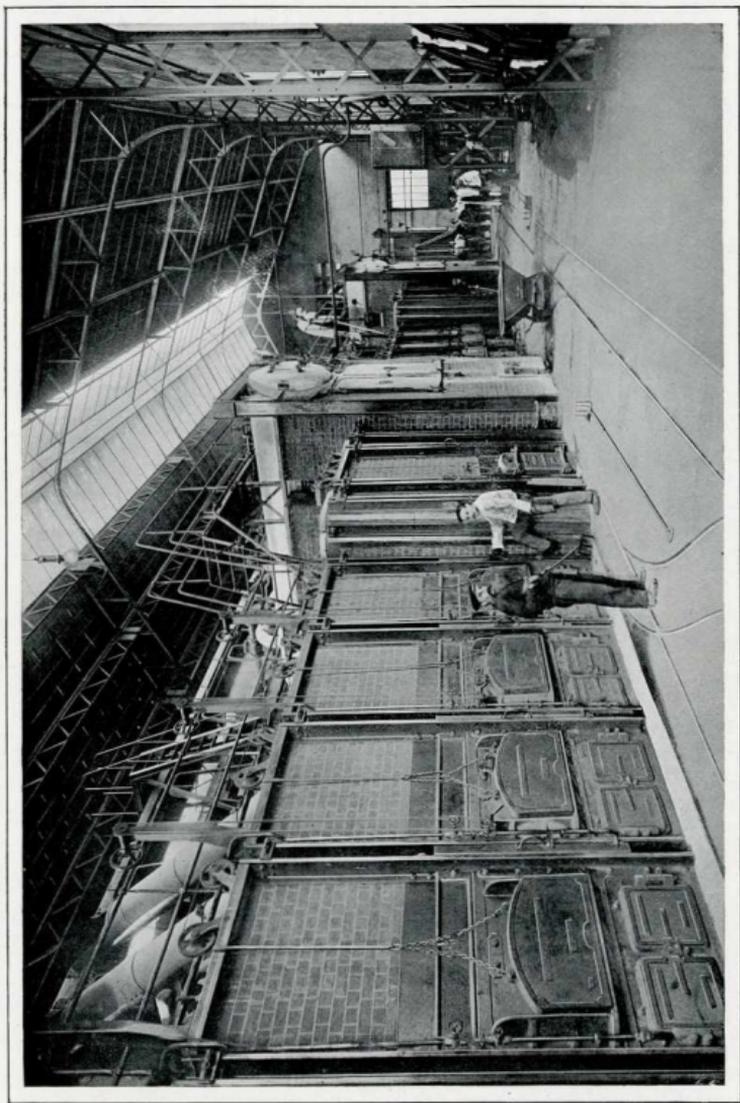


Fig. 83. — INCINÉRATION DES ORURES MÉNAGÈRES. — Installations, aux Usines de Saint-Ouen (Seine), d'Issy-les-Moulineaux (Seine), et de Romainville (Seine), de 19 Chaudières **Babcock et Wilcox**, formant une surface totale de chauffe de 4 320 mètres carrés avec Surchauffeurs, Tuyauteries ; Systèmes **Babcock et Wilcox**.

grille mécanique avec dispositif spécial dont la description est donnée plus loin.

Déchets de ficelles. — Nous avons eu l'occasion de réaliser une installation intéressante dans une usine de machines agri-

importance au point de vue sanitaire, a été dans tous les pays du globe, l'objet de l'attention de tous les édiles.

Bien que le but principal de l'incinération soit la destruction des ordures, beaucoup d'ingénieurs se sont occupés de l'utilisation

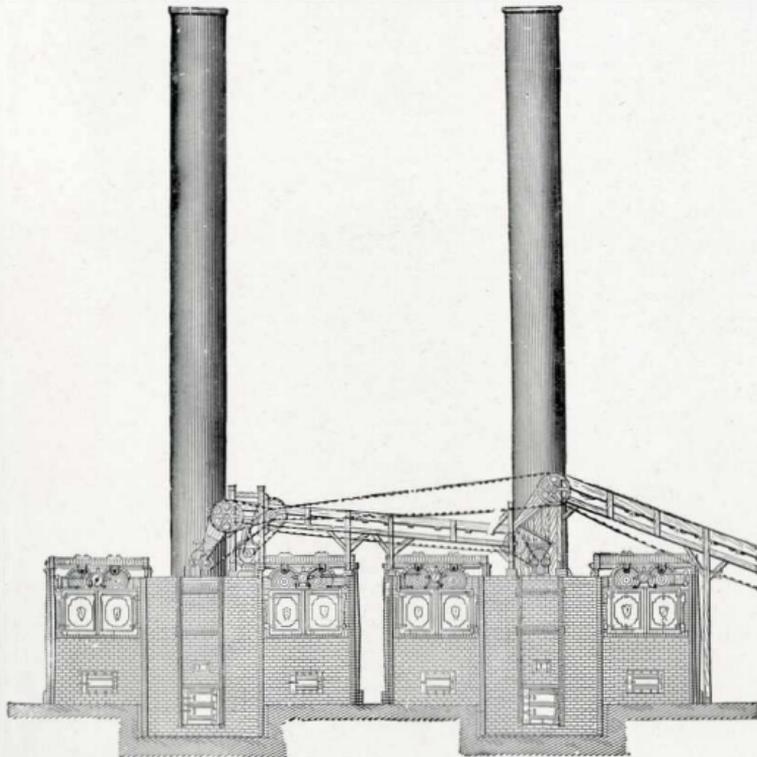


Fig. 84. — Vue en élévation de deux appareils automatiques Cook pour brûler la bagasse verte et de quatre chaudières Babcock et Wilcox.

coles produisant de fortes quantités de déchets de ficelles, de copeaux et de menus bois. Une grille mécanique soufflée avec dispositif spécial de chargement a donné de très bons résultats (voir p. 131) en brûlant soit le mélange de ces déchets, soit les copeaux ou les déchets de ficelles séparément.

Ordures ménagères — L'incinération des ordures ménagères étant de la plus haute

de la chaleur dégagée pour la production de la vapeur.

Avec une chaudière appropriée, on peut facilement obtenir de la vapeur sous un timbre variant de 8 à 14 kilogrammes et se servir ensuite de cette vapeur pour actionner des usines installées à côté de l'usine d'incinération.

Dans la plupart des installations actuellement en service, on a placé la chaudière de

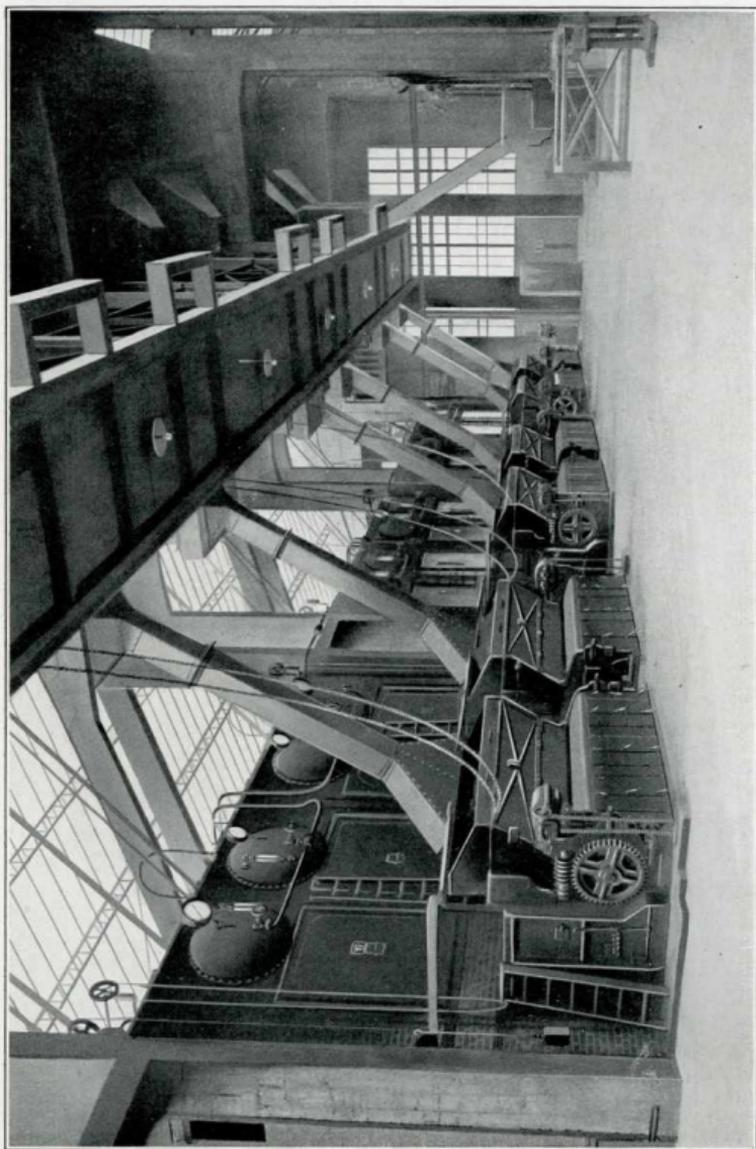


Fig. 85. — SOCIÉTÉ DE MÉCANIQUE DE CLICHY. — Installation, à l'Usine de Clichy (Seine), de 8 Chaudières Babcock et Wilcox, formant une surface totale de chauffe de 2 664 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques ; Systèmes Babcock et Wilcox. — Vue de la Chaudière. (Voir aussi fig. 180.)

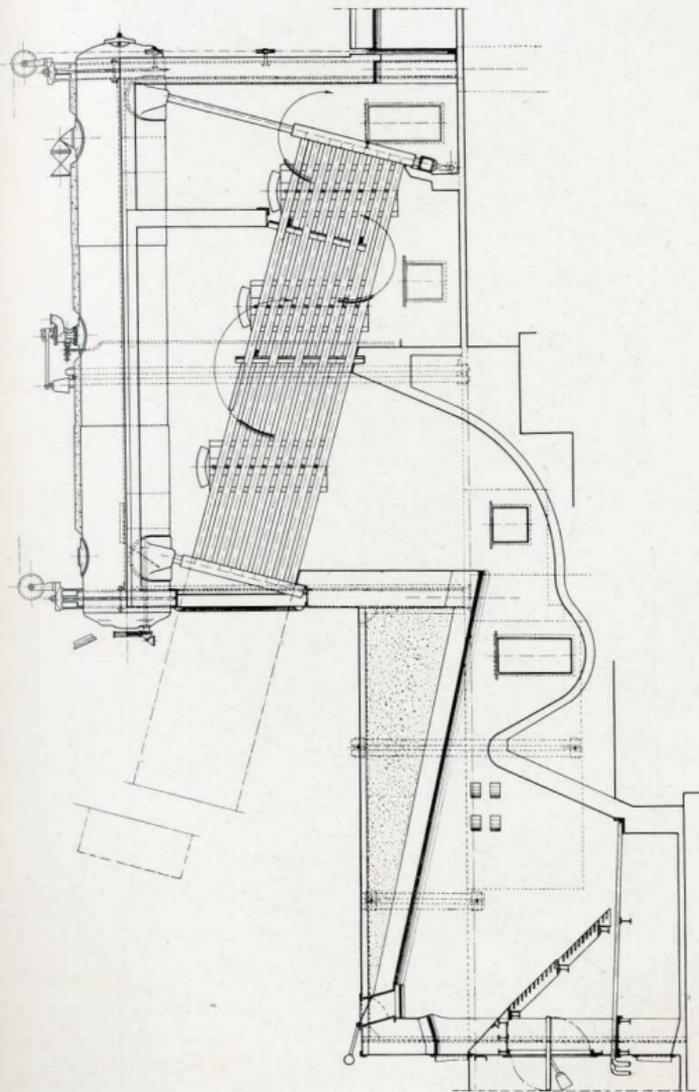


Fig. 86. — Chaudière **Babcock et Wilcox** avec Surchauffeur système **Babcock et Wilcox**, munie d'un foyer spécial pour brûler la balle de riz avec porte spéciale pour l'alimentation supplémentaire, le cas échéant, en rondins de bois, à l'Usine de Saigon (Cochinchine) des *Distilleries de l'Indochine*, et à l'Usine de Cholon (Cochinchine) de la *Société Française des Distilleries de l'Indochine*, et à l'Usine de Saigon (Cochinchine) des *Sucreria et Raffineria de l'Indochine*.

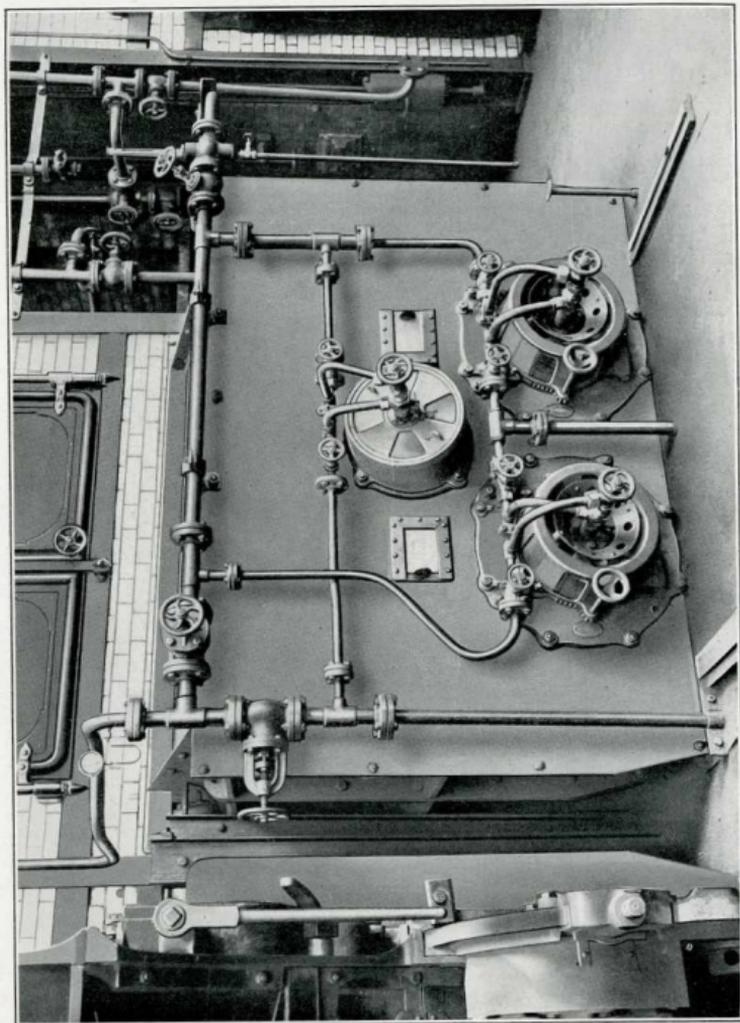


Fig. 90. — Vue de la façade d'une Chaudière Babcock et Wilcox de 170 mètres carrés, munie de brûleurs à pulvérisation par jet de vapeur :
Système Babcock et Wilcox.

2° Combustibles liquides.

Les combustibles liquides industriels en France sont les pétroles, les huiles de schiste et les résidus de distillation des goudrons de houille.

Les pétroles, hydrocarbures naturels, ont un pouvoir calorifique de 10.300 à 11.200 calories.

Quand on en a retiré les éthers, essences et huiles d'éclairage par distillation jusqu'à 200°, il reste les mazouts (densité 0,9 à

Pour que la combustion des combustibles liquides soit complète, il faut qu'ils soient intimement mélangés à l'air. Pour arriver à ce résultat, on les pulvérise à leur entrée dans le foyer au moyen de brûleurs spéciaux dans lesquels entre en jeu, soit un jet de vapeur, soit un jet d'air, soit un pulvérisateur à force centrifuge.

Les brûleurs à combustibles liquides de construction « **Babcock et Wilcox** » sont de deux types principaux :

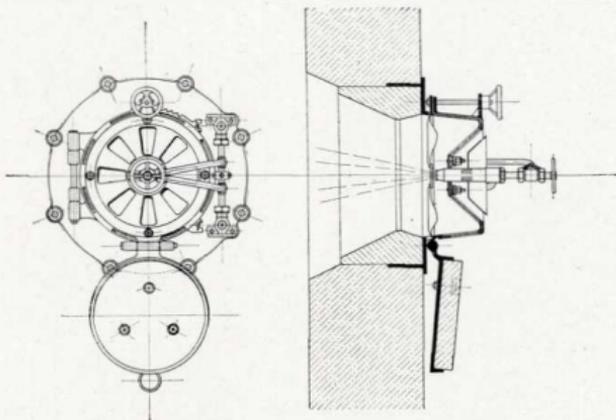


Fig. 91 et 92. — Brûleur à mazout à pulvérisation par jet de vapeur.

0,935) dont le pouvoir calorifique est voisin de 10.500 calories.

L'emploi de ces combustibles n'est avantageux que si leur prix n'excède pas de plus de 75 p. 100 celui du charbon de bonne qualité.

On doit exiger de ces combustibles les qualités suivantes :

Pas de matières sablonneuses ou fibreuses en suspension;

Pas de matières acides;

Proportion de soufre maximum : 1,2 p. 100;
Proportion d'humidité maximum : 2,5 p. 100.

Point d'inflammation (calculé en vase clos) supérieur à 80° C. et toujours supérieur à la température à laquelle doit être porté le combustible pour que son degré de viscosité soit tel qu'il coule librement dans les tuyauteries.

Les huiles de goudron ont un pouvoir calorifique de 9.000 calories environ.

1° Brûleurs où la pulvérisation du combustible se fait au moyen d'un jet de vapeur (fig. 91 et 92) ;

2° Brûleurs où la pulvérisation du combustible se fait par force centrifuge, le combustible étant refoulé dans le brûleur à la pression de 14 à 15 kilogrammes.

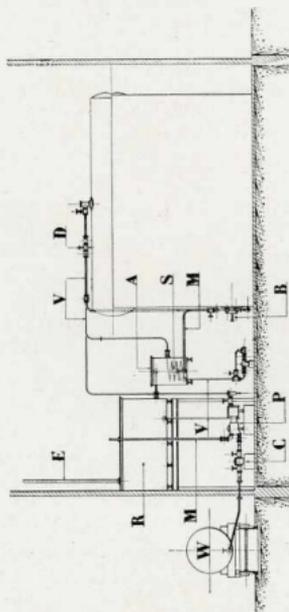
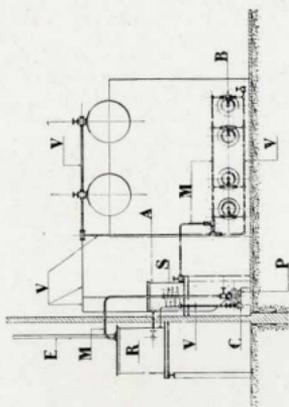
Ce dernier type s'installe sans soufflerie d'air (fig. 96 et 97) ou avec soufflerie d'air sous pression permettant un débit beaucoup plus grand (fig. 98).

Nos brûleurs peuvent s'installer en façade des chaudières, à condition toutefois que l'axe du jet se trouve à 1 mètre au moins de toute partie sous pression et que la chambre de combustion soit prévue de dimensions suffisantes.

Volume : 2 mètres cubes par 100 kilogrammes de combustible brûlé.

Longueur intérieure : 2^m,750 correspondant à la longueur des jets des brûleurs.

Pour les chaudières de notre type marine,



LÉGENDE

REPRÉSENTATION	DÉSIGNATION
A	Bâche de service.
B	Brûleurs.
C	Grègues.
D	Détendeur.
E	Tuyau d'expansion des gaz.
P	Pompe.
R	Bâche de réserve.
S	Serpentin.
W	Wagon réervoir.
V	Tuyauterie vapeur.
M	Tuyauterie mazout.

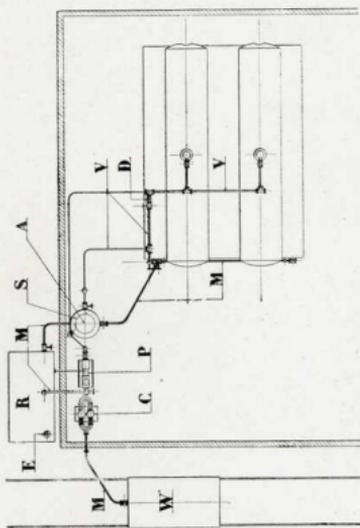


Fig. 93, 94 et 95. — Ensemble d'une installation de brûleurs à mazout à pulvérisation par jet de vapeur.

ils peuvent également s'installer à l'arrière, que ces chaudières soient ou non munies de grilles mécaniques.

Les brûleurs du type à pulvérisation par jet de vapeur peuvent également fonctionner

d'air, avec la même dépression que ci-dessus, sont capables du même débit.

Avec soufflerie d'air (12 à 15 mètres cubes d'air environ par kilogramme de combustible), ils sont capables de débiter :

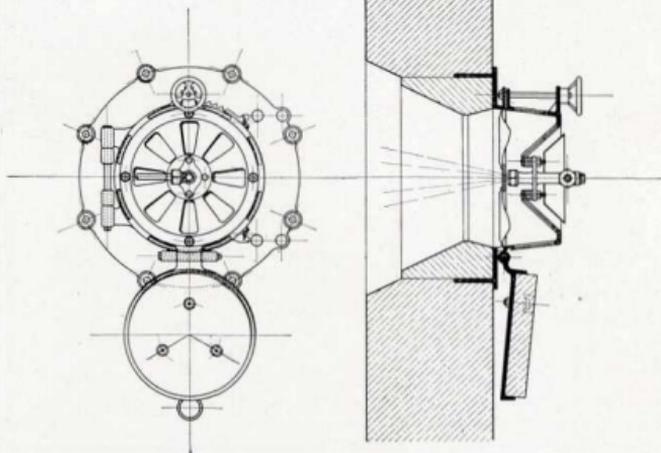


Fig. 96 et 97. — Brûleur à mazout sous pression, sans soufflage.

avec de l'air comprimé, mais leur installation devient alors coûteuse par suite des compresseurs d'air nécessaires.

Les brûleurs à vapeur nécessitent de 3 à 5 p. 100 de la vapeur produite pour assurer la pulvérisation du mazout. Ils sont capables, avec une pression de 15 millimètres au registre des chaudières, de débiter normalement 100 à 120 kilogrammes de combustible à

Avec pression de 60 millimètres à l'entrée au brûleur : 250 à 270 kilogrammes environ ;

Avec pression de 125 millimètres à l'entrée au brûleur : 350 kilogrammes environ.

La longueur de la gerbe de flammes varie avec le débit ; elle est de 2^m,500 à 2^m,700 pour le débit de 120 kilogrammes à l'heure avec l'un quelconque des brûleurs et ne dépasse sensiblement pas cette dernière longueur lorsque le débit est plus grand.

Le rendement des générateurs pendant la chauffe au mazout, dans de bonnes conditions d'installation, est sensiblement le même que celui avec la chauffe au charbon sur grilles mécaniques bien conduites.

Nous avons abandonné à la suite de nombreuses expériences, tant sur des installations de chaudières à terre que sur des chaudières marines à bord, la chauffe mixte : c'est-à-dire brûleurs à combustibles liquides lorsqu'ils fonctionnent simultanément avec une grille à charbon, et cela à cause des difficultés pratiques du réglage de la combustion mixte.

Nous prévoyons quelquefois les deux moyens de chauffage sur un même générateur, mais nous recommandons alors de ne

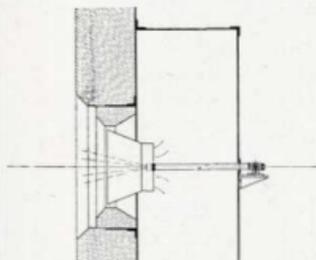
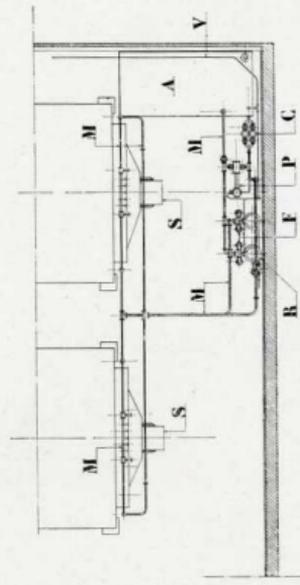
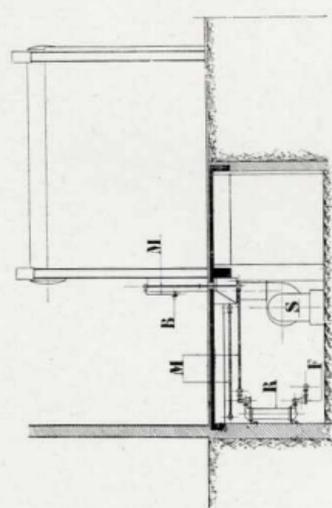
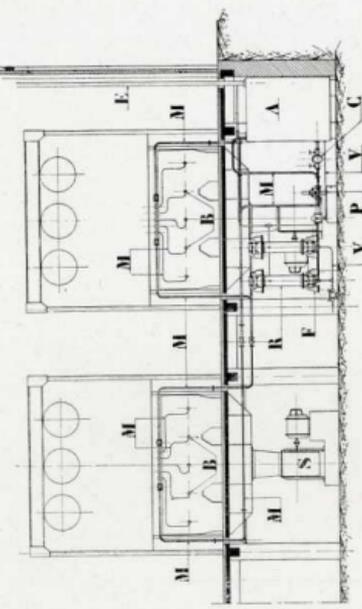


Fig. 93. — Brûleur à mazout sous pression, avec soufflage d'air.

l'heure, la pression de la vapeur à l'entrée aux brûleurs étant de 3 kilogrammes environ.

Les brûleurs sous pression sans soufflerie



LÉGENDE

REPERES	DÉSIGNATION
A	Bâche de service.
B	Brûleurs.
C	Grépeines.
E	Tuyau d'expansion des gaz.
F	Filtres.
P	Pompe.
R	Réchauffeur.
S	Ventilateur.
V	Tuyauterie vapeur.
M	Tuyauterie mazout.

Fig. 99, 100 et 101. — Ensemble d'une installation de brûleurs à mazout sous pression avec soufflage d'air.



les employer simultanément que dans des cas exceptionnels.

Nos brûleurs peuvent utiliser tous les combustibles liquides précités, y compris les goudrons.

Les brûleurs à pulvérisation par jet de vapeur sont les plus convenables pour liquides épais, mais dans tous les cas, pour obtenir une bonne pulvérisation, un réchauffage préalable du combustible est nécessaire.

La température de réchauffage varie avec la nature du liquide ; elle doit être telle que le degré de viscosité soit ramené à 8° Engler pour les huiles légères et à 12 à 13° Engler pour les huiles plus denses.

Elle est de 50° à 80° C. pour les qualités courantes de mazout de provenance américaine ou russe et atteint 100° à 110° pour les goudrons.

Ce réchauffage préalable se fait à l'aide de vapeur dans des appareils spéciaux : simples bâches avec serpentins dans le cas de brûleurs à vapeur, réchauffeurs tubulaires dans le cas de brûleurs où le combustible est sous pression.

Les figures 93 à 95 et 99 à 101 représentent schématiquement l'ensemble d'une installation sur une chaudière des brûleurs des différents types et donnent leur emplacement relatif.

Brûleurs du type à pulvérisation par jet de vapeur (fig. 93, 94 et 95).

Le combustible emmagasiné dans une bache de capacité aussi grande que l'on veut (bache de réserve) s'écoule par gravité dans la bache de réchauffage ou bache de service. De cette bache de service (contenance deux heures de marche environ) traversée par un serpentín de vapeur, il s'écoule par gravité dans les brûleurs.

Brûleurs du type à pulvérisation par pression (fig. 99, 100 et 101).

Le combustible est aspiré dans la citerne ou le bac d'emmagasinage par une pompe

sur la tuyauterie de laquelle sont interposés des crépines-filtres en fonte. Il est refoulé par la même pompe à la pression de 14 à 15 kilogrammes dans des réchauffeurs tubulaires munis à l'entrée et à la sortie de filtres spéciaux destinés à retenir les impuretés qui pourraient obstruer les brûleurs et en arrêter le fonctionnement. Ces filtres sont généralement doubles et installés avec des robinets à trois voies, ce qui permet d'en assurer le nettoyage pendant la marche. Sous la pression créée par la pompe, le combustible arrive aux brûleurs.

Brûleurs à pulvérisation par jet de vapeur pour liquides épais (fig. 102, 103 et 104).

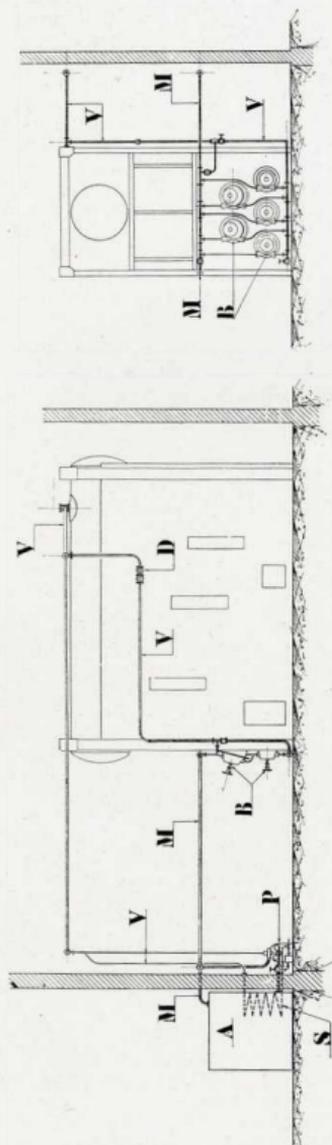
Quand on veut employer des liquides très visqueux, par exemple des goudrons, on peut combiner les deux modes d'installation ci-dessus : Brûleurs à pulvérisation par jet de vapeur dans lesquels le combustible est refoulé par une pompe à une pression de 2 kilogrammes environ.

La pompe est placée en aval de la bache de service ou en amont du réchauffeur tubulaire.

Le débit sur les brûleurs est réglé à l'aide des vannes d'entrée à ces appareils et le trop-plein revient à l'aspiration de la pompe par un collecteur spécial.

Le réchauffage préalable des combustibles liquides avant pulvérisation implique dans la majorité des cas la nécessité de disposer de vapeur pour effectuer le démarrage ; cette vapeur est prélevée, soit sur un générateur voisin de celui à mettre en service, soit sur ce générateur lui-même préalablement porté à faible pression par un feu de bois ou de charbon allumé sur la grille de secours ou dans la chambre de combustion.

Dans le cas de brûleurs à pulvérisation par pression, la mise en service peut être faite par une pompe à main ou une pompe à commande électrique conjuguée avec un petit réchauffeur portatif à feu de bois, de coke ou à pétrole.



LÉGENDE

REPRÉSENTATIONS	DÉSIGNATION
A	Bâche de service.
B	Brûleurs.
D	Détendeur.
P	Pompe.
S	Serpentin.
V	Tuyauterie vapeur.
M	Tuyauterie goudron.

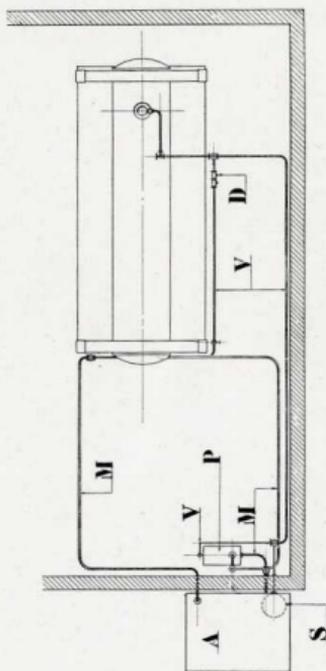


Fig. 102, 103 et 104. — Ensemble d'une installation de brûleurs à goudron sous pression à pulvérisation par jet de vapeur.



3° Combustibles gazeux.

Les chaudières destinées à utiliser les gaz de hauts fourneaux ou de gazogènes doivent répondre à des conditions tout à fait particulières, auxquelles ne satisfont que très imparfaitement les chaudières de construction ordinaire.

Deux conditions principales sont à remplir :

La première est d'obtenir une combustion complète des gaz dans le foyer.

La seconde, d'assurer l'utilisation parfaite des produits de la combustion.

Il faut donc tout d'abord établir une chambre de combustion de dimensions convenables et forme appropriée pour assurer le brassage parfait du gaz et de l'air. Il sera très avantageux de réchauffer cet air au moyen d'un réchauffoir placé à la suite de la chaudière qui aura pour effet d'abaisser la température des fumées et d'augmenter le rendement de l'ensemble.

La chaudière elle-même sera établie de manière à réaliser au mieux l'absorption des calories contenues dans les fumées. Ce serait une erreur de croire que n'importe quelle chaudière s'adapte également bien à tous les genres de combustion et donnera les mêmes résultats avec des gaz de haut fourneau et du charbon pulvérisé par exemple.

Cette question a pris un intérêt considérable depuis que l'on sait produire et utiliser la vapeur à haute pression, particulièrement dans les usines métallurgiques où l'on dispose d'énormes quantités de gaz pour la production de la force motrice.

Jusqu'à ces derniers temps, en effet, le gaz était généralement envoyé après épuration, dans des moteurs à gaz accouplés à des machines soufflantes ou des alternateurs parce que le rendement été trop faible si on l'avait brûlé dans des chaudières. Avec les moteurs à gaz, le rendement global est de 24 à 25 p. 100, ce qui représente en marche industrielle une consommation voisine de 4 mètres cubes par kilowatt-heure.

Aujourd'hui l'avantage est en faveur de la Centrale à vapeur ; il est en effet possible d'obtenir le même rendement avec des turbines mues par la vapeur surchauffée à haute pression, et cela avec des dépenses de premier établissement et d'exploitation infiniment moindres et en outre une régularité et une sûreté de marche que ne possèdent pas les moteurs à gaz.

Nous construisons un brûleur breveté, de notre invention, permettant l'utilisation de

gaz pauvres de hauts fourneaux et de gaz riches de fours à coke.

Il a été étudié spécialement en vue d'obtenir une combustion parfaite en permettant un bon réglage de l'air nécessaire à la combustion et son mélange aussi intime que possible avec le gaz à brûler. Le brûleur à orifices multiples est celui qui se prête le mieux à l'obtention de ces résultats. Il donne une flamme claire et courte indiquant que la combustion est rapide et complète, avec un minimum d'excès d'air.

Notre brûleur se compose (fig. 107 à 111) d'une chambre à gaz très facilement accessible, avec un raccord pour la tuyauterie générale de gaz. La paroi opposée à la porte de visite est une plaque tubulaire sur laquelle sont mandrinés les tubes faisant l'office de brûleurs.

Le gaz en s'échappant à grande vitesse provoque l'aspiration de l'air nécessaire à la combustion ; cette admission d'air est d'ailleurs réglable à l'aide d'une couronne portant des lumières que l'on ouvre à volonté suivant la nature du gaz à brûler. Il est à remarquer enfin que ce brûleur s'adapte automatiquement aux variations de pression et de débit des gaz puisque ce sont ces derniers qui règlent l'arrivée d'air. On aura donc toujours une combustion parfaite.

Nous construisons également une variante de ce modèle dans laquelle l'air est soufflé par un ventilateur au lieu d'être aspiré par la dépression existante dans le foyer.

Ce brûleur s'impose dans tous les cas où l'air est chauffé dans un réchauffeur d'air avant son introduction dans la chambre de combustion.

Nos brûleurs présentent également l'avantage de pouvoir s'adapter à des combustibles très divers, aux gaz de hauts fourneaux à 900 calories aussi bien qu'aux gaz de fours à coke à 4.000 calories. Il suffit de changer la plaque tubulaire de chauffage à l'entrée.

Pour la marche au gaz de hauts fourneaux, les brûleurs ont un diamètre intérieur de 50 millimètres. Avec les gaz des fours à coke beaucoup plus riches, ils n'ont que 32 millimètres. On a prévu, par contre, une seconde admission d'air assurant le brassage encore plus intime et apportant le supplément d'air que nécessite la richesse de ces gaz.

Nous fabriquons deux types de brûleurs pouvant s'adapter à tous les cas particuliers.

Notre type à dix tubes soufflé alimenté au gaz de hauts fourneaux à 900 calories au mètre cube permet la production d'environ 2 000 kilogrammes de vapeur à l'heure ; avec des gaz

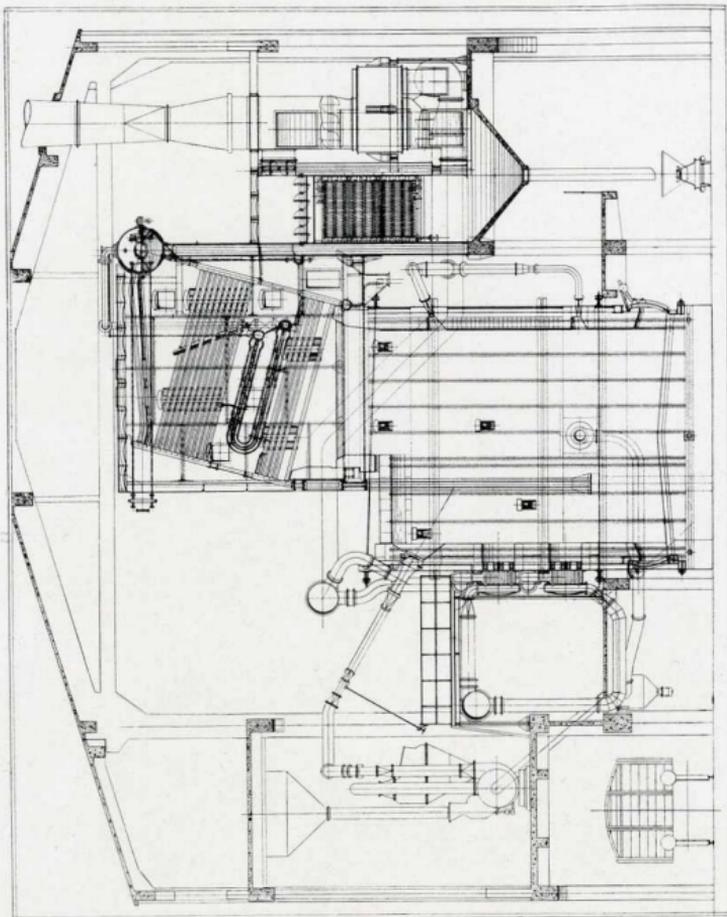


Fig. 105. — Chaudière Babcock et Wilcox du type S. M. C. T. pour chauffe aux gaz de hauts fourneaux, gaz de coke, gaz de gazogène ou chauffe mixte aux gaz et au charbon pulvérisé, ce dernier étant utilisé surtout comme mode de chauffage de secours, en cas d'arrêt dans la production du gaz.
Installation à haute pression (35 kg.) réalisée à l'usine d'Uckange (Moselle), des Forges et Acières de Nord et Lorraine (Voir aussi fig. 118 et 138).

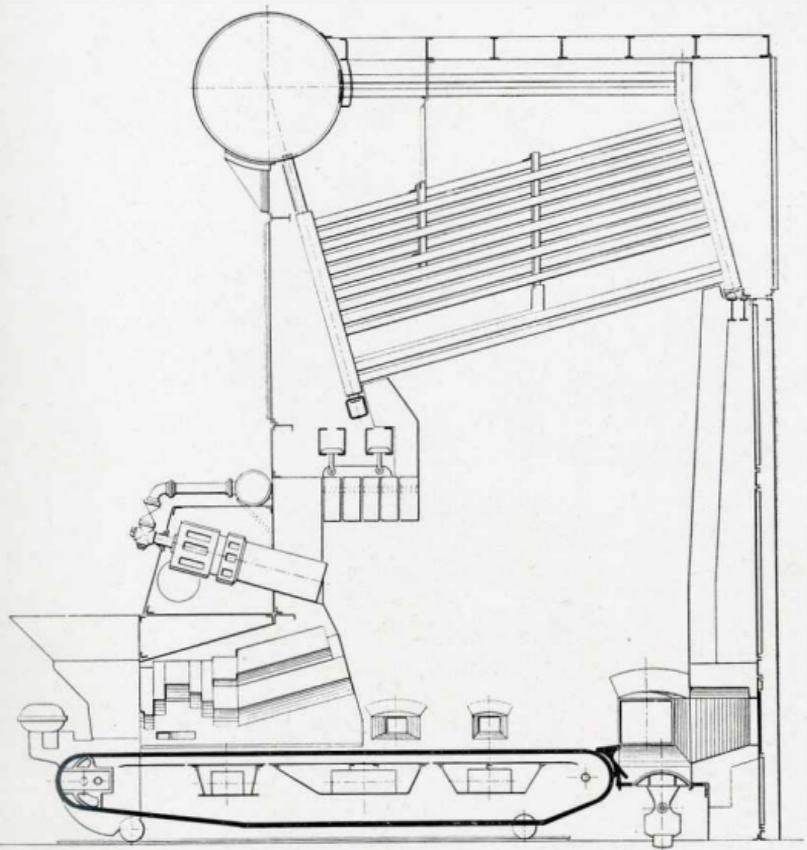


Fig. 106. — Chaudière **Babcock et Wilcox**, du type M., S. M., ou S. M. C. T., chauffée par Grille mécanique et Brûleurs à gaz riche : Systèmes **Babcock et Wilcox**.

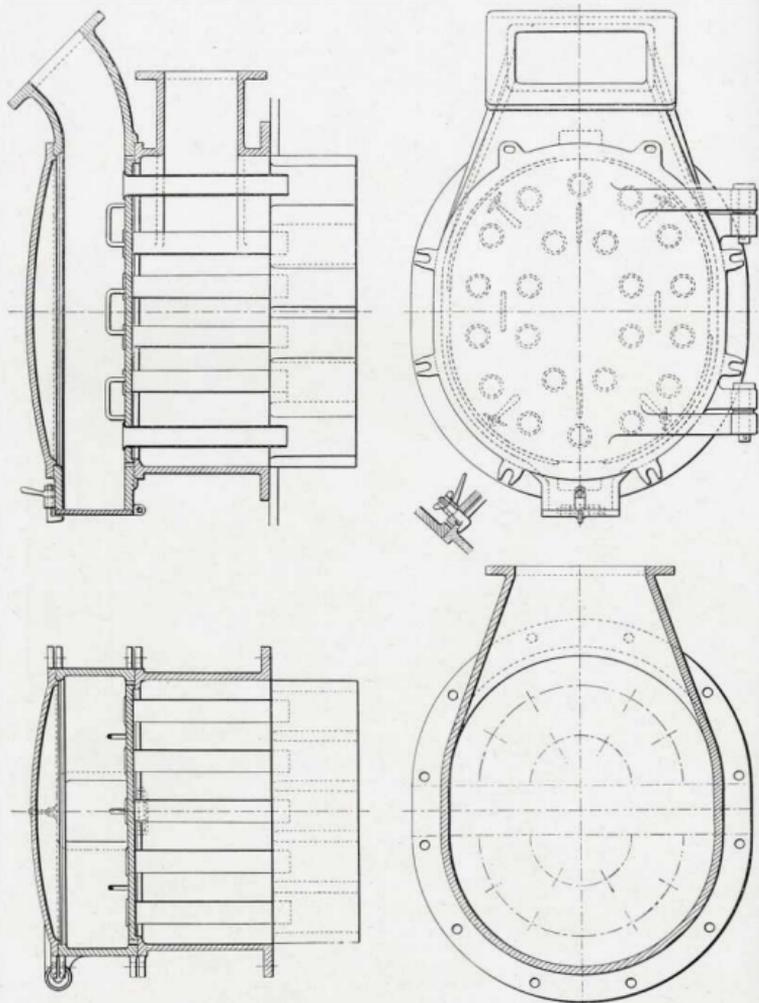


Fig. 107 à 111. — Brûleur à gaz **Babcock et Wilcox**, à orifices multiples.

Ce brûleur peut être employé pour la combustion de tout gaz d'un pouvoir calorifique compris entre 900 et 5000 calories. Il peut fonctionner avec de l'air sous pression ou simplement avec de l'air aspiré par le tirage.

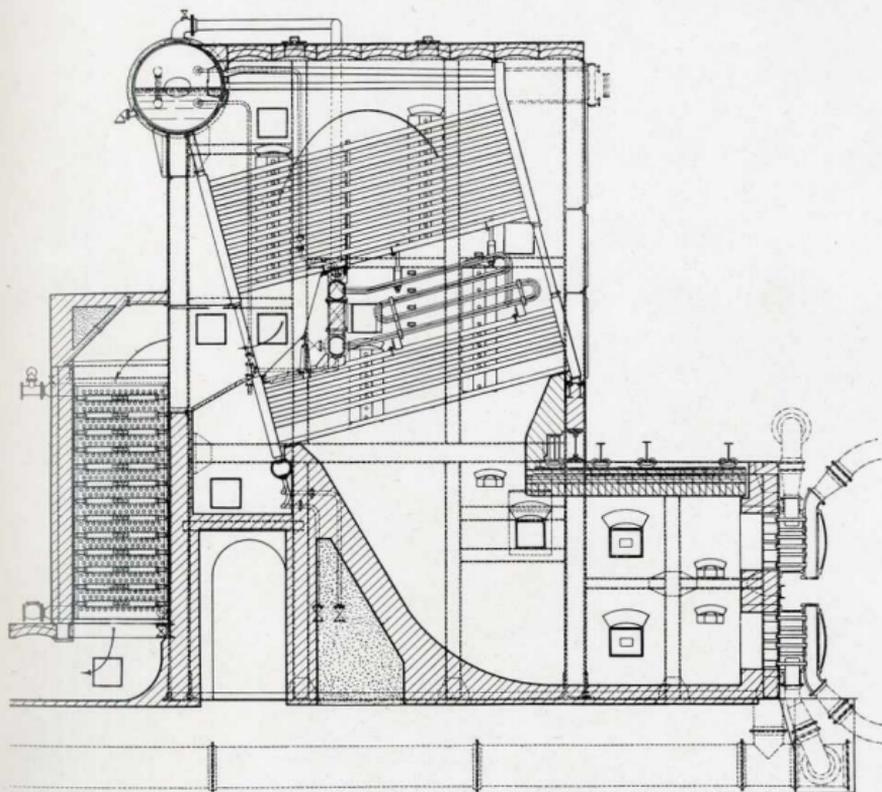


Fig. 112. — Chaudière **Babcock et Wilcox** du type S. M. C. T. à grande vaporisation pour chauffe aux gaz de hauts fourneaux, gaz de fours à coke ou gaz de gazogènes avec brûleurs : Système **Babcock et Wilcox**.

Installations réalisées à l'usine de Saulnes (Meurthe-et-Moselle), haute pression, de la Société des *Hauts Fourneaux de Saulnes*, à l'Usine de Neuves-Maisons (Meurthe-et-Moselle) de la Compagnie des *Forges de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons* (voir fig. 113), à l'Usine de Maxéville (Meurthe-et-Moselle) de la Société des *Hauts Fourneaux de Maxéville* et aux Usines de la Société *Electrique de la Sidérurgie lorraine*, haute pression.

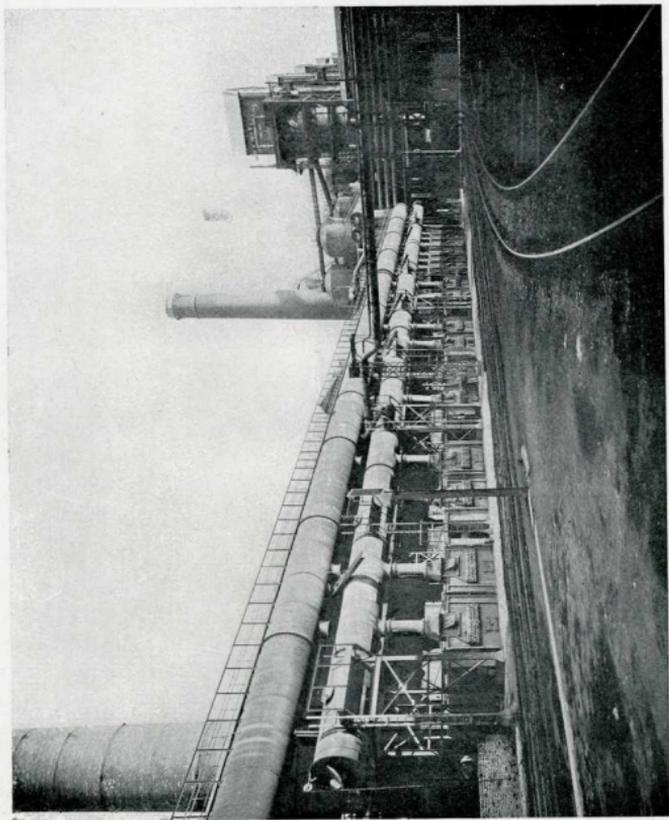


Fig. 113. — COMPAGNIE DES FORGES DE CHATILLON, COMMENTRY ET NEUVES-MAISONS. — Installations, aux Usines de Champignolleux et de Neuves-Maisons (Meurthe-et-Moselle), aux Houillères de Noyant (Allier), et de Saint-Eloi-les-Mines (Puy-de-Dôme), à la Carrère de Vaucoeurs (Meuse), de 68 Chaudières **Babcock et Wilcox**, formant une surface de chauffe totale de 15 698 mètres carrés, avec Surchauffeurs, Grilles mécaniques et Economiseurs. Tuyauteries : Systèmes **Babcock et Wilcox**.
 Vue d'une partie des 43 Chaudières **Babcock et Wilcox**, installées à l'Usine de Neuves-Maisons (Meurthe-et-Moselle), pour l'utilisation des gaz de Hauts Fourneaux (Voir fig. 112).

de fours à coke à 4.000 calories au mètre cube, on obtient 2.000 kilogrammes.

Notre brûleur à vingt-deux tubes soufflé donné dans les mêmes conditions 4.500 kilogrammes environ.

4° Charbon pulvérisé.

Depuis de longues années déjà, les industriels américains et surtout les grands sec-teurs électriques travaillant en accord parfait avec leurs constructeurs de chaudières et en particulier avec la **Babcock et Wilcox C^{1e}** se sont ingéniés à faire produire à leurs générateurs une quantité toujours plus grande de vapeur pour une même surface de chauffe.

Or, la vaporisation d'une chaudière est fonction de la quantité de combustible que l'on peut brûler dans sa chambre de combustion. Il ne faut pas dire que l'on est limité par le type de chaudière et qu'en particulier les générateurs à tubes faiblement inclinés sur l'horizontale ne conviennent pas pour les hautes vaporisations. Au contraire, les taux les plus élevés ont été obtenus en Amérique avec des chaudières **Babcock et Wilcox** qui donnent toujours de la vapeur sèche, alors que dans les chaudières à tubes verticaux, la vaporisation devient tumultueuse à partir d'un certain taux et donne lieu à un primage important, ce qui cause une usure rapide des aubes de turbines.

Lorsque les chaudières sont chauffées à l'aide de grilles, on est limité par la surface de ces grilles :

1° La longueur ne peut pas dépasser une certaine limite pratique que l'on peut fixer entre 5 et 6 mètres ;

2° La largeur est forcément limitée à celle de la chaudière et cette largeur ne peut pas être augmentée indéfiniment car, pour une surface de chauffe donnée, on serait conduit à un générateur de peu d'éléments en hauteur, mais d'un grand nombre en largeur, d'où prix de constructions très élevé et rendement du générateur proprement dit faible, ce qui obligerait à augmenter l'importance des récupérateurs et augmenterait encore les frais de premier établissement. On tomberait ainsi dans l'erreur de certains constructeurs, qui, pour faire ressortir une forte vaporisation par mètre carré de surface de chauffe, diminuent le nombre de tubes dans une section et sortent des gaz trop chauds.

Étant limité par la surface de grilles pour la quantité de calories à développer dans le foyer d'une chaudière donnée, on a cherché

un autre mode de combustion au charbon.

Depuis de longues années déjà on avait eu idée de pulvériser le charbon pour le chauffage des fours à ciment. Ce mode de combustion fut adopté depuis pour les fours métallurgiques. Tous ces fours présentent, par leur forme même, un grand développement de chambre de combustion. En outre, le rendement de la combustion avec emploi de grille à main était tellement faible que malgré les imperfections du début, l'emploi du charbon pulvérisé donna des résultats appréciables. Pour le chauffage des chaudières il n'en fut pas de même, les progrès faits dans l'application des foyers mécaniques et en particulier l'emploi de la grille mécanique à chaîne **Babcock et Wilcox** à soufflerie compartimentée, obligèrent à faire des progrès sérieux avant de pouvoir obtenir des résultats comparables en utilisant la combustion du charbon sous forme pulvérisé.

Deux conditions sont absolument nécessaires pour obtenir une bonne combustion avec le charbon pulvérisé :

1° La chambre de combustion doit avoir une hauteur suffisante afin que le trajet de la flamme soit assez grand pour obtenir une combustion complète avant que le mélange charbon et air n'atteigne la surface de chauffe du générateur et que les cendres aient également un trajet relativement long à faire en dehors de la zone de maximum de température avant de se rassembler dans le fond de manière qu'elles puissent se refroidir assez pour ne pas s'agglomérer et être facilement évacuées. On est ainsi conduit à des volumes de chambres de combustion très importants que certains artifices permettent de diminuer dans une mesure appréciable ;

2° Le charbon doit être broyé le plus fin possible et d'autant plus fin que le charbon est maigre et plus chargé de cendres.

Les résultats obtenus à ce jour sont du reste satisfaisants et les plus gros progrès à réaliser doivent porter sur les chambres de combustion.

Ces chambres de combustion sont fragiles du fait de leurs grandes dimensions et de la haute température qui y règne, favorisant les combinaisons chimiques entre la brique réfractaire et les cendres du combustible. Leur durée est grandement prolongée par l'interposition, dans les murs, de surfaces de chauffes constituées par des faisceaux tubulaires reliés à la circulation de l'eau de la chaudière, et concourant dans une certaine mesure à la vaporisation.

Un gros inconvénient de l'emploi de ce

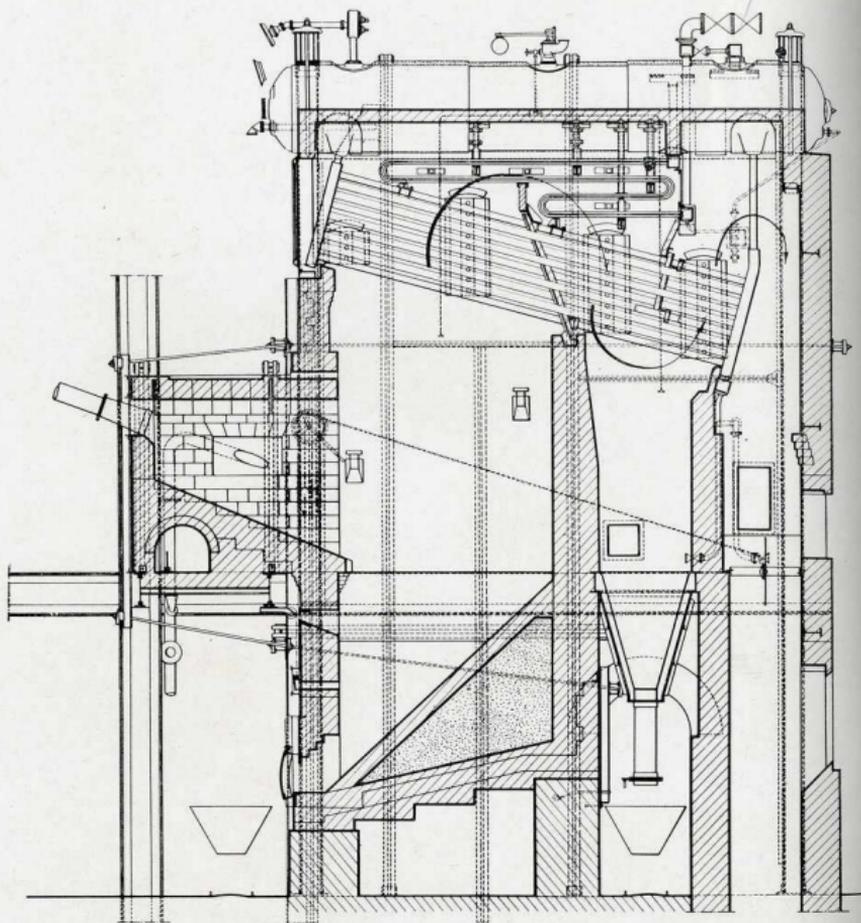


Fig. 114. — Chaudière **Babcock et Wilcox** du type **W. I. F.** à gros volume d'eau et de vapeur chauffée au charbon pulvérisé. Installation réalisée aux Mines de Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais) de la Compagnie des Mines de Vicoigne, Nœux et Drocourt.

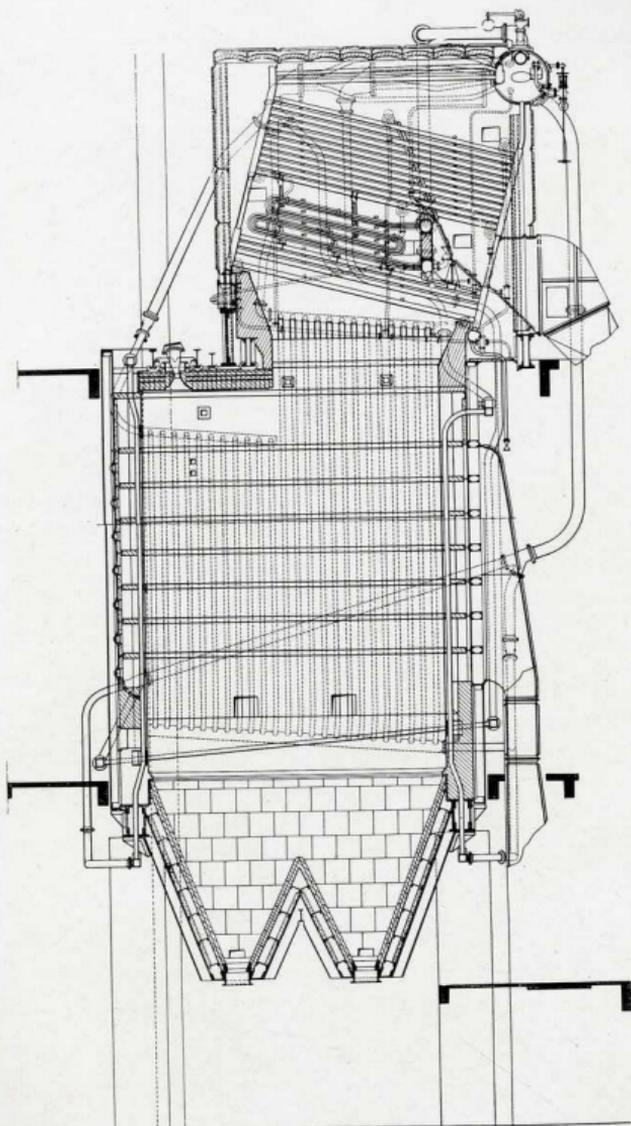


Fig. 115. — Chaudière **Babcock et Wilcox** du type **S. M. C. T.** à grande vaporisation, pour application spéciale à la chauffe au charbon pulvérisé.

Installation réalisée sur 8 Chaudières de 1 000 mètres carrés de surface de chauffe, chacune à la Centrale de Saint-Denis de la Société d'Electricité de Paris (Voir p. 204, 213 à 220).

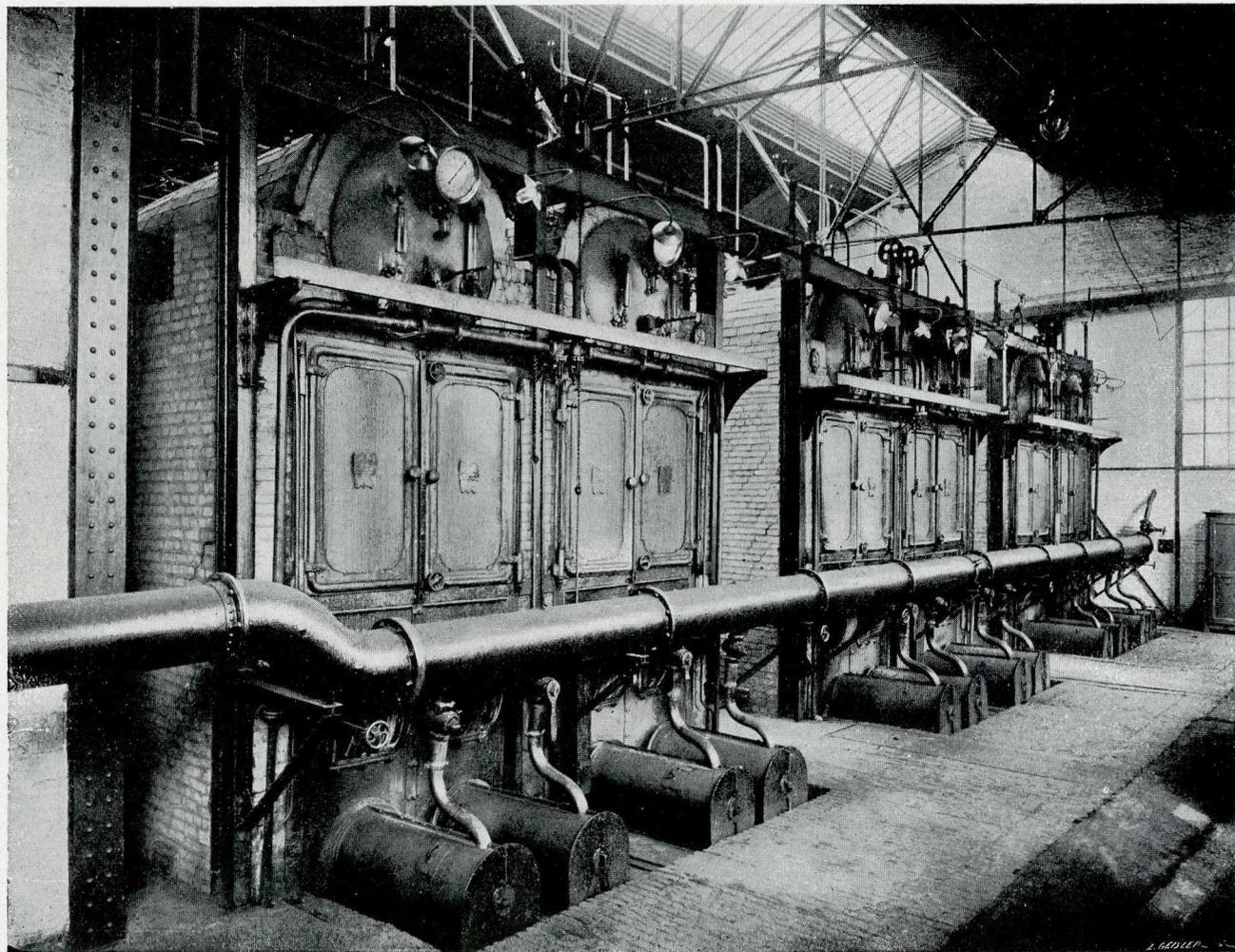


Fig. 116. — COMPAGNIE DES MINES DE BÉTHUNE. — Installations, pour les Fours à Coke et la Centrale Électrique de Bully-les-Mines (Pas-de-Calais), de 14 Chaudières **Babcock et Wilcox**, formant une surface totale de chauffe de 7 000 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Surchauffeur indépendant, Tuyauteries et Transporteurs mécaniques : Systèmes **Babcock et Wilcox** et l'utilisation des gaz s'échappant des fours à coke.

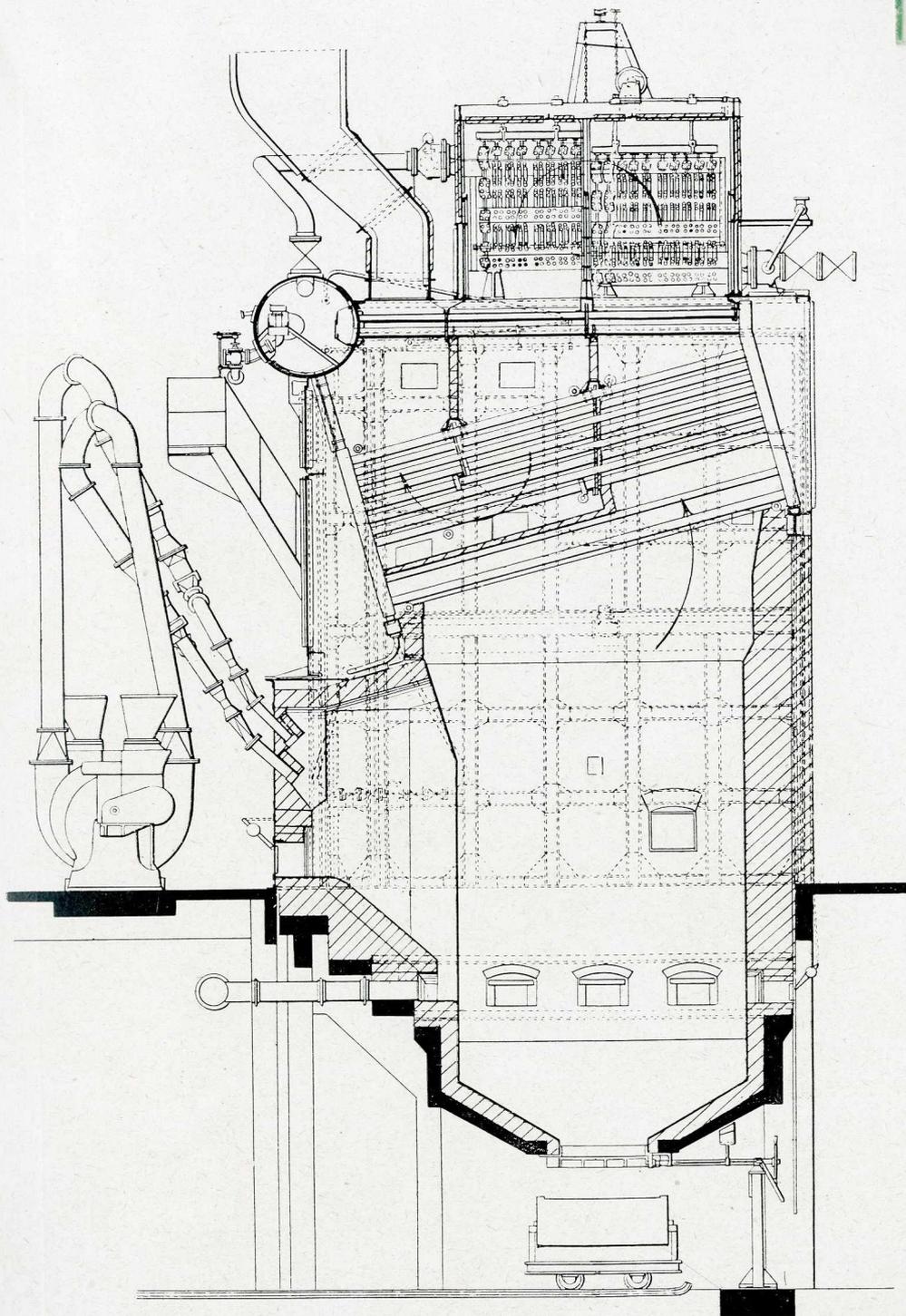


Fig. 117. — Chaudière **Babcock et Wilcox** du type M, étudiée spécialement pour la production de fortes vaporisations, à Surchauffeur réglable : Système **Babcock et Wilcox**, chauffée au charbon pulvérisé.
Installation réalisée sur 6 chaudières de 1 000 mètres carrés de surface de chauffe chacune, à la Centrale de Comines (Nord) de la Société *Energie électrique du Nord* (Voir p. 230 à 234).

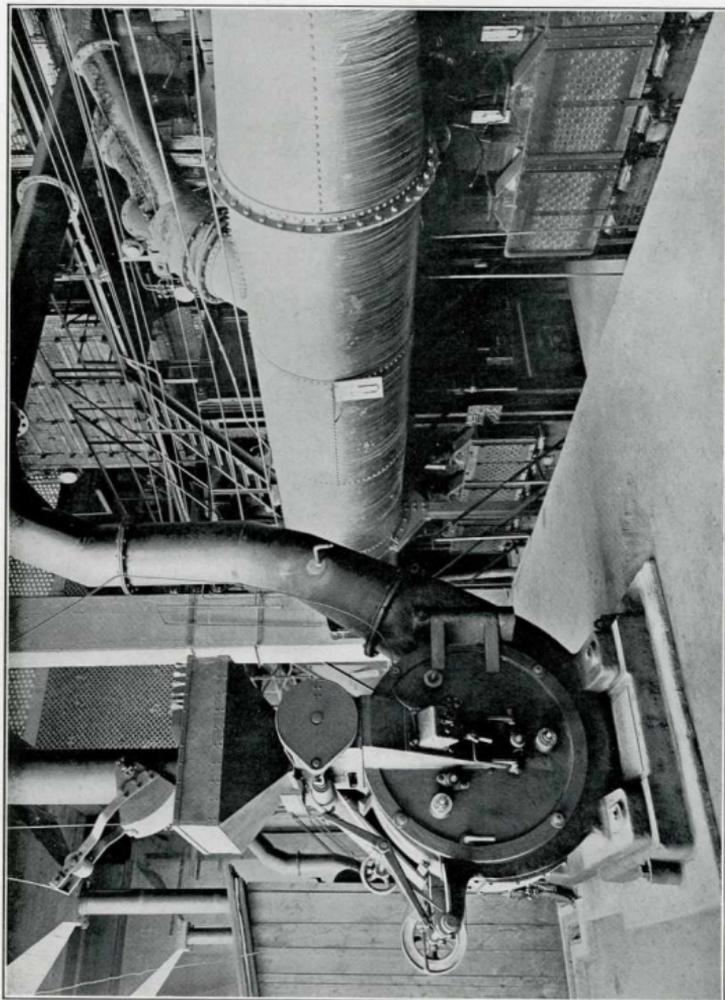


Fig. 118. — FORGES ET ACIÈRES DE NORD ET LORRAINE. — Installation, aux Hauts Fourneaux d'Uckange (Moselle), de 9 Chaudières Babcock et Wilcox, formant une surface de chauffe totale de 4040 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Economiseurs ; Systèmes Babcock et Wilcox.
Vue des Chaudières chauffées au gaz de Hauts Fourneaux avec secours au charbon pulvérisé (Voir fig. 105 et 135).



système de chauffage aux environs des agglomérations, comme c'est le cas pour les sec-teurs des grandes villes, c'est l'énorme quan-tité de cendres évacuées à l'extérieur. On peut admettre en effet qu'on ne retient dans la chambre de combustion et dans la chau-dière que 40 p. 100 des cendres. Donc 60 p. 100 de ces déchets sortent par la che-minée et se répandent dans l'atmosphère. Pour donner une idée de cet inconvénient, nous signalerons que si tous les secteurs parisiens, sans parler des autres industries, utilisaient le charbon pulvérisé pour chauffer leurs chaudières, ils évacueraient dans l'atmosphère, au moment des pointes, 50.000 ki-logrammes de cendres par heure, et la puis-sance produite par ces secteurs augmente de jour en jour ; aussi s'inquiète-t-on de mettre au point des appareils destinés à arrêter ces poussières avant leur passage dans la cheminée. (1)

Lorsque l'on se propose d'installer une chaufferie chauffée au charbon pulvérisé, on a le choix entre deux solutions pour amener le combustible au degré de finesse voulu : ou munir chaque chaudière d'un broyeur individuel, ou broyer le charbon dans une centrale de pulvérisation d'où on l'achemine vers les chaudières dans les tuyauteries à la façon d'un gaz.

On estime généralement que la ténuité est nécessaire et suffisante lorsque 95 p. 100 du combustible passe au tamis de 100 mailles, 85 p. 100 au tamis de 200 mailles et 100 p. 100 au tamis de 50 mailles. Ces chiffres sont sus-ceptibles de variations suivant la qualité du charbon, mais il faut, en règle générale, pulvé-riser d'autant plus finement que le combus-tible contient moins de matières volatiles. De tels degrés de finesse ne sont possibles que si le charbon est très sec.

En principe, une centrale de pulvérisation comprendra donc un concasseur pour amener les morceaux de charbon à la grosseur con-venant au broyeur ; un séparateur magné-tique pour enlever les ferrailles, un sècheur qui abaissera la teneur en eau à 1 p. 100 envi-ron ; puis les pulvérisateurs à boulets ou à galets ; la distribution aux points d'utilisa-tion se fait par moyens mécaniques ou par l'air comprimé.

Les turbos-broyeurs individuels sont de petits appareils qui opèrent la pulvérisation au moyen de petits marteaux en rotation, animés d'une très forte vitesse périphérique. Un aspirateur placé en série sur le même

rotor que les roues de pulvérisation enlève continuellement le combustible broyé et lui fournit l'air nécessaire à la combustion.

Ces deux modes de broyage ont chacun leurs partisans. Ils présentent l'un et l'autre l'inconvénient d'exiger une dépense de puis-sance de l'ordre de 25 kilowatts par tonne de charbon traité à l'heure.

Les divers types de chaudières **Babcock et Wilcox** se prêtent également bien à la chauffe au charbon pulvérisé parce que leurs chi-canes sont verticales : cette disposition per-met d'éviter les amas de cendre qui risquent d'engorger le faisceau.

5° Chaleur perdue provenant de fours métallurgiques ou autres.

Nombre d'usines, mais plus particulière-ment les usines métallurgiques et les usines de ciment, perdent, chaque année, d'im-menses quantités de combustible en envoyant à l'atmosphère les fumées sortant de leurs fours à très haute température. Suivant les industries et suivant le degré de récupération qu'on leur a fait subir, ces fumées ont une température de 450° à 850°. Aussi s'est-on préoccupé depuis longtemps de récupérer, dans la mesure possible, les calories ainsi dissipées en pure perte. Malgré l'intérêt de la question, elle n'a reçu que depuis peu une solution satisfaisante.

Comme exemple de ce que l'on peut attendre de l'emploi de chaudières de récupé-ration, nous citerons le suivant qui se rap-porte à l'industrie du ciment.

Une usine possédant un certain nombre de fours produisant chacun 200 tonnes par jour, a besoin, pour assurer la marche de cha-cun d'eux, d'une puissance d'environ 900 ki-lowatts-heure, soit 6.300 kilogrammes de vapeur. Or de tels fours fonctionnant par voie sèche laissent échapper de 35.000 à 40.000 kilogrammes de gaz à 725°. En faisant passer ces gaz à travers une chaudière de récu-pération convenablement calculée, on pourra produire 8 000 kilogrammes de vapeur, c'est-à-dire largement de quoi assurer la fourniture de force motrice à toute l'usine.

Le calcul de ces chaudières est assez délicat et doit être fait spécialement pour chaque cas particulier. Nous croyons bon d'attirer l'at-tention des industriels sur les points suivants qu'il convient de ne pas perdre de vue :

1° La chaudière doit être étudiée et cons-truite de telle façon que les gaz y circulent

(1) Pour le dépoussiérage des fumées, voir notre Bulletin technique, n° 7 de mars 1929.

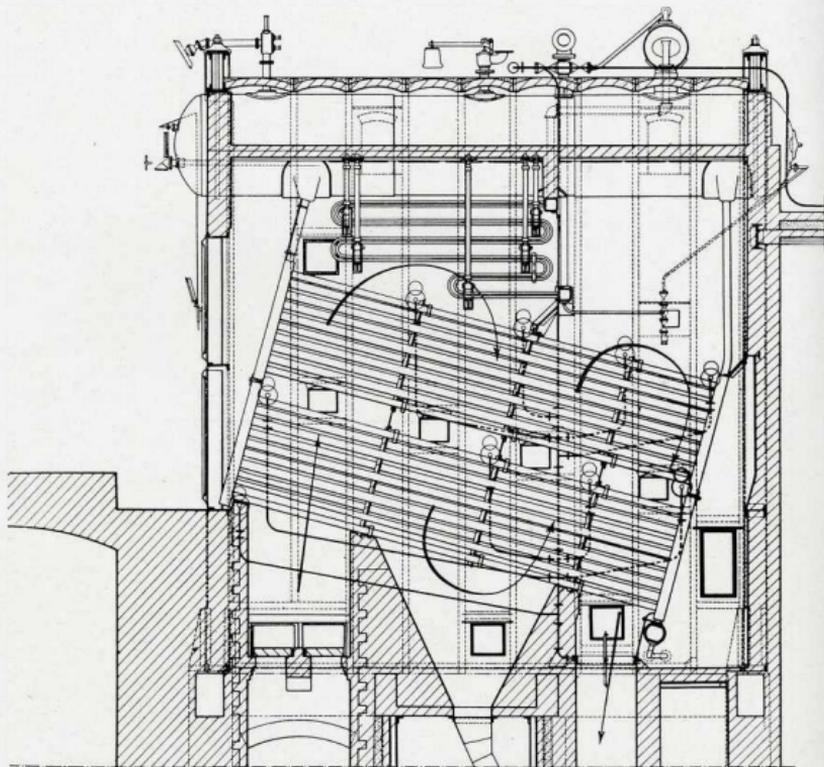


Fig. 119. — Chaudière **Babcock et Wilcox**, du type **W. I. F.**, étudiée spécialement pour la récupération des chaleurs perdues des gaz de fours.

Des installations à la suite de fours à ciment ont été faites notamment à l'usine de Beffes (Cher) des *Établissements Pollet et Chausson*, à l'usine de Sète (Hérault) de la Société anonyme des *Chaux et Ciments de Lafarge et du Teil*, aux Usines de Couvrot (Marne) et Beaucaire (Gard) de la Société anonyme des *Ciments français*.



très vite, afin de permettre une meilleure transmission de la chaleur : elle doit être disposée de manière à ce que les poussières ne puissent s'accumuler en aucun endroit. La chaudière de notre type à réservoir longitudinal résout particulièrement bien le problème avec ses trois ou quatre chicanes presque verticales dont il faut déterminer soigneusement la position dans chaque cas particulier. Ces chaudières de récupération ont en général un grand nombre de tubes en hauteur et sont par suite peu larges.

2° La position du surchauffeur varie avec la température des gaz. Si ceux-ci ont une température supérieure à 650°, on le place comme dans les types courants de chaudières, c'est-à-dire au-dessus du faisceau tubulaire. Mais si les gaz sont trop froids et si, de plus, on désire une haute surchauffe, on le place avant la chaudière dans le carneau d'arrivée des gaz. Dans tous les cas, on doit prendre soin d'éviter que les poussières ne puissent se déposer sur les tubes et obstruer le passage des gaz.

3° On peut, dans bien des cas, envisager l'emploi d'un économiseur à la suite de la chaudière pour pousser la récupération jusqu'à son extrême limite. L'économiseur devra, lui aussi, être conçu de manière à rendre impossible tout dépôt de poussières.

4° L'ancienne pratique consistait à employer des chaudières offrant un large passage aux gaz pour ne pas contrarier le tirage des fours. Aujourd'hui on emploie des chaudières où la section de passage est beaucoup plus réduite et où la vitesse des gaz est plus considérable, d'où la nécessité d'un ventilateur aspirant la dépression convenable pour la marche du four. Ce ventilateur doit être particulièrement robuste et tourner à faible vitesse périphérique si les gaz sont très chargés de poussières, sinon il serait voué à une destruction rapide : quelques mois ou même quelques semaines.

5° Il faut enfin s'opposer de toutes les manières possibles aux rentrées d'air dans le circuit gazeux. La réalisation de grandes vitesses de circulation implique des dépressions importantes : de l'ordre de 100 millimètres. Les introductions d'air sont donc particulièrement faciles : on doit s'y opposer par tous les moyens et cela pour plusieurs raisons : l'air froid abaisse la température des fumées, peut causer des explosions si elles contiennent de l'oxyde de carbone, et augmente le travail du ventilateur. Il faudra donc prévoir des dispositifs spéciaux : portes de visite étanches, maçonneries en forme de

voutins renversés et enduits de goudron en raison de la porosité des briques.

6° Applications aux fours métallurgiques.

Une longue expérience a montré que les chaudières **Babcock et Wilcox** employées dans les usines métallurgiques dans les conditions d'installation et de fonctionnement des plus variées, utilisant les chaleurs perdues des fours à réchauffer, fours Martin, etc., présentent des facilités spéciales d'adaptation à ces services irréguliers et ont une incontestable supériorité.

« Ce sont, d'après les termes mêmes d'un de nos clients, d'excellents vaporisateurs, produisant plus de travail et dépensant moins que nos chaudières cylindriques ou à deux foyers intérieurs. Elles n'ont donné lieu à aucune réparation. »

Chaque cas demande une étude particulière car on est bien souvent limité par des questions d'emplacement. Suivant les circonstances, on adopte ou bien des chaudières longues avec réservoir longitudinal, ou bien des chaudières courtes avec réservoir transversal. Lorsque cela est possible, il est souvent avantageux d'installer la chaudière sur une plate-forme au-dessus du four, car cette disposition permet d'économiser la place. Il y a cependant des cas où elle ne peut être adoptée : par exemple, lorsqu'il y a intérêt à munir les chaudières d'une grille de secours pour permettre la marche au charbon, soit pendant la marche des fours, soit pendant les périodes d'arrêt plus ou moins longs de certains fours spéciaux.

C'est donc suivant chaque cas et chaque application spéciale qu'il convient de faire une étude appropriée des chaudières à installer.

7° Application aux fours à ciment.

Nous avons donné plus haut un exemple de ce qu'on peut attendre dans cette industrie de l'emploi de chaudières de récupération.

Dans le cas où l'on fabrique le ciment par voie humide, l'utilisation des chaleurs perdues n'est pas moins intéressante. Les gaz sortant des fours entre 450° et 500°, le calcul montre que l'on peut produire, en les utilisant convenablement, près des deux tiers de la

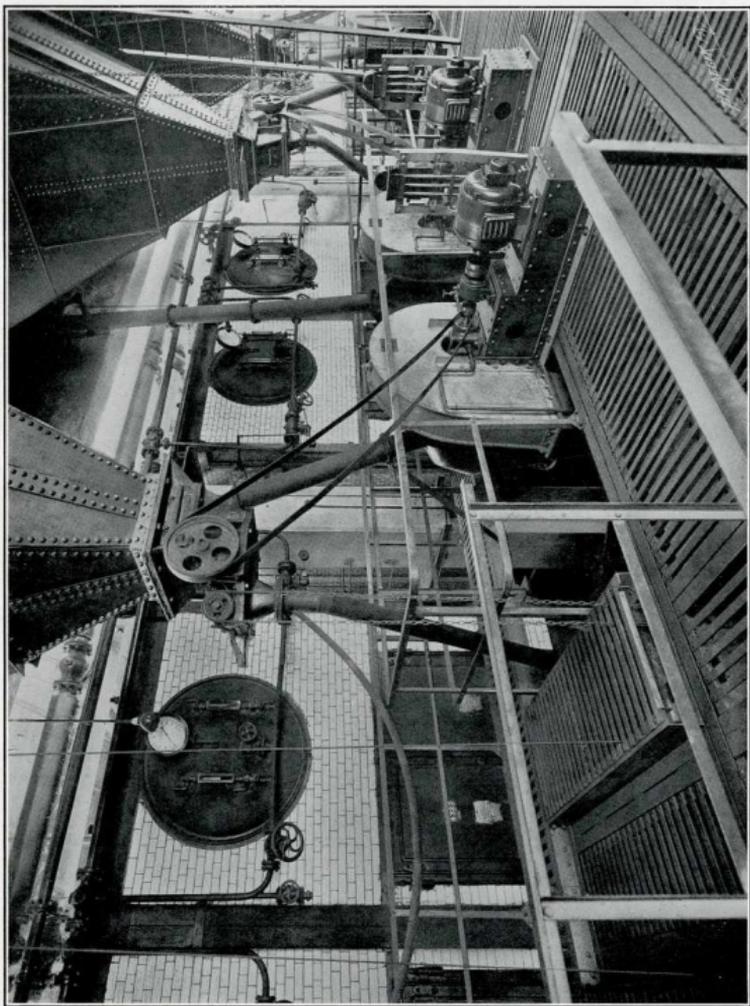


Fig. 120. — Installation, dans une Usine de soie artificielle de la banlieue de Lyon, de 10 Claudières Babcock et Wilcox, formant une surface totale de chauffage de 2 680 mètres carrés, avec Surchauffeurs, Tuyauteries : Systèmes Babcock et Wilcox.

force motrice nécessaire à la marche de l'usine.

Dans le cas de la voie sèche, les fumées disponibles sont à une température beaucoup plus élevée, de sorte que l'on peut produire très facilement toute la force motrice nécessaire à la marche totale de l'usine.

Signalons enfin un très gros avantage que procure l'emploi de chaudières de récupération dans l'industrie du ciment. On sait qu'il

s'échappe dans les fumées environ 10 p. 100 de la quantité de ciment produite par les fours. En leur faisant traverser des groupes récupérateurs, on provoque une précipitation de ces poussières de ciment dans les trémies ménagées à cet effet ; on peut ainsi regagner une proportion intéressante de produits qui auraient été complètement perdus.

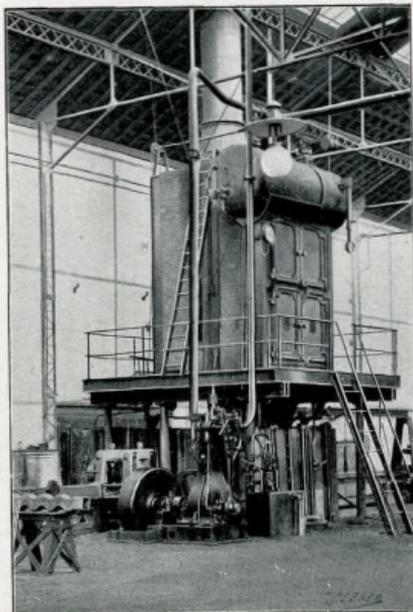


Fig. 121. — SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES CONSTRUCTIONS BABCOCK ET WILCOX. — Installation, à La Courneuve (Seine), d'une Chaudière Babcock et Wilcox de 81 mètres carrés de surface de chauffe, au-dessus d'un four à souder.

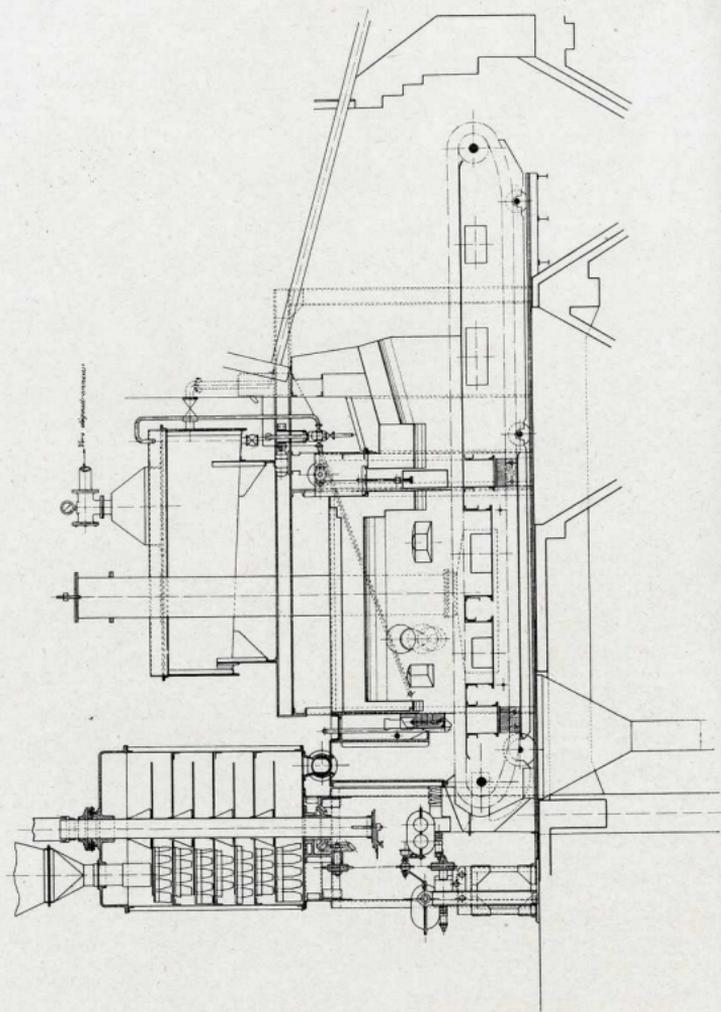


Fig. 122. — Grille mécanique Babcock et Wilcox étudiée spécialement pour permettre à la fois la distillation à basse température de la houille et la combustion, sous une chaudière, du semi-choke incombustible provenant de cette distillation.



8° Distillation à basse température.

Il existe, à l'heure actuelle, une abondante documentation sur la *distillation à basse température*, tant en ce qui concerne la théorie de cette technique qu'au sujet des nombreux appareils mis en œuvre industriellement.

Il est bon de rappeler que la *distillation à basse température* s'applique à des catégories particulières de combustibles (charbons à longue flamme très collants, charbons qui se délitent, charbons inutilisables à l'état brut, soit parce que leur pouvoir calorifique est trop faible, soit parce que leur gazéification ne se justifierait pas du point de vue économique, lignites à faible teneur en soufre, schistes bitumineux); la *distillation à basse température* est contre-indiquée, pour des charbons de valeur dont l'utilisation s'impose d'une autre manière (charbons à gaz, charbons à coke), pour les charbons riches en azote (l'ammoniaque n'est pas récupérable par des distillations à température inférieure à 500°), pour les charbons très oxygénés, à moins qu'on ne trouve un emploi rémunérateur des phénols ou que l'obtention du semi-coke et du gaz soit à elle seule rémunératrice. Ceci restreint manifestement l'universalité du procédé.

Le traitement d'une tonne de houille à 30 p. 100 de matières volatiles donne en moyenne, 800 kilogrammes de semi-coke, 70 kilogrammes de gaz riche à haut pouvoir calorifique (8.500 calories), 80 kilogrammes de goudron primaire.

Le semi-coke est un combustible remarquable à tous égards (sans fumée, pouvoir calorifique 7.000 calories combustibilité parfaite). Du gaz et du goudron, on retire de

l'essence, des huiles susceptibles d'être craquées, des huiles de graissage, à paraffine, tous produits de haute valeur commerciale.

Les procédés imaginés dans les différents pays ont eu pour mobiles particuliers :

Soit de produire de l'essence pour automobiles (pays non producteurs de pétrole).

Soit de produire un combustible sans fumée (Angleterre).

Soit de valoriser des combustibles pauvres comme les lignites (Allemagne).

Soit d'utiliser plus rationnellement des combustibles chers (pays déficitaires en charbons ou non producteurs).

Il se trouve que ces quatre problèmes se posent également à notre pays, sans que la *distillation à basse température* puisse d'ailleurs les résoudre pour la totalité de nos besoins.

Notre procédé de distillation s'adapte parfaitement aux nécessités particulières françaises, son appareillage est simple et bon marché. Il permet de réaliser petites et grandes installations.

Il utilise la grille à chaîne du type chaudière. Pour conduire la distillation dans les meilleures conditions possibles (eu égard à la mauvaise conductibilité des combustibles) on opère sur une couche mince, chauffée en dessus (rayonnement des parois de la chambre de distillation), chauffée en dessous (température relativement élevée des mailons de la chaîne quand ils reviennent charger du charbon), chauffée dans la masse (par passage de gaz préalablement chauffé, et qui entraîne les gaz de la distillation)(voir fig. 122).

L'économie du système réside dans l'utilisation de la même grille à chaîne prolongée, soit pour brûler immédiatement le semi-coke incandescent en soufflant simplement de l'air, soit pour étouffer le semi-coke en vue d'un usage ultérieur.

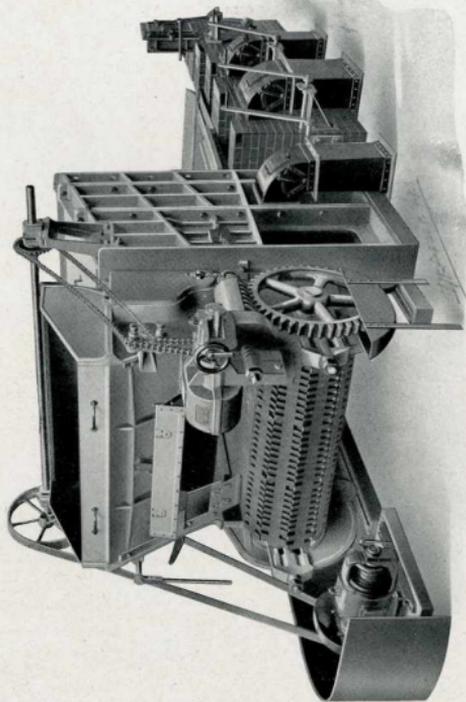


Fig. 123. — Grille mécanique soufflée compartimentée. Système Babcock et Wilcox.
Vue de l'avant.

CHAPITRE VI

La Grille Babcock et Wilcox

GRILLES FUMIVORES A CHARGEMENT AUTOMATIQUE

La question du chargement mécanique des chaudières est une des plus difficiles à résoudre si l'on veut se placer dans les conditions les plus favorables pour effectuer une combustion parfaite du charbon. Les difficultés proviennent : d'une part, de la diversité dans la nature des charbons à utiliser et des variations subites dans l'allure de marche des chaudières, et, d'autre part, de ce fait que les matériaux qui constituent une grille mécanique se trouvent successivement soumis à des changements brusques de température et, par suite, à des effets rapides de dilatation et de contraction.

Il est bien certain qu'une chaufferie mécanique permet d'obtenir des chaudières un meilleur rendement, et assure une économie dans la consommation du charbon, du fait de la suppression d'arrivée nuisible d'air froid par les portes des foyers si fréquemment ouvertes lorsque la chaudière est chauffée à la main et diminue le nombre d'hommes affectés aux services de la chaufferie.

Les grilles mécaniques permettent de remplacer les chauffeurs à la pelle spécialisés, très difficiles à recruter actuellement par des manœuvres dont l'éducation peut se faire rapidement.

Les grilles mécaniques peuvent être classées en trois catégories :

- 1° Grilles tournantes ou à chaîne sans fin ;
- 2° Grilles fixes à poussoir ou vis centrale ;
- 3° Grilles à pelletage.

Notre longue expérience de constructeurs de chaudières nous a permis de comparer tous les types connus de ces trois catégories de grilles et c'est après de très nombreux

essais que nous nous sommes définitivement arrêtés aux grilles tournantes.

Nous construisons deux types de grilles à chaîne :

- 1° Grille à tirage naturel ;
- 2° Grille soufflée compartimentée.

1° Grille mécanique à tirage naturel, ou non soufflée.

Cette grille peut se diviser en quatre parties :

- 1° Le foyer ;
- 2° Le chariot portant la grille ;
- 3° L'appareil de chargement ;
- 4° Le mécanisme et la transmission.

1° Le foyer au-dessus de la grille ressemble aux foyers à grille ordinaire, avec cette différence que la voûte est beaucoup plus longue. C'est sous cette voûte que se fait la distillation du charbon. En dessous de la grille, le foyer comporte deux murettes limitant le cendrier et, sur ces murettes, un chemin de roulement pour le chariot de la grille ;

2° Le chariot qui supporte la grille est ainsi fait que tout l'ensemble de la grille peut être ramené en avant de la chaudière pour permettre le montage et la visite de tous les organes. Cette manœuvre n'est d'ailleurs pas nécessaire pour remplacer, le cas échéant, des barreaux de grille, remplacement qui peut être fait en quelques minutes.

La grille est formée de maillons de faible longueur, reliés ensemble par des axes d'oscillation, et constituant ainsi une chaîne sans fin commandée par un tourteau avant dont

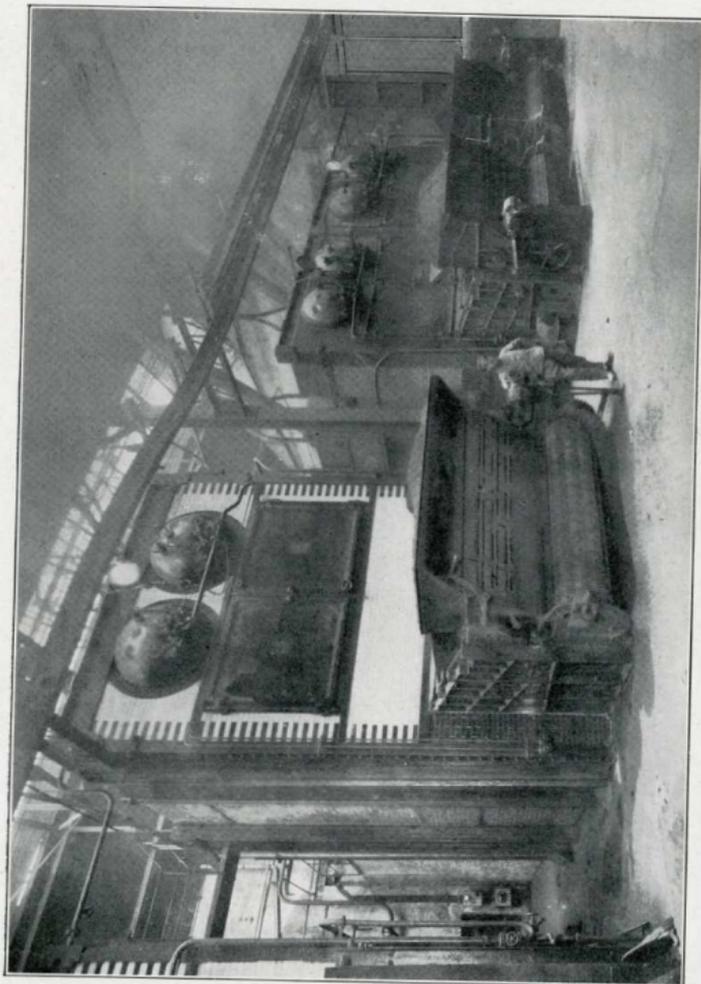


Fig. 124. — SOCIÉTÉ ANONYME VILLEROY ANCEL. — Installations, aux Usines de Villeurbanne (Rhône) et de Lyon-Monplaisir, de 10 Chaudières Babcock et Wilcox, formant une surface totale de chauffe de 2 287 mètres carrés, avec Grilles mécaniques : Système Babcock et Wilcox.
Vue de la Chaudière de Lyon-Monplaisir.



l'axe est porté dans des coussinets mobiles permettant la tension de la chaîne.

Ces maillons sont en fonte spéciale et réfractaire, ils s'emboîtent latéralement les uns dans les autres, ce qui permet de brûler les menus les plus fins, et, tout en assurant un ample passage d'air à la partie active de la combustion, empêchent une rentrée d'air excessive par l'arrière.

La chaîne tourne à la partie arrière sur un tourteau lisse dont l'axe est porté dans des coussinets fixes.

Les flasques latéraux sont maintenus parallèles au moyen d'entretoises qui portent elles-mêmes des rouleaux parallèles, à intervalles différents, sur lesquels se fait le déplacement de la grille ;

3° L'appareil de chargement est constitué par une trémie dont les côtés et la face antérieure sont facilement démontables.

La hauteur du combustible est réglée au moyen d'une pièce, dite porte de foyer, garnie de briques réfractaires et facilement manœuvrable.

La trémie est surélevée au-dessus des portes de foyer et munie à sa partie inférieure d'un registre tournant, appelé obturateur, qui permet de maintenir la charge de charbon tout en procédant à l'ouverture de la porte du foyer ;

4° La tourteau avant est commandé par une transmission qui peut être supérieure ou inférieure suivant l'installation.

La mise en marche, l'arrêt et les variations de vitesses sont obtenus au moyen d'un dispositif à engrenages de notre système spécial breveté, qui se manœuvre au moyen d'un seul volant.

Cet appareil forme également bain d'huile autour des engrenages, et contient un dispositif de sécurité ou embrayage à friction, isolant instantanément les organes moteurs en cas de résistance anormale dans la marche de la grille.

Fonctionnement. — Le charbon emmagasiné sur une trémie placée en avant et au-dessus de la grille se dépose sur celle-ci par son propre poids, la grille l'entraîne dans son mouvement d'avancement vers l'arrière du foyer, mais l'épaisseur du charbon entraîné est limitée par la distance qui sépare le niveau supérieur des barreaux de la partie inférieure de la porte du foyer.

Dès son entrée dans le foyer, le charbon dégage les gaz qu'il contient, ceux-ci se brûlent complètement en passant sous la voûte prolongée et le charbon réduit en coke

achève sa combustion, tandis que la grille le transporte au fond du foyer. La vitesse d'avancement de la grille, ainsi que l'épaisseur du charbon, sont réglées de telle sorte que, lorsque la grille a achevé son mouvement de l'avant à l'arrière, le charbon qui s'y était déposé à son entrée sort complètement brûlé et qu'il ne reste plus que des mâchefers dont la chute dans le puits à l'arrière est retardée par des pièces spéciales, dites décroisseurs, sur lesquelles ils finissent leur combustion.

Nous avons dit que la vitesse d'avancement était réglée à l'aide de notre dispositif breveté, à la portée du surveillant, l'épaisseur du charbon étant elle-même facilement réglable à l'aide des portes de foyer ; il est facile de comprendre, d'après cela, que notre grille mécanique peut être réglée en un instant, même pendant la marche, selon la classe de combustible que l'on veut employer ou selon la quantité de vapeur à produire.

Avantages. — Les principaux avantages de notre grille mécanique sont les suivants :

1° *Fumivortité absolue* avec tout combustible quelle que soit la proportion de matières volatiles ;

2° *Maximum de rendement thermique et économie de combustible* résultant de la combustion complète des charbons et de la suppression d'ouverture des portes du foyer, soit pour le chargement, soit pour le piquage du feu ou le décroissage qui se fait automatiquement.

C'est, en outre, la seule forme de grille mécanique dans laquelle il ne puisse se produire de rentrée d'air à l'arrière du foyer, ceci grâce à la forme des barreaux et à la présence des décroisseurs ;

3° *Economie d'entretien*, la grille ayant une durée illimitée par suite de son refroidissement continu et progressif ;

4° *Combustion méthodique et continue* limitant l'admission d'air à la quantité strictement nécessaire à la combustion. Aucune porte de chargement à ouvrir une fois la grille en marche ;

5° *Barreaux de forme spéciale* à emboîtements donnant, avec un faible écartement, le maximum de passage d'air et le minimum de charbon perdu à travers la grille.

De plus, chaque barreau est animé par rapport à son voisin d'un mouvement de rotation qui produit le détachement automatique des mâchefers, même collants ; de ce fait, la grille revient à l'avant parfaitement propre et le passage d'air est intégralement conservé ;

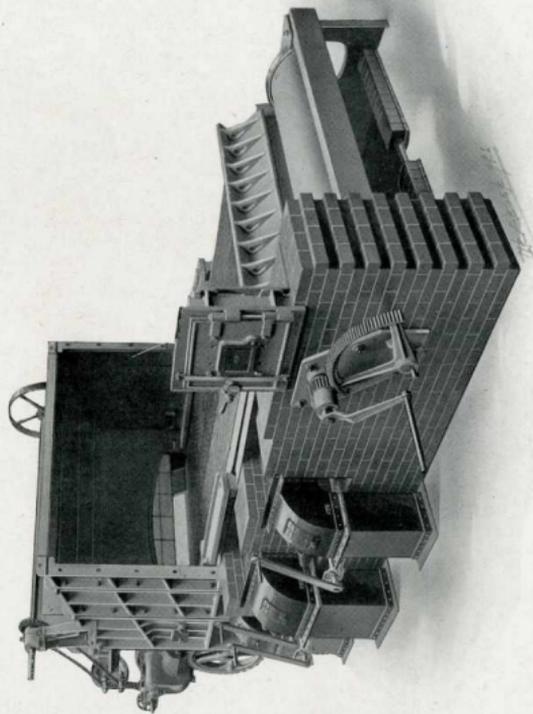


Fig. 125. — Grille mécanique soufflée compartimentée. Système Babcock et Wilcox.
Vue de l'arrière.

6° *Manipulation très simple.* — Deux réglages seulement réclamant l'attention :

a. La commande de levage de la porte du foyer réglant l'épaisseur ;

b. Le changement de vitesse placé sur le mouvement de commande de la grille ;

7° *Facilité de conduite. Décrassage automatique.* — Les feux n'ont pas besoin d'être travaillés ou décrassés à la main, car le temps du parcours du combustible, entre la trémie d'emmagasinage et l'arrière de la grille, est réglé de telle sorte que la combustion soit complète à ce dernier point et que les cendres et mâchefers seuls viennent tomber dans le puits à cendres. Avec ce type de grille à déplacement continu, les barreaux ne sont jamais longtemps à une haute température et se refroidissent d'eux-mêmes par l'arrivée d'air à travers le brin inférieur du tablier ;

8° *Possibilité de chauffe à la main.* — Bien que la grille soit essentiellement mécanique, il y a possibilité de chauffer à la main, en levant la porte du foyer qui s'étend sur toute la largeur de la grille ;

9° *Commande facile.* — Le mode d'attaque du mouvement est très facile, étant continu, et nécessite peu de force ; il a, de plus, l'avantage de ne faire tomber, à travers la grille, qu'une quantité négligeable de fines non brûlées.

2° Grille mécanique à soufflerie compartimentée.

La grille mécanique que nous venons de décrire a été étudiée, il y a une trentaine d'années, pour marcher au tirage naturel. Avec cette grille il n'était guère possible de brûler que des charbons possédant au moins 22 p. 100 de matières volatiles.

Nous avons étudié et mis au point une grille mécanique soufflée qui permet actuellement de brûler soit au tirage naturel, soit au tirage soufflé, toute la gamme de combustibles utilisables depuis les charbons gras jusqu'aux anthracites à 3 ou 4 p. 100 de matières volatiles ainsi que les lignites et même le poussier de coke, etc.

Description. — La grille mécanique à soufflerie compartimentée **Babcock et Wilcox** procède de la grille mécanique non soufflée, dont elle ne diffère que par l'adjonction de caissons de soufflage où se fait le refoulement d'air provenant d'un ventilateur avec réglage séparé pour chaque caisson.

La grille mécanique non soufflée avait été

étudiée spécialement pour brûler des charbons contenant plus de 20 p. 100 de matières volatiles, dont le rendement sur les grilles ordinaires était fort médiocre.

Du fait que cette grille était à chargement automatique et permettait une chauffe méthodique, elle trouva de suite son application toute naturelle dans les grandes chaufferies et son emploi se développa très rapidement.

Mais ce rapide développement conduisit obligatoirement à rechercher une adaptation plus générale de cette grille pour lui permettre entre autres :

1° De brûler, dans de bonnes conditions de combustion et de rendement, des charbons autres que ceux possédant plus de 20 p. 100 de matières volatiles ;

2° De brûler des charbons très chargés en cendres et pratiquement inutilisables jusqu'ici ;

3° D'augmenter la puissance de vaporisation des chaudières pour un combustible donné ;

4° De remédier à l'insuffisance d'une cheminée existante, dont la transformation serait coûteuse et quelquefois impossible.

La transformation des grilles mécaniques **Babcock et Wilcox** en grilles mécaniques soufflées répond à tous ces desiderata.

Pour le soufflage, on procède de la façon suivante :

Entre les deux brins de la grille, on dispose trois caissons correspondant à trois zones qui sont, à partir de l'avant :

Zone d'allumage ou caisson 1 ;

Zone de pleine combustion ou caisson 2 ;

Zone de fin de combustion ou caisson 3.

Chaque caisson est composé de la façon suivante :

La face supérieure est constituée par des chemins de roulement supportant le poids de la grille.

Les côtés de chaque caisson sont constitués par des parties verticales en tôle armaturées.

La partie inférieure de chaque caisson est composée d'une partie plane percée elle-même de lumières qui peuvent être ou non recouvertes par des volets ou des contreplaques manœuvrables de l'extérieur.

Le rôle de ces volets ou glissières est d'assurer l'évacuation des fines passant à travers le brin supérieur de la grille et de leur permettre de tomber dans les trémies inférieures et silos aux cendrées.

De plus, lorsque l'on marche à tirage naturel, les glissières ou volets, étant ouverts, laissent passer l'air aspiré par la cheminée.

Les arrivées d'air de soufflage sont indé-

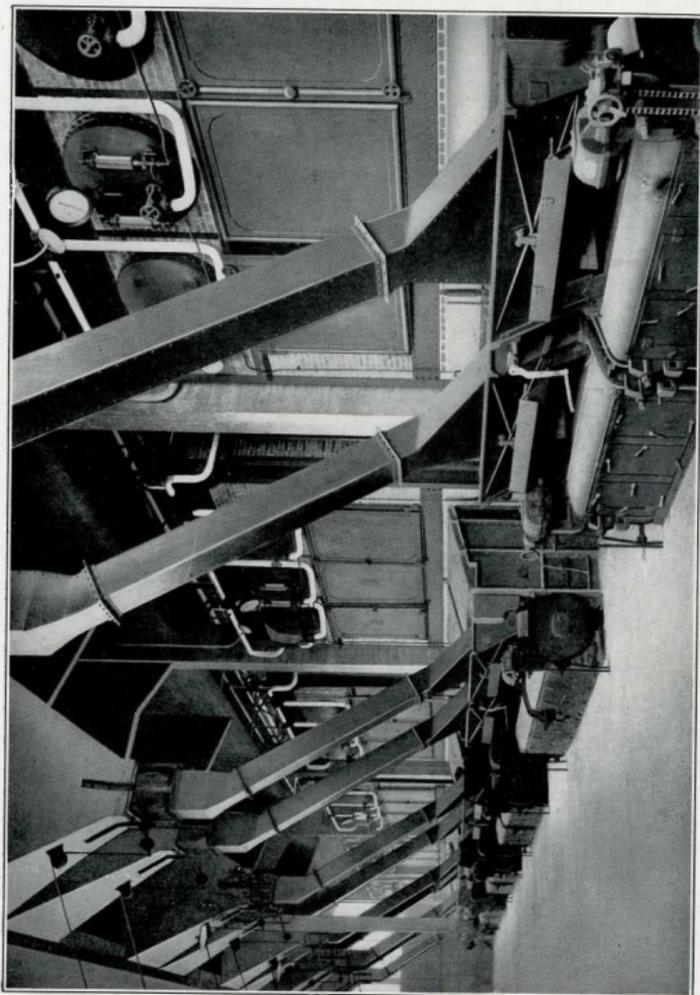


Fig. 126. — FORGES DE GREIGNON. ÉTABLISSEMENTS CAMPIONNET ET C^{ie}. — Installation, aux Forges de Greignon (Saône-et-Loire), de 6 Chaudières Babcock et Wilcox, formant une surface totale de chauffe de 3.000 mètres carrés, avec Surchauffeurs, Grilles mécaniques et Economiseurs, Tuyauteries : Système Babcock et Wilcox, Surchauffeurs : Système Babcock et Wilcox, sur chaudières d'autres types.



pendantes et se font, dans chaque caisson, à l'aide de trois buses de raccordements en tôle mince, dont la section peut passer de zéro au maximum à l'aide de trois registres appropriés. Ces registres ont été prévus avec manœuvres indépendantes et placés sur les buses de raccordement de façon à ce que le chauffeur puisse les régler en examinant la zone de combustion correspondante par les regards prévus sur les murs latéraux.

Fonctionnement. — 1^o Marche à tirage soufflé.

Les lumières d'évacuation des fines étant fermées et le ventilateur placé dans les sous-sols mis en marche, les arrivées d'air se font par les trois caissons 1, 2, 3, et sont réglées par les registres placés dans les buses correspondantes.

L'évacuation des fines qui tombent dans les caissons se fait à intervalles plus ou moins longs, suivant la nature des combustibles.

On règle la pression dans les caissons 1 et 2 suivant la nature des charbons : très maigres, maigres, demi-gras et gras, de façon à ce que la zone de tirage nul soit d'autant plus éloignée de la porte du foyer, que le charbon est plus maigre. Ce point peut ainsi se déplacer depuis la porte, pour les charbons gras, jusqu'au dernier tiers de la voûte pour les charbons très maigres.

2^o Marche à tirage naturel.

Les ventilateurs étant arrêtés, toutes les lumières des trois caissons 1, 2, 3 sont ouvertes en plein, et la marche se fait comme dans le cas habituel. Il est entendu que cette disposition ne s'applique qu'aux charbons gras qui peuvent s'allumer sans le secours du soufflage.

Toutes les conditions générales d'allumage, arrêts, restent les mêmes que pour une grille ancien type.

Avantages. — Les avantages de cette nouvelle grille peuvent se résumer de la façon suivante. On peut effectuer les marches ci-après :

- Plein soufflage sous les trois caissons ;
- Soufflage sous un ou plusieurs caissons, les autres marchent à tirage naturel ;
- Marche à tirage naturel sous toute la grille.

Toutes ces opérations s'effectuent instantanément et par les moyens les plus simples. On obtient la possibilité de brûler à peu près tous les combustibles pratiquement utilisables, depuis le poussier coke d'usine à gaz et métallurgique jusqu'aux charbons à très haute teneur en matières volatiles.

En outre de l'augmentation importante de la gamme des combustibles utilisables, on obtient une souplesse considérable de l'allure de la chaudière.

Enfin la puissance absorbée par les moteurs électriques actionnant le ventilateur et le mécanisme de la grille est très faible. Pour une chaudière produisant 5.000 kilogrammes de vapeur, des essais précis ont démontré que la force absorbée par le moteur du ventilateur était de 6 HP, soit $6 \times 7 = 42$ kilogrammes de vapeur (si on suppose que 7 kilogrammes de vapeur soient nécessaires pour produire 1 HP), soit moins de 1 p. 100 de la production du générateur. Pour la transmission de la grille placée sous cette même chaudière, il ne faut que un demi HP.

En résumé, la grille à soufflerie compartimentée **Babcock et Wilcox** a réalisé de grands progrès dont les principaux sont :

Combustible. — Brûler à tirage soufflé toute la gamme des charbons seuls ou mélangés ; à tirage naturel, les charbons gras.

Passer indifféremment de la marche normale à la marche poussée et *vice versa*.

Avoir une meilleure combustion dans le foyer et de ce fait un rendement plus élevé de la chaudière.

Main-d'œuvre. — Au point de vue de la main-d'œuvre, le coup d'œil seul du « chauffeur » suffit pour deux à quatre chaudières de puissance moyenne.

On est donc en présence d'un appareil nouveau qui peut brûler plusieurs sortes de charbons tout en obtenant un bon rendement de marche industrielle avec une main-d'œuvre très réduite et une faible dépense de puissance électro-mécanique.

Nous appelons l'attention sur l'application très intéressante de ces grilles pour le chauffage d'appareils autres que les chaudières, et en particulier celui des fours à réchauffer, des fours à sécher avec applications diverses dans les cimenteries et les sucreries.

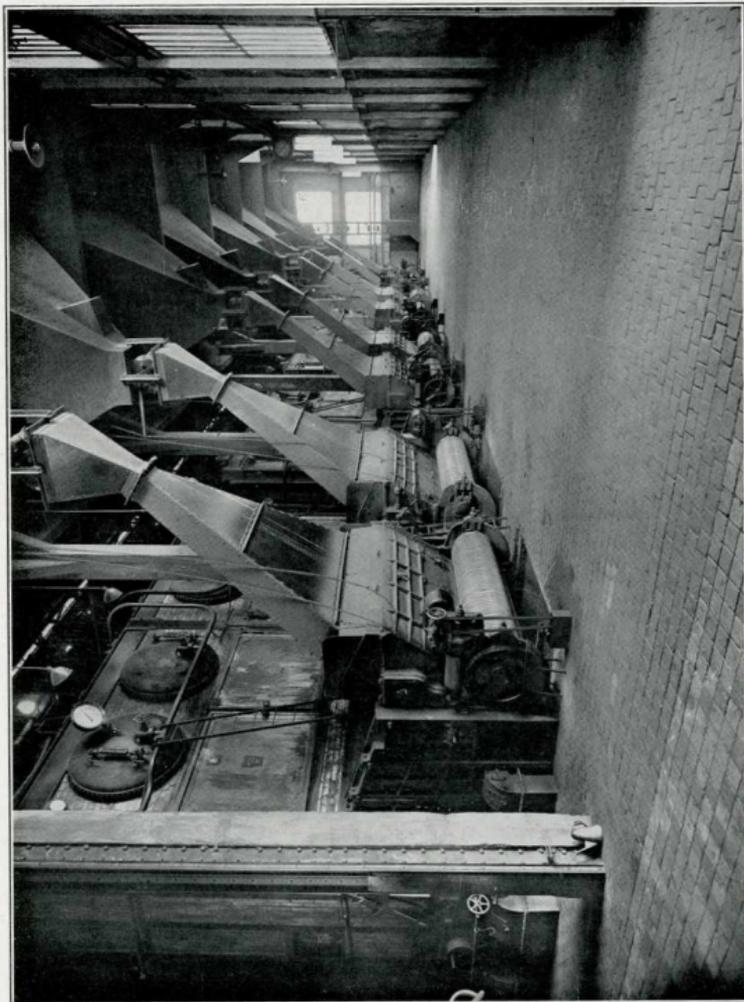


Fig. 127. — RÉGIE MUNICIPALE DU GAZ ET DE L'ÉLECTRICITÉ DE BORDEAUX. — Installation, à la station électrique de Bacalan (Gironde), de 10 Chaudières Babcock et Wilcox, formant une surface de chauffe totale de 3 264 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Transporteurs mécaniques : Systèmes Babcock et Wilcox.

BARREAUX DE GRILLE

Nos grilles mécaniques peuvent être équipées avec différents types de barreaux :

Barreau entièrement en fonte réfractaire. Ce barreau est à la fois tracteur et porteur de charbon.

Le remplacement d'un de ces barreaux

exige un arrêt de la grille pendant quelques minutes ;

Barreau en deux pièces comportant une partie tractrice en acier et une partie portante en fonte réfractaire.

Barreau en fer.

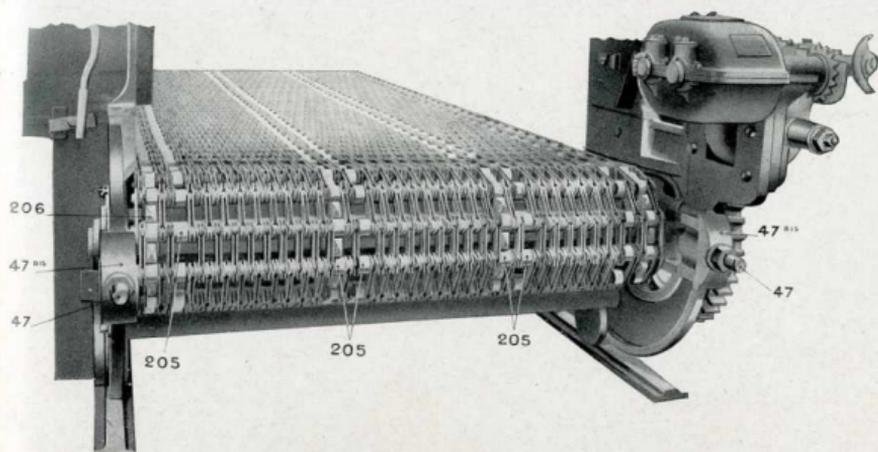


Fig. 128. — Grille mécanique à barreaux en deux pièces, montrant la disposition de la partie tractrice.

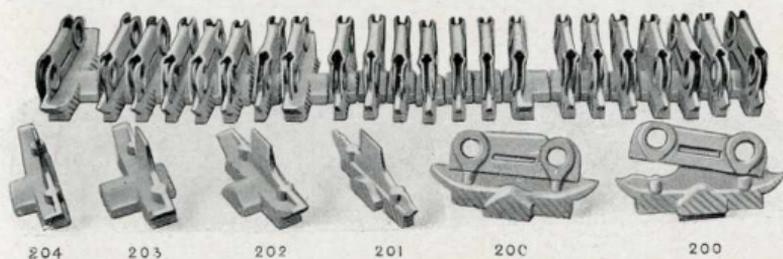


Fig. 129. — Détails des barreaux en deux pièces.

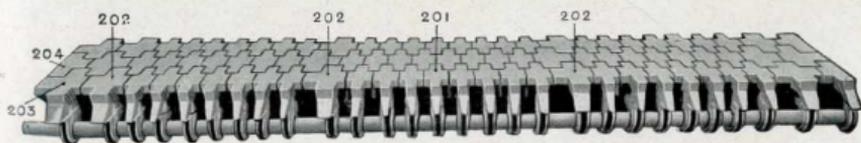


Fig. 130. — Disposition du plan de grille équipé avec barreaux en deux pièces.

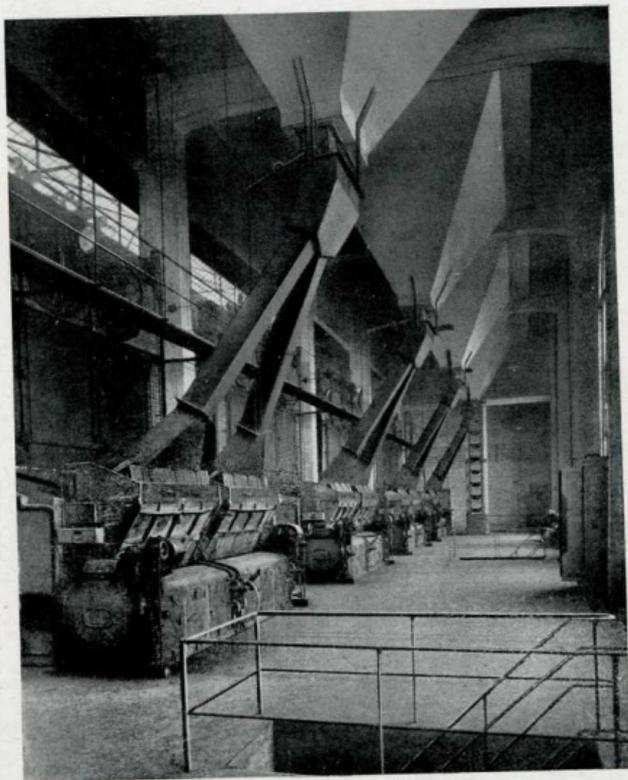


Fig. 131. — SAINT-FRÈRES. — Installations, aux Usines de Flixécourt, de Saint-Ouen, de Pont-Rémy (Somme) et de Bègles (Gironde), de 9 Chaudières **Babcock et Wilcox**, formant une surface totale de chauffe de 3 800 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Tuyauteries et Transporteur mécanique : Systèmes **Babcock et Wilcox**.
 Vue de la chaufferie de Saint-Ouen (Somme), dans le fond on aperçoit le brin descendant du transporteur mécanique à godets, Système **Babcock et Wilcox**. (Voir aussi fig. 202 à 206.)



Barreaux en fonte dissymétriques.

Une chaîne constituée par des barreaux en fonte dissymétriques se compose :

- 1° Des barreaux ordinaires 26 B ;
- 2° Des barreaux moteurs 27 B.

Ces maillons portent chacun un bossage de recouvrement plecté sur un seul côté du barreau.

L'assemblage des différents maillons constitue un plan de grille supérieur parfaitement plan. Les bossages de recouvrement permettent d'avoir une surface continue, même quand la chaîne tourne autour des tambours avant et arrière. Il est donc possible de placer avant le cendrier des pièces spéciales dites « décrasseurs » qui assurent l'évacuation des mâchefers tout en donnant le temps nécessaire pour que les petites particules de charbon entraînées soient parfaitement brûlées.

Etant donnée la forme de la chaîne à l'arrière, le point de contact de la ligne des décrasseurs avec les maillons se trouve dans la partie arrondie, ce qui rend le décrassage facile et permet de donner aux décrasseurs une forme assurant leur parfait refroidissement.

L'entraînement de la chaîne se fait par les barreaux moteurs qui portent chacun un demi-bossage sur lequel viennent s'appuyer les dents des roues des tourteaux avant.

Pour les grilles assez larges et lourdes, les deux demi-bossages sont remplacés par une rondelle indépendante en fonte. Grâce à ce dispositif, l'ensemble du brin supérieur roule sur ses supports au lieu de glisser, ce qui diminue notablement l'effort nécessaire à la translation de l'ensemble. Les barreaux moteurs avec rondelles portent le n° 28 B.

Quels que soient les types de barreaux qui seront examinés par la suite, il y a lieu de bien observer que les chaînes de grilles **Babcock et Wilcox** sont constituées par des maillons placés en quinconce. Chaque maillon peut donc se mouvoir indépendamment de son voisin immédiat. Ce mouvement est particulièrement amplifié au moment du passage sur les tourteaux avant et arrière. Il en résulte que les petites cendres et scories qui ont tendance à adhérer aux barreaux sont éliminées soit à l'arrière, soit à l'avant et de ce fait, la partie de la grille qui se présente à l'avant pour recevoir le charbon frais est parfaitement propre à tous moments ce qui permet de conserver au brin supérieur de la grille sa section totale pour le passage de l'air.

Barreaux en deux pièces.

Les barreaux décrits précédemment sont à la fois tracteurs et porteurs de charbon. Il peut y avoir intérêt, dans certains cas à ce que la partie tractive soit en acier, la partie portant le charbon restant en fonte.

Le barreau en deux pièces répond à ces conditions. Il est constitué par une pincette en acier, munie de deux mortaises, dans laquelle vient s'emmancher le barreau en fonte dont la partie inférieure porte une queue avec deux taquets. Les deux taquets pénètrent dans les deux mortaises et assurent la fixation du barreau fonte sur le maillon acier.

Une chaîne équipée avec barreaux en deux pièces comporte des pincettes toutes semblables (fig. 128 à 130) et quatre espèces de barreaux :

- Les barreaux ordinaires 43 B ;
- Les barreaux moteurs 44 B ;
- Les barreaux de rive 45 B ;
- Les barreaux de rive 46 B.

L'entraînement de la chaîne se fait au moyen de rondelles en fonte montées sur les axes des barreaux, chacune de ces rondelles prenant place entre les deux pincettes des deux barreaux moteurs juxtaposés.

Enfin, des fers plats percés de deux trous maintiennent les barreaux de rive aux extrémités des axes des barreaux. Ces entretoises doivent être placées de telle sorte qu'elles intéressent deux maillons consécutifs.

Les dimensions des pièces fonte sont à peu près analogues aux dimensions des barreaux 26 et 27.

Les barreaux 43 B diffèrent cependant des maillons précédents en ce que le bossage de recouvrement est symétrique par rapport à l'axe du maillon. Cette disposition présente des avantages que nous exposons plus loin.

Barreaux fonte symétriques.

Pour augmenter le passage d'air sur le brin supérieur de la chaîne, nous avons créé, il y a quelques années, le barreau fonte symétrique. Les chaînes équipées avec barreaux de ce système comportent :

- Les barreaux ordinaires 43 ;
- Les barreaux moteurs 44 ;
- Les barreaux de rive 45 ;
- Les barreaux de rive 46.

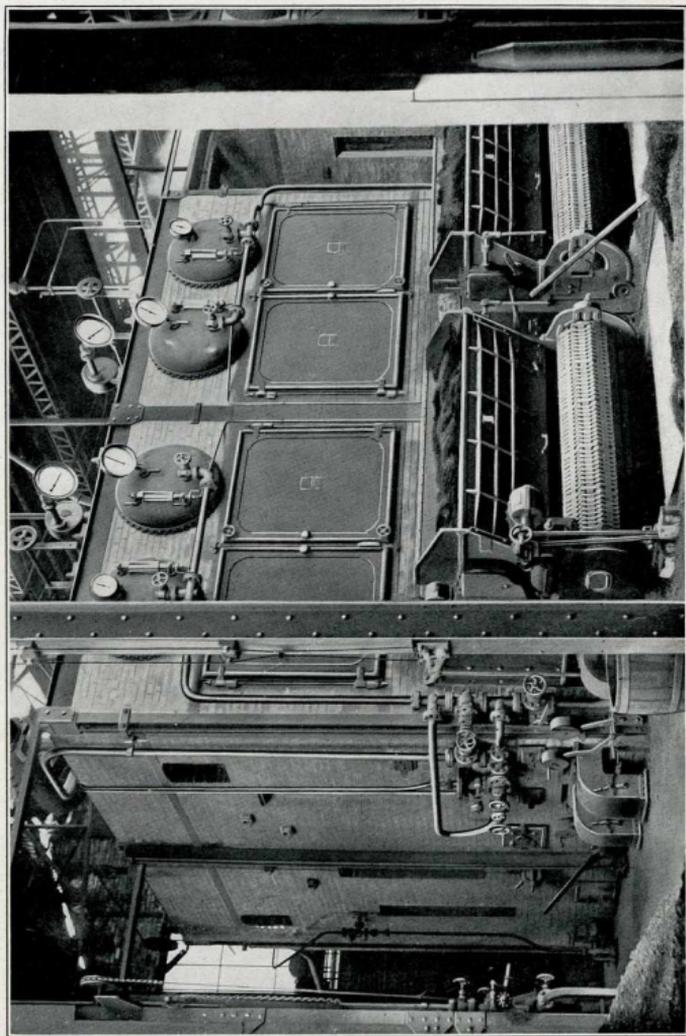


Fig. 132. — COMPAGNIE DES MINES DE LA GRAND'COMBE. — Installations, aux Mines de la Levade (Card) et de Trets (Bouches-du-Rhône), de 18 Chaudières Babcock et Wilcox, formant une surface totale de chauffe de 3 844 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Luyauteries et Transporteurs mécaniques, Surchauffeurs indépendants ; Systèmes Babcock et Wilcox.
 Vue de la Chaudière de la Centrale Electrique de la Grand'Combe (Card).

Le barreau ordinaire 43 est plus mince que le barreau 26 B et son bossage de recouvrement est symétrique par rapport à l'axe du maillon.

De ce fait, la forme du maillon 43 assure, comme nous le disons plus haut, une meilleure répartition d'air, mais également un refroidissement plus intensif.

La pratique a démontré qu'une chaîne équipée avec cette sorte de barreaux durait, surtout avec du charbon chaud, beaucoup plus longtemps que si elle avait été constituée par des maillons 26 B et 27 B.

L'entraînement de la chaîne se fait également par rondelles en fonte placées entre deux maillons moteurs.

Barreaux en fer.

La grille à barreaux en fer est surtout employée pour brûler des charbons fins et maigres. Elle est composée de barreaux ordinaires tout en fer et de barreaux moteurs en fer et fonte. Ceux-ci servent également de barreaux de rive. L'entraînement de la chaîne se fait au moyen de rondelles fonte, comme indiqué précédemment.

La forme même de ce barreau et sa composition en réduisant au minimum la proportion de pleins par rapport aux vides, permet une répartition d'air beaucoup plus divisée et a comme conséquence un meilleur refroidissement des barreaux et, par suite, une durée pratiquement illimitée.

Application de la grille soufflée à quelques cas particuliers.

Tannée. — Les caractéristiques de ce combustible ont été données page 83. Le

pouvoir calorifique étant de 1.300 à 1.400 calories, il faut prévoir une grille largement dimensionnée.

Le foyer mécanique système **Babcock et Wilcox** pour tannée comporte un chariot normal à trois compartiments et une trémie spéciale à parois verticales, beaucoup plus grande que celle employée ordinairement.

L'avant-foyer et la voûte d'allumage sont disposés de telle sorte que le séchage du combustible se fait très rapidement dès la porte de foyer, ce qui permet un allumage rapide.

La porte de foyer spéciale est à très longue course, on peut donc marcher en couches épaisses ce qui est indispensable pour pouvoir brûler une grande quantité de tannée pour une surface de grille.

Tourbe. — La disposition du foyer destiné à brûler de la tourbe est sensiblement la même que pour la tannée. Il est inutile néanmoins de prévoir une voûte d'allumage spéciale, la voûte gazogène étant suffisante pour allumer la tourbe dès qu'elle a dépassé la porte de foyer.

Coques d'arachides. — Les coques d'arachides sont caractérisées par ce fait qu'elles occupent un volume considérable pour un faible poids. La grille spéciale **Babcock et Wilcox** (fig. 134) permet de tasser les coques à la sortie de la trémie pour en diminuer le volume. Cette grille est constituée par un chariot ordinaire à trois compartiments ; à l'entrée de la trémie, un piston actionné par le mécanisme de la grille comprime à chaque course un volume déterminé de coques et le distribue sur le brin supérieur de la chaîne sans fin, où il est entraîné par le mouvement même de la grille.

Étant donnée la grande quantité d'huile

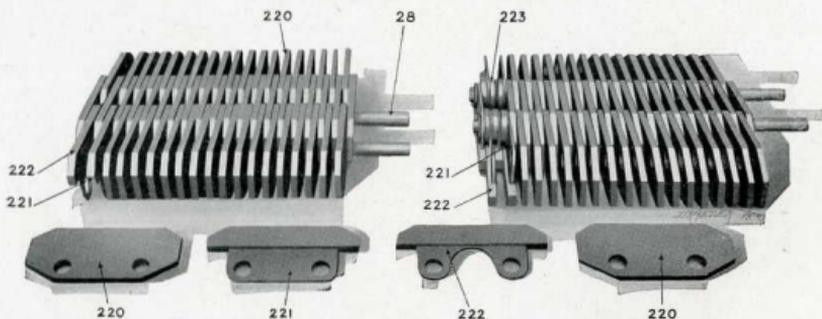


Fig. 133. — Barreaux en fer.

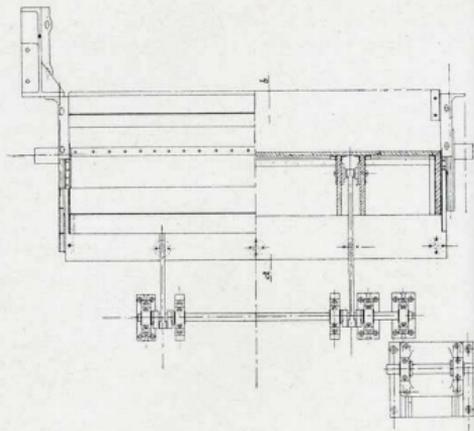
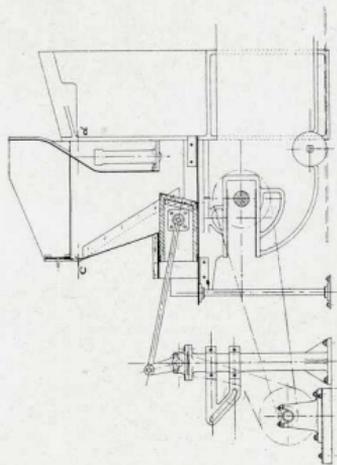
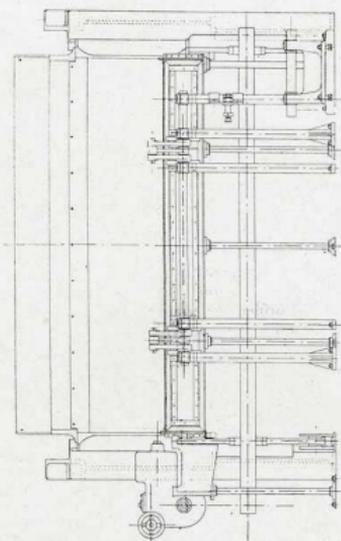


Fig. 134. — Grille mécanique permettant de brûler les coques d'arachides.
Installations réalisées à l'Usine de Marseille des *Huileries Vernické* pour brûler les coques
d'arachides et à l'Usine de Croix Wasquehal (Nord) de la *Compagnie internationale des*
Machines agricoles, pour brûler des déchets de scierie et de ficelles.



contenue dans les coques, l'allumage se fait au ras de la porte de foyer. Il est donc inutile de souffler dans le caisson avant. Un léger soufflage dans le deuxième caisson désagrège les paquets de coques tassés par le piston et permet de brûler les particules de combustible sans entraînement dans le cendrier et dans la chaudière.

Ce foyer a le grand avantage de pouvoir passer presque instantanément de la chauffe aux coques à la chauffe au charbon quand l'approvisionnement de coques d'arachides vient à manquer.

Déchets de ficelles. — Le foyer mécanique que nous avons réalisé pour brûler les déchets de ficelles mélangés à des copeaux de bois a été conçu sur le même principe que celui du foyer à coques.

Le chariot possède trois compartiments et un piston de la même largeur que la trémie assure le tassement de la matière avant son

introduction sur le brin supérieur de la grille. Le problème était cependant plus complexe, car les déchets de ficelles huilés ont un pouvoir calorifique assez élevé et ils brûlent plus rapidement que les copeaux. Pour permettre une plus grande souplesse, le piston n'est plus actionné par le mécanisme de la grille, mais par un mécanisme spécial qui lui assure un mouvement autonome.

La trémie de chargement a été agrandie et les parois verticales permettent une descente régulière de mélange ou des combustibles séparés. Le coefficient de compression des déchets de ficelles et des copeaux n'étant pas le même, un dispositif spécial de sécurité évite toute rupture des organes assurant le tassement du combustible. La disposition des pièces de commande du piston est telle que le passage de la marche aux déchets à la marche au charbon se fait aussi rapidement que dans le foyer à coques.

LE TIRAGE

Un groupe générateur de vapeur n'est en communication avec l'air extérieur que par deux orifices : l'un est la porte de cendrier permettant l'arrivée de l'air nécessaire à la combustion ; l'autre, la cheminée servant à déverser dans les hautes couches de l'atmosphère les gaz de la combustion plus ou moins chargés de poussières et de produits nocifs. Ce phénomène de déplacement des gaz à travers les récepteurs s'appelle le tirage.

Si, en un point quelconque du parcours, on fait une prise de gaz et qu'on la relie à un manomètre à eau, on constate une différence de niveau d entre les deux plans d'eau ; la mesure de d est la mesure du tirage. Cette dénivellation est le signe d'une différence d'énergie des gaz entre les deux orifices d'entrée et de sortie ; c'est à la faveur de cette différence d'énergie que s'accomplit le mouvement des gaz à travers les récepteurs.

Si, pour obtenir la dépression nécessaire, l'on a uniquement recours à la différence de poids spécifique entre l'air froid entrant et les fumées chaudes sortant de la chaudière, on réalise le tirage naturel.

Si, au contraire, on a recours à l'emploi de ventilateurs ou d'injecteurs, le tirage est dit forcé.

Tirage naturel.

Calcul de la hauteur. — La dépression « théorique » d pour une cheminée de hauteur H est égale à la différence de poids d'une colonne d'air froid de hauteur H à la température t et d'une colonne de gaz chauds de même hauteur à la température T .

$$d = H \left(\frac{\pi}{1 + \alpha t} - \frac{\pi}{1 + \alpha T} \right)$$

dans laquelle :

d est la dépression à obtenir en millimètres d'eau ;

H est la hauteur de la cheminée en mètres ;

T est la température moyenne des fumées dans la cheminée ;

t est la température moyenne extérieure ;

π est le poids spécifique de l'air et des gaz à 0° et sous 760 millimètres, soit environ 1,29 kg./m. c.

Cette formule ne fait entrer en ligne de compte ni la variation de température des gaz ni les pertes de charge dans la cheminée. Elle ne convient donc qu'aux calculs approchés.

L'abaque (fig. 135 et 136) établi suivant

cette formule permet de déterminer rapidement la hauteur minima d'une cheminée en fonction de la température des fumées et de la dépression à assurer.

Pour les hauteurs de l'ordre de 50 mètres, l'expression exacte, la plus conforme aux résultats de l'expérience, est la suivante :

$$(1) \quad d = \frac{1}{30} P \left(\frac{1}{t} - \frac{1,04}{T} \right) H$$

pour les cheminées en briques, et :

$$(2) \quad d = \frac{1}{30} P \left(\frac{1}{t} - \frac{1,06}{T} \right) H$$

pour les cheminées en béton armé.

On trouvera la démonstration de cette formule ainsi que de celles qui vont suivre dans le cours de physique industrielle, professé par M. Roszak, à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures.

Dans cette expression :

d est la dépression à obtenir en millimètres d'eau ;

H la hauteur de la cheminée en mètres ;

P la pression atmosphérique en kilogrammes par mètre carré ;

t la température absolue de l'air, supposée constante le long de la cheminée ;

T , la température absolue des fumées au pied de la cheminée.

Les formules précédentes semblent indiquer que la dépression est proportionnelle à la hauteur de la cheminée, alors que l'expérience montre que le tirage cesse de croître quand la hauteur dépasse une certaine limite. Cela tient au fait que H entre implicitement dans le coefficient 1,04 ou 1,06, valable seulement pour une hauteur de cheminée moyenne.

Vitesse des gaz. — La vitesse des gaz à la base de la cheminée V_b , est donnée par l'expression :

$$(3) \quad V_b = \sqrt{\frac{2g}{p} \frac{R}{T_m} d - z}$$

dans laquelle :

g est l'accélération de la pesanteur ;

R , la constante des gaz parfaits ;

p , la pression sous la grille (pression atmosphérique dans le cas du tirage naturel) ;

T_m , la température absolue moyenne des gaz entre le foyer et l'extrémité des carneaux que l'on prendra égale à la moyenne

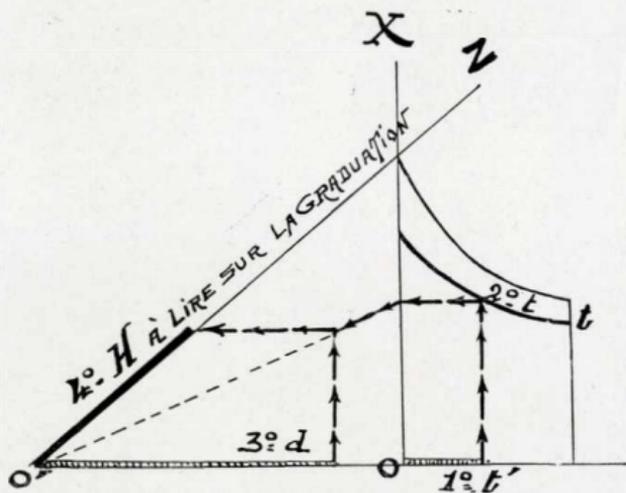


Fig. 136. — Marche à suivre pour déterminer la hauteur H d'une cheminée d'après l'abaque fig. 135.

En tablant sur des gaz à t' et une température ambiante t , on commence par chercher au bas du tableau de droite (fig. 135 et 136) le chiffre t' qui correspond à la température des gaz ; on remonte alors la verticale t' jusqu'à son croisement avec la courbe correspondante à la température ambiante t . On suit alors, et jusqu'à ce qu'elle rencontre le bord droit du tableau de gauche, la ligne horizontale partant de ce point de croisement. On joint ce point de rencontre au sommet du tableau de gauche.

On cherche sur la ligne inférieure du tableau de gauche le chiffre d qui correspond à la dépression que l'on veut obtenir. On remonte alors la verticale d jusqu'à son croisement avec la ligne que joint le sommet du tableau de gauche au point de rencontre précédemment trouvé. On suit l'horizontale correspondante à ce croisement jusqu'à sa rencontre avec la ligne des hauteurs, ce qui donne la hauteur H de la cheminée.



géométrique des températures absolues dans le foyer et à l'extrémité des carneaux ;
 d, la dépression entre le cendrier et l'extrémité des carneaux ;

z, l'altitude de l'extrémité des carneaux par rapport au plan de grille ;

ξ le coefficient de perte de charge entre le cendrier et l'extrémité des carneaux, égal en moyenne à 30 ;

ψ , le rapport du carré des vitesses à l'entrée du foyer et au pied de la cheminée (coefficient négligeable en général).

La vitesse au sommet, V_s , résulte de la condition de continuïté du débit qui se réduit à :

$$\frac{S_s V_s}{T_s} = \frac{S_b V_b}{T_b}$$

où S_s est la section de la cheminée au sommet ;

S_b , la section à la base ;

T_s , la température absolue des gaz au sommet ;

T_b , la température absolue à la base.

On en déduit :

$$(3') \quad V_s = V_b \frac{S_b T_s}{S_s T_b}$$

Calcul de la section au sommet. —

Elle dépend de la valeur de V_b et de la quantité des fumées à évacuer. Elle est donnée par la condition évidente :

$$(4) \quad V_b S_b \frac{\pi}{z T_s} = Q(A + 1)$$

d'où :

$$(4) \quad S_b = \frac{Q(A + 1) z T_s}{V_b \pi}$$

dans laquelle :

Q est le poids de charbon brûlé par heure sur l'ensemble des chaudières desservies par la cheminée ;

A, le poids d'air introduit par kilogramme de charbon.

Une formule approchée, suffisante pour les cas moyens, est la suivante :

$$(5) \quad S_b = \frac{Q_1}{100 \sqrt{H}}$$

dans laquelle Q_1 est le poids de charbon à 7.000 calories brûlé sur l'ensemble des grilles desservies par la cheminée.

Application. — D'après ce qui précède pour calculer une cheminée, la dépression à obtenir étant déterminée ainsi qu'il est indiqué plus loin, on calcule H par l'une des formules 1 ou 2, puis V_b et V_s par les formules (3) et (3'), puis S_b par la formule (4) à la rigueur directement par la formule (5).

Il faudra vérifier que la vitesse au sommet donnée par 3' est supérieure à la composante verticale des plus forts vents plongeants, soit environ 2 m/s.

Soit, par exemple, à calculer une cheminée destinée à un groupe évaporatoire composé de chaudières de moyenne importance chauffées au moyen de 2.000 kilogrammes de fines grasses brûlées par heure sur des grilles automatiques non soufflées et de surchauffeurs et réchauffeurs d'eau, les gaz débouchant directement dans la cheminée, au niveau de la grille. Nous ferons :

$$\begin{aligned} z &= 0; & P &= p = 10\,333; \\ \theta &= 273 + 10; & T_1 &= 273 + 1\,300 \\ T_b &= 273 + 225^\circ; & d &= 25 \text{ mm.}; \\ R &= 29,4; & g &= 9,81; \\ I + \xi &= 30; & \psi &= 0; \end{aligned}$$

Il vient :

$$H = \frac{30 \times 25}{10\,333 \left(\frac{1}{283} - \frac{1,04}{498} \right)} = 51 \text{ mètres.}$$

$$T_m = \sqrt{1573 \times 498.}$$

$$S = 3,12 \text{ mètres carrés.}$$

$$V = 3,83 \text{ mètres par seconde.}$$

Remarques. — Si les pertes de charge sont trop fortes, ou si les gaz sont trop froids, on ne pourra établir une cheminée réalisant la dépression voulue. Il faut alors avoir recours au tirage mécanique.

Construction des carneaux et des cheminées. —

Les carneaux devront être bien proportionnés : s'ils sont trop grands, le courant de gaz se localise vers la voûte qui les limite à la partie supérieure ; s'ils sont trop exigus, ils créent des résistances et diminuent le tirage. Ils doivent être calculés par la même formule que celle précédemment établie pour la section de la cheminée avec une valeur appropriée de T. On forcera quelque peu la section fournie par le calcul afin de prévoir l'encombrement des suies à la partie inférieure.

En première approximation on pourra tabler sur une section de 20 décimètres carrés par 100 kilogrammes de charbon à brûler par heure.

L'épaisseur des maçonneries doit être largement calculée afin de protéger les conduites contre le refroidissement. On les placera de préférence dans le sol pour éviter le refroidissement dû à l'agitation de l'air et aux intempéries et aussi les rentrées d'air par les fissures qui pourraient éventuellement se produire. Pour les mêmes raisons, il est pru-

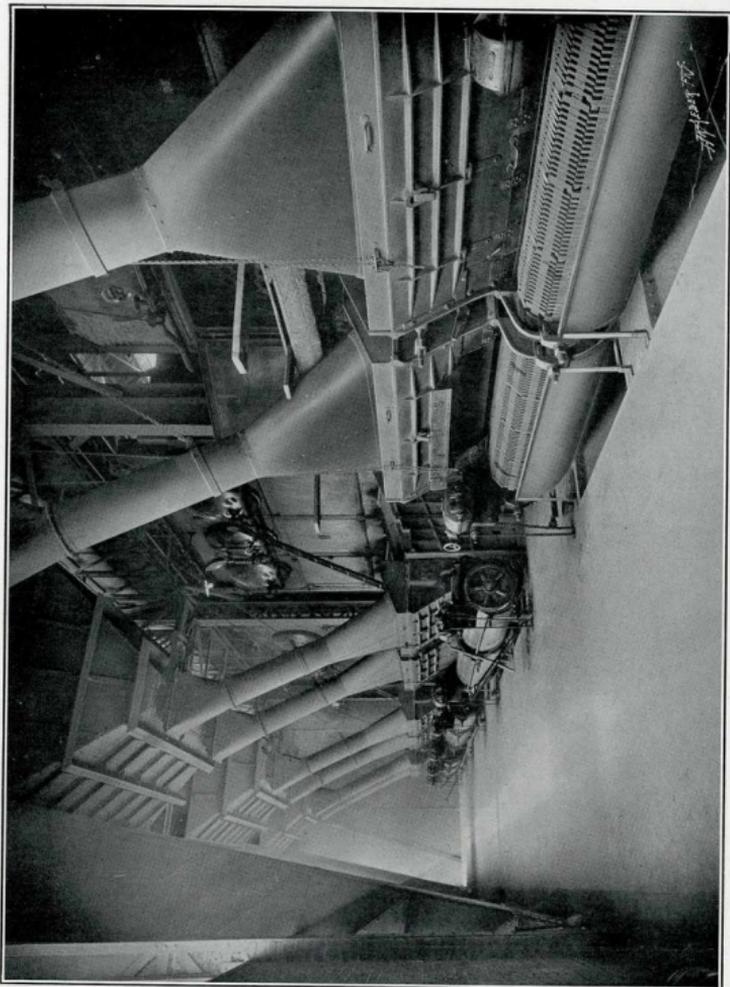


FIG. 137. — SOCIÉTÉ ANONYME DES HOUILLÈRES ET DU CHEMIN DE FER D'ÉPINAC. — Installations, aux Usines et à la Centrale Électrique Hottinguer, à Épinac-les-Mines (Saône-et-Loire), de 15 Chaudières **Babcock et Wilcox**, formant une surface totale de chauffe de 3 912 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Tuyauteries, Systèmes **Babcock et Wilcox**.
Vue de la nouvelle Chaudière de la Centrale Hottinguer.



dent de recouvrir l'extérieur des maçonneries d'une chape de ciment et de donner une pente aux carnaux pour éviter le séjour des eaux d'infiltration qui, par leur action refroidissante, seraient susceptibles de diminuer le tirage.

Il faudra enfin ménager dans les carnaux des portes de visite en fonte pour le nettoyage. Si les carnaux sont bâtis au-dessus du sol, on pourra disposer dans les piedroits des portes normalement obturées par de la maçonnerie légère que l'on démolit lors du nettoyage.

Les cheminées se font en briques, en béton armé ou en tôle, ce dernier matériau n'étant employé que pour des installations provisoires ou de peu d'importance.

Les cheminées en briques, très répandues, comportent en général plusieurs parties.

Les fondations doivent être l'objet de grands soins car en raison de la hauteur de la cheminée, la charge sur le sol est toujours importante ; il faut évidemment rechercher le bon sol ; s'il est trop profond ou si le terrain est compressible, on battra des pieux. Les fondations se montent en briques rouges bien cuites et très dures. Il ne faut pas oublier de prévoir une fosse pour l'accumulation des suies.

Le piédestal ou partie verticale qui sort du sol n'existe pas toujours ; quand il existe, on lui donne pour hauteur \sqrt{H} .

Le fût qui constitue la partie principale du conduit a la forme d'un tronç de cône ; on lui donne un fruit de 25 à 35 millimètres par mètre. L'épaisseur de sa paroi croît du sommet vers le bas : elle est en général de 22 centimètres au sommet mais on lui donne assez souvent 11 centimètres pour en diminuer le poids.

Le chapiteau couronne le fût et forme une saillie décorative et son poids joue un rôle dans la stabilité. On lui donne une hauteur égale au vingtième de celle de la cheminée.

Pour éviter l'infiltration de la pluie, on hourde les derniers mètres en ciment de Portland et on fait sur la section extrême un glacis en ciment ; parfois on place aussi une couronne de plomb ou de fonte.

La stabilité de la cheminée est déterminée par deux conditions :

1° La brique ne doit pas s'écraser sous la charge composante du poids et de l'action du vent ;

2° Elle ne doit pas se renverser sous l'action de ce dernier.

On admet une charge de 6 kilogrammes par centimètre carré pour la brique et 275 kilo-

grammes par mètre carré pour la pression maximum du vent, mais on ne table que sur les deux tiers de ce chiffre en raison de la forme circulaire de la section du fût.

Par précaution, on recommande que la composante du poids et de l'action du vent ne coupe pas le diamètre de la section envisagée plus loin du centre que la moitié du rayon.

Les cheminées en béton armé sont moins encombrantes à la base car on peut les construire entièrement cylindriques.

La construction s'exécute, comme pour tous les travaux en ciment armé, à l'aide de coffrages entre lesquels on place les armatures et dans lesquels on coule ensuite le béton. On a vu plus haut que la déperdition de chaleur était plus grande dans les cheminées en béton armé que dans les cheminées en briques en raison de leur plus faible épaisseur. Pour y parer, on prévoit souvent un matelas d'air sur la moitié de la hauteur.

On construit également des cheminées en béton armé à l'aide de claveaux préparés d'avance et de forme appropriée à la mise en place d'armatures de liaison. (Système Monnoyer.)

Les cheminées en tôle sont généralement montées sur piédestal en briques, la base étant reliée au piédestal par des boulons de scellement. Les tronçons du fût sont constitués par des viroles généralement rivées : une bride en cornière à chaque bout permet de les assembler entre elles.

Les cheminées doivent être haubannées, à moins que l'on ne prévoie une construction, beaucoup plus onéreuse, capable de résister aux actions du vent.

Il est bon, chaque année, de les gratter, de les nettoyer et de les repeindre pour éviter l'attaque par l'humidité et la suie. Néanmoins ces cheminées sont peu durables. La perte de chaleur est grande et le tirage amoindri.

Tirage mécanique.

On a vu plus haut que lorsque les pertes de charge étaient trop fortes ou que les fumées étaient trop refroidies, la cheminée ordinaire ne suffisait plus à assurer le tirage et qu'il fallait avoir recours au tirage mécanique.

On conçoit que le déplacement des fluides à travers le groupe générateur puisse être

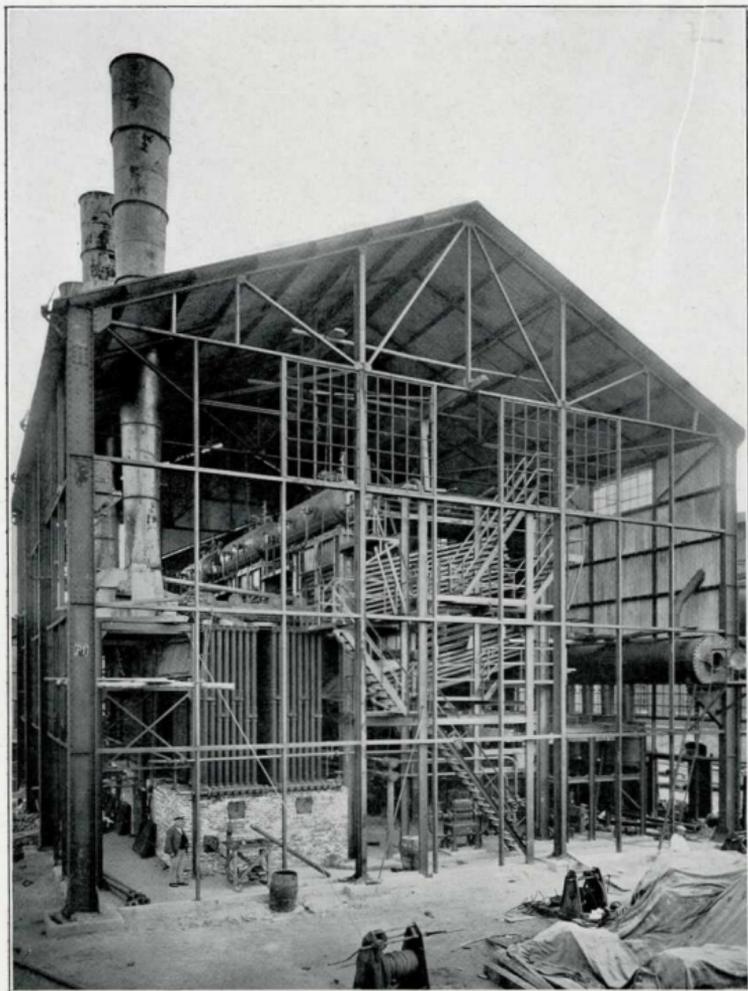


Fig. 138. — FORGES ET ACIÉRIES DE NORD ET LOIRRAINE. — Installation, aux Hauts Fourneaux d'Uckange (Moselle), de 9 Chaudières **Babcock et Wilcox**, formant une surface de chauffe totale de 4 040 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Économiseurs : Systèmes **Babcock et Wilcox**.
Vue prise en cours de montage. (Voir fig. 105 et 118.)



assuré de plusieurs manières, soit par compression d'air sous la grille : c'est le tirage soufflé ; soit par aspiration à la sortie : c'est le tirage aspiré ; ou encore par combinaison des deux modes de tirage précédents.

Tirage mécanique soufflé. — Dans les dispositifs rentrant dans cette catégorie, l'air est généralement refoulé sous la grille au moyen d'un ventilateur.

Il suffit dans la pratique de fournir à l'air débouchant sous la grille une pression suffisante pour vaincre les résistances de grille et celle de la couche de combustible. On ne peut en effet se dispenser d'avoir une cheminée : celle-ci créera une dépression à sa base : de sorte qu'une partie seulement des résistances du circuit gazeux sera au compte du compresseur d'air : la cheminée prendra le reste à sa charge.

Cette manière de faire permet de réaliser au-dessus de la grille la pression atmosphérique, ce qui évite toute rentrée d'air froid dans le foyer.

Il existe de nombreux types de foyers soufflés. La grille **Babcock et Wilcox** rentre dans cette catégorie.

Son principe consiste à introduire l'air sous pression sous la couche de combustible dans des caissons indépendants sur lesquels se déplace le brin supérieur de la chaîne sans fin. Il est donc possible de doser à volonté la quantité d'air fournie aux différents points de la grille et de réduire au minimum l'excès d'air introduit dans le foyer.

Tirage mécanique aspiré. — On peut opérer par brassage direct des fumées. La totalité des gaz de la combustion est aspirée par un ventilateur et refoulée dans l'atmosphère par l'intermédiaire d'une cheminée qui ajoute son tirage propre à celui créé par le ventilateur.

Ce système a fait ses preuves ; il consomme évidemment de l'énergie à titre onéreux et exige des appareils assez encombrants puisque la totalité des fumées passe dans le ventilateur. Il paraît surtout intéressant lorsque la dépression demandée est importante et l'allure de marche peu variable.

On opère aussi par éjection en utilisant la force vive d'un fluide gazeux préalablement comprimé pour mettre en mouvement les gaz à évacuer. Ce fluide pourra être de l'air froid, de la vapeur, ou mieux une fraction des gaz chauds à évacuer. Ce système porte le nom de *tirage induit*. La cheminée

est alors en tôle et on lui donne avantageusement la forme d'un diffuseur qui réduit au minimum l'énergie cinétique résiduelle

Systèmes mixtes. — Ces dispositifs dérivés des précédents assurent à la fois le soufflage de l'air dans le cendrier et l'aspiration des fumées. Ils permettent donc d'introduire la pression atmosphérique dans la chambre de combustion.

Nous citerons pour terminer, le tirage dit *équilibré* qui consiste à commander le ventilateur de soufflage par un moteur soumis à un régulateur fonctionnant à l'aide de la pression de la chaudière et proportionnant la quantité d'air introduite dans le foyer à l'allure de combustion.

Valeurs pratiques de d .

1^o **Traversée des grilles.** — Voici une formule empirique pour grilles ordinaires :

$$d_1 = \left(\frac{P}{100} \right)^2 + K.$$

P est le poids du combustible brûlé par mètre carré de grille et par heure.

K varie suivant la qualité du charbon.

- $K = 5$ pour des gaillettes et des grains.
- $K = 6$ pour du tout venant.
- $K = 7$ pour des fines.
- $K = 8$ pour du poussier.

Pour les foyers automatiques, prendre :

$$d_1 + 2 \text{ millimètres.}$$

2^o **Traversée des récepteurs.** — Traversée des chaudières $d_2 = 4$ à 9 millimètres suivant les types.

Traversée des surchauffeurs : = 2 millimètres.

Traversée des réchauffeurs d'eau : 3 à 20 millimètres suivant les types.

Traversée des réchauffeurs d'air : 10 à 12 millimètres.

3^o **Traversée des carneaux.** — a . Résistance des carneaux :

$$d_3 = 4 \text{ mm. pour 50 mètres de carneaux droits.}$$

On peut encore la calculer par la formule

$$d_3 = \mu \frac{L \cdot x}{s} = \frac{V^2}{2g}$$

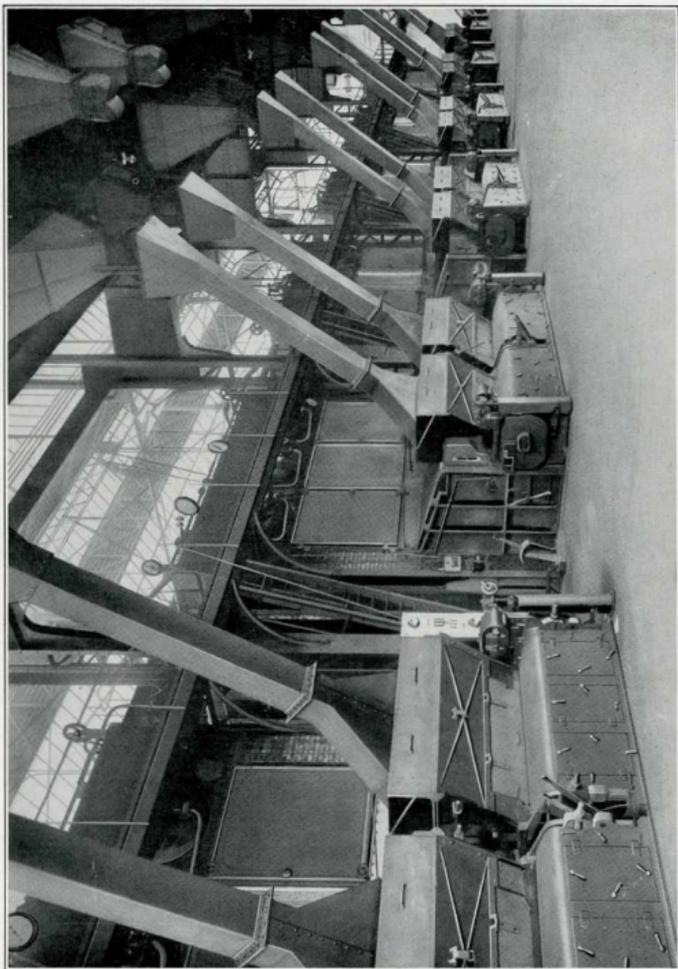


Fig. 139. — SOCIÉTÉ ANONYME D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DU SUD-OUEST. — Installation, à la Centrale Électrique de Floirac (Gironde), de 9 Chaudières Babcock et Wilcox, formant une surface totale de chauffe de 5010 mètres carrés, avec Surchauffeurs, Grilles mécaniques et Economiseurs, Tuyauteries ; Systèmes Babcock et Wilcox.



ou :

- x est le périmètre du carneau.
- L est la longueur développée du carneau.
- S est la section du carneau.
- $\mu = 0,020$ pour les conduits maçonnés.

b. Résistance due aux coudes. Pour chaque coude brusque à 90° , compter 1 millimètre ou encore se servir de la formule :

$$d'_a = \mu' \pi \frac{V^2}{2g}$$

dans laquelle on prendra pour μ' les valeurs suivantes :

α :	20°	40°	45°	60°	80°	90°
μ' :	0,046	0,139	0,188	0,364	0,740	0,984.

si le coude est arrondi r étant le rayon de courbure, et D le diamètre de la section ronde ou le côté de la section carrée, d'après Weissbach :

μ :	$\frac{D}{r}$:	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	Section ronde :	0,131	0,138	0,158	0,206	0,294.
	Section carrée :	0,124	0,135	0,180	0,250	0,398.

c. Changement de section.

$$d'_a = \mu'' \pi \frac{V^2}{2g}$$

α — pour un rétrécissement brusque d'une section circulaire de diamètre D à une section circulaire de diamètre d :

$\mu'' \frac{d}{D}$:	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
	0,024	0,033	0,042	0,047	0,052	0,059	0,068.

Si le rétrécissement est progressif, μ'' s'annule pour un cône dont l'angle au sommet est au plus égal à 30° .

β — pour élargissement brusque de s à S :

$$\mu'' = \left(\frac{S}{s} - 1 \right)^2$$

μ'' est négligeable si l'élargissement est progressif et s'annule si l'angle est inférieur à 7 degrés.

d. Traversée des registres :

$$d_s'' = \mu''' \pi \frac{V^2}{2g}$$

avec :

$$\mu''' = \left(\frac{S}{0,62s} - 1 \right)^2$$

Conseils pour guider sur le choix du mode de tirage. — Les lignites, les charbons gras et demi-gras brûlent sur les grilles sans qu'il soit nécessaire de les souffler. Une dépression de 15 à 20 millimètres au registre des chaudières facilement réalisable avec le tirage naturel suffit pour en brûler de 75 à 100 kilogrammes par mètre carré.

Les charbons maigres et anthraciteux, les coques exigent seuls le soufflage.

Il y a cependant intérêt à souffler tous les combustibles même ceux dont la richesse en hydrogène permet l'inflammation facile. L'intérêt du soufflage réside en effet dans la possibilité de doser avec précision la quantité d'air à introduire aux différents points de la grille et de maintenir la pression atmosphérique dans la chambre de combustion : c'est en effet à travers la surface de chauffe directe que se fait l'échange de chaleur le plus intense entre le foyer et le récepteur, il y a intérêt à éviter à cet endroit toute rentrée d'air froid ; la dépense de force motrice pour le soufflage est d'ailleurs bien inférieure à la perte due aux rentrées d'air.

Les résistances à partir de la chambre de combustion jusqu'à la chaudière seront au compte du tirage aspiré ; celui-ci pourra être naturel ou mécanique.

Il y a lieu de signaler enfin que la cheminée à tirage naturel peut être combinée avec le tirage forcé. Calculée pour le régime normal, elle sera chargée d'évacuer à elle seule les gaz produits en régime normal ; aux périodes de pointes, un secours lui sera apporté par un ventilateur d'accélération de tirage. La consommation de force motrice n'aura lieu que pendant les pointes et on jouira des avantages du tirage naturel pendant la majeure partie de l'exploitation.

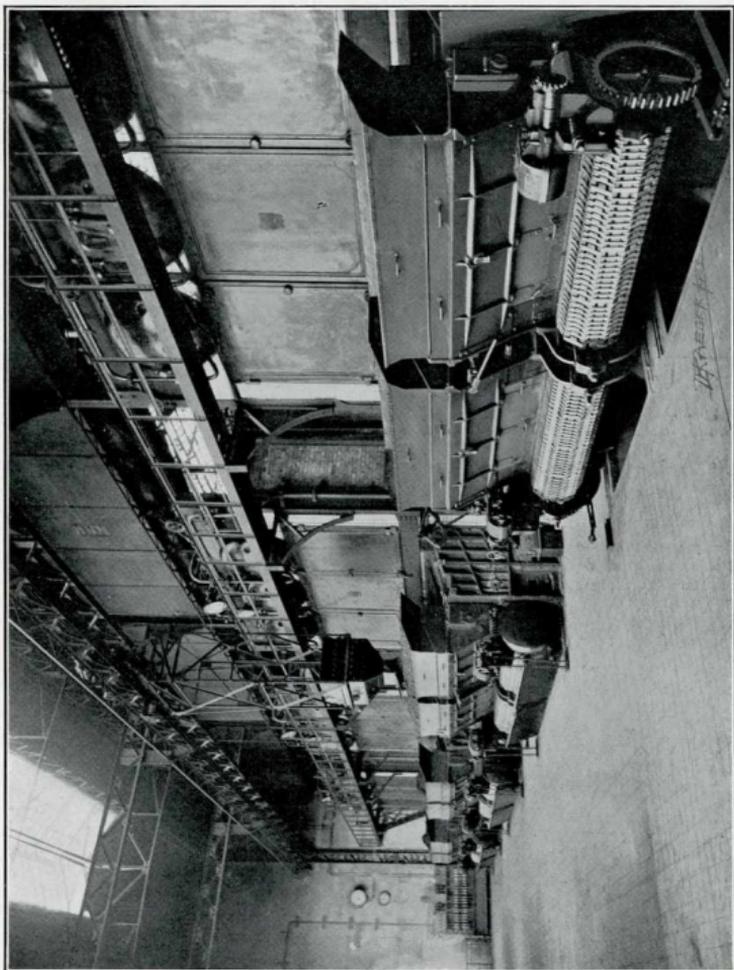


Fig. 140. — ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DE MEUSE ET MARNE. — Installation, à la Centrale Électrique de Saint-Dizier (Haute-Marne), de 12 Chaudières Babcock et Wilcox, formant une surface totale de chauffe de 5 100 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques ; Systèmes Babcock et Wilcox.

NOTES SUR L'ANALYSE DES GAZ S'ÉCHAPPANT D'UNE CHEMINÉE

Les principaux éléments constitutifs des gaz qui s'échappent des cheminées d'une chaudière sont :

1^o L'oxygène représenté généralement par le symbole O ;

2^o L'azote représenté généralement par le symbole Az ;

3^o L'acide carbonique représenté généralement par le symbole CO² ;

4^o L'oxyde de carbone représenté généralement par le symbole CO.

L'objet d'une analyse de ces gaz est de déterminer la quantité pour cent de chacun de ces gaz et d'en déduire la quantité d'air qui entre dans la chaudière par rapport à celle qui, théoriquement, serait nécessaire à la combustion si tout l'air qui passe à travers les grilles pouvait être amené en contact tellement intime avec le charbon que chaque atome d'oxygène qu'il contient puisse être utilisé à la combustion. Les gaz d'échappement ne se composeraient alors que d'acide carbonique et d'azote, autrement dit chaque atome de carbone du combustible se combinerait avec deux atomes de l'oxygène contenu dans l'air en produisant l'acide carbonique, et l'azote traverserait sans altération la couche de charbon.

Ce résultat est cependant impossible à obtenir à moins qu'on ne fasse passer un excès d'air ; le carbone ne sera pas complètement brûlé, et il se formera, au lieu d'acide carbonique, de l'oxyde de carbone, c'est-à-dire la combinaison d'un atome d'oxygène avec un atome de carbone. La formation de cet oxyde de carbone est une cause de très grande perte de chaleur et on doit l'éviter. On y arrive par l'admission d'une petite quantité d'air en excès. L'excès d'oxygène nécessaire est généralement de 6 à 8 p. 100 du volume des gaz ; s'il y a moins de 6 p. 100 d'oxygène on peut être presque certain qu'il se formera des traces d'oxyde de carbone.

L'appareil d'Orsat permet de faire connaître par mesure directe la quantité d'oxygène, d'acide carbonique et d'oxyde de carbone. Le reste est considéré comme étant de l'azote, bien qu'il contienne encore d'autres gaz, mais en très petite quantité.

Appareil d'Orsat.

L'appareil dont on donne ci-dessous la description et le mode d'emploi se compose essentiellement de trois organes bien distincts : 1^o un aspirateur du gaz servant à mesurer son volume au début de l'expérience et après son traitement par chaque réactif ; 2^o une série de trois laboratoires dans lesquels s'effectue l'absorption de chaque gaz par un réactif particulier ; 3^o une petite pompe aspirante, qui a pour objet de purger la conduite mettant en communication l'appareil avec la source des gaz à analyser.

Ces trois organes sont reliés entre eux au moyen de tubes et de robinets, comme le représente la figure 142.

G est un flacon renfermant de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique (10 p. 100), qui lui enlève la propriété de dissoudre l'acide carbonique. Il communique au moyen d'un tube en caoutchouc L, avec la partie inférieure du mesureur M, qui est lui-même renfermé dans un manchon de verre rempli d'eau, pour maintenir la température constante. L'extrémité supérieure du mesureur est reliée à un tube horizontal T, en verre, portant un robinet R, ainsi que les trois tubulures verticales munies de robinets, i, j, k. Ces tubulures sont reliées par des tubes de caoutchouc aux extrémités supérieures des pièces de verre A, B, C, nommées *laboratoires*, tandis que leurs prolongements inférieurs plongent dans les liquides que contiennent les flacons D, E, F. Tous les joints des diverses parties de l'appareil sont rendus hermétiques au moyen de ligatures en fil d'archal ; les ouvertures d, e, f des flacons sont fermées par des bouchons de caoutchouc.

L'appareil est mis en communication avec l'espace contenant les gaz à analyser par l'intermédiaire d'un tube en caoutchouc, qui se fixe à l'extrémité du tube de verre V. Enfin, un aspirateur communiquant avec le tube de verre par le robinet r, permet d'extraire l'air de la conduite.

Les liquides renfermés dans les flacons D, E, F sont introduits par les tubulures d, e, f. Il est inutile de dire que ces réactifs doivent être appropriés à la nature des gaz que l'on veut doser.

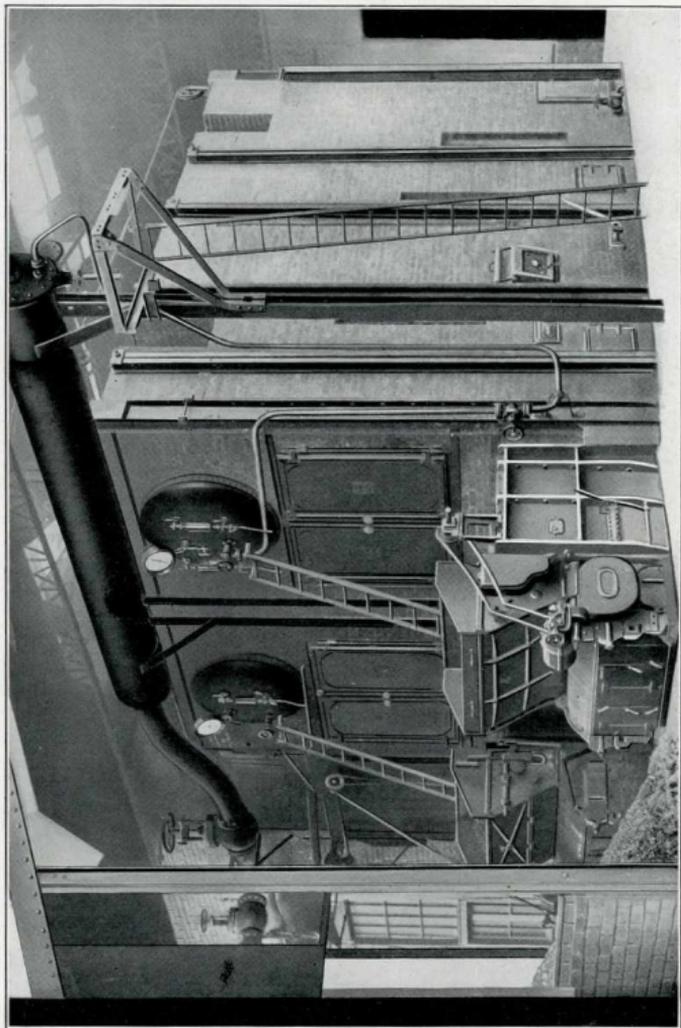


FIG. 141. — COMPAGNIE DES MINES, Fonderies et Forges d'Alais. — Installations, aux Usines de Tamaris et de Besseges (Card), et aux Mines de Tréllys (Card) de 29 Chainillères **Babcock et Wilcox**, formant une surface totale de chauffe de 5 738 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Tuyauteries : Systèmes **Babcock et Wilcox**. Surchauffeurs indépendants : Système **Babcock et Wilcox**. — Installation à Tamaris (Card).

Dans l'étude des foyers industriels, par exemple, on se préoccupe de connaître les proportions de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone et de l'oxygène. On fait usage d'une lessive de soude comme absorbant de l'acide carbonique, d'une dissolution de pyrogallate de potasse pour absorber l'oxygène, et d'une solution de protochlorure de cuivre ammoniacal pour séparer l'oxyde de carbone.

Les laboratoires A et B renferment un grand nombre de tubes de verre mouillés par les dissolutions, afin de multiplier l'étendue des surfaces de contact des réactifs et des gaz, et de hâter autant que possible l'absorption de ces derniers.

Le laboratoire C contient un rouleau de toile de cuivre rouge qui, en se dissolvant dans le chlorhydrate d'ammoniaque, donne lieu à la production du protochlorure de cuivre et à la régénération de ce réactif. Le pyrogallate de potasse et le chlorure de cuivre ammoniacal absorbant l'oxygène, il ne faut pas laisser ces produits en contact avec l'air qui remplit les flacons E, F. Dans ce but, on recouvre les liquides d'une couche de 1 centimètre environ d'épaisseur d'huile de pétrole. Mais il faut éviter, dans les manipulations, d'en faire passer dans les cloches à absorption.

Voici maintenant comment on procède à une analyse. Le robinet R étant ouvert de façon à mettre l'appareil en communication avec l'atmosphère, on élève le flacon G. L'eau acidulée vient remplir le mesureur en chassant l'air qui s'y trouve. On ferme alors les robinets R, *i* et *j*, ou ouvre le robinet *k* et l'on enlève le bouchon *f*. En abaissant le flacon G, on produit une aspiration de l'air contenu dans le laboratoire C, qui se remplit du liquide contenu dans le flacon F. On amène

le niveau du liquide jusqu'au trait de repère gravé sur le tube étroit qui surmonte le laboratoire, puis on ferme le robinet *k*. On ouvre ensuite le robinet R et, en élevant l'aspirateur, on emplit de nouveau le mesureur; puis, refermant le robinet R, on ouvre *j*, on retire *e*, et l'on aspire dans le laboratoire B le liquide du flacon E. En répétant une troi-

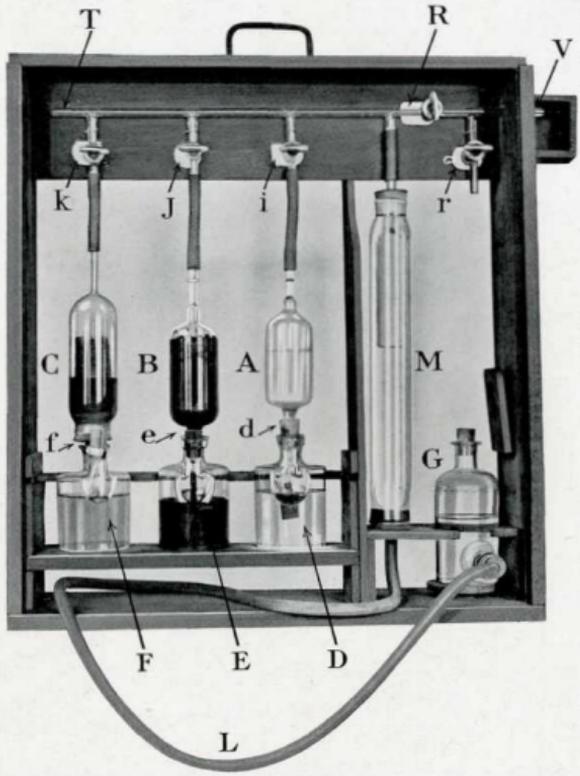


Fig. 142.

sième fois les mêmes manœuvres, on fait passer le liquide du flacon D dans le laboratoire A.

On ouvre de nouveau le robinet R, puis on élève l'aspirateur G, de manière à remplir le mesureur jusqu'au trait supérieur marquant l'origine de la graduation; on referme le robinet R, puis on établit par la tubulure V, comme l'indique le dessin, la communication de l'appareil avec l'espace contenant le gaz à analyser. On ouvre le robinet *r* et, faisant

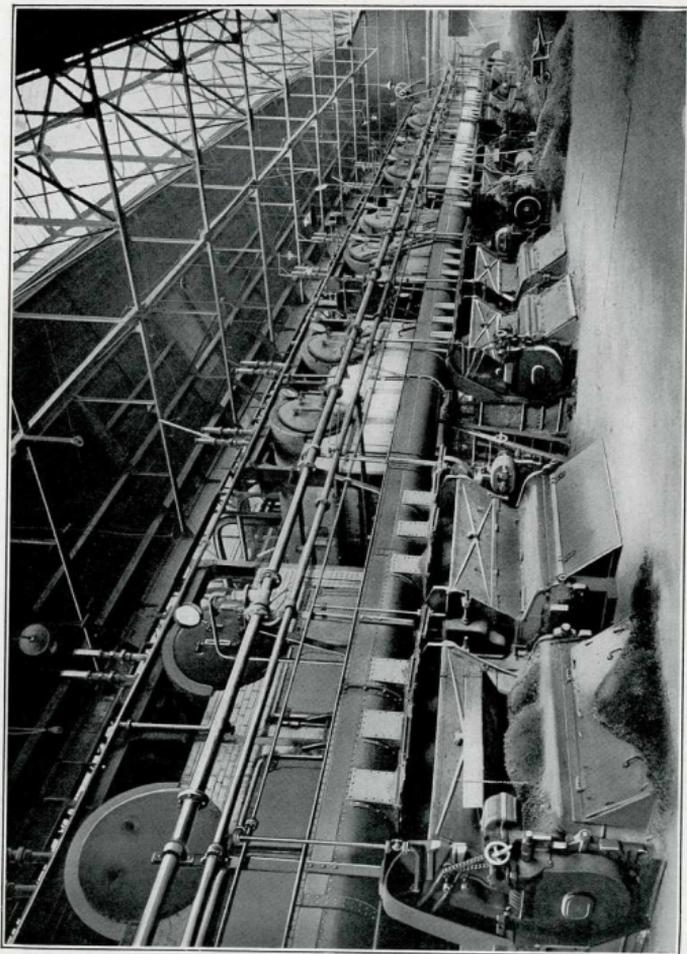


FIG. 143. — SOCIÉTÉ DES USINES CHIMIQUES RIONNE-POULENC. — Installations, aux Usines du Péage-de-Roussillon (Isère), Saint-Fons (Rhône), Sao Bernardo (Brésil), Vitry-sur-Seine (Seine), et le Pourzin (Ardèche), de 27 Chaudières **Babcock et Wilcox**, formant une surface totale de chauffe de 5 781 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Tuyauteries : Systèmes **Babcock et Wilcox**.
Vue de 12 Chaudières **Babcock et Wilcox**, installées à l'Usine du Péage-du-Roussillon (Isère).

fonctionner la pompe, on aspire dans le tube V, que l'on purge ainsi de l'air ou des gaz provenant d'une opération précédente. Après quelques instants, on est certain que la conduite V est entièrement remplie par les gaz à analyser ; on ferme alors le robinet r et l'on ouvre R, de manière à faire communiquer les tubes T et V et à isoler la pompe. L'eau s'écoule dans l'aspirateur pendant que le tube mesureur se remplit de gaz, et lorsqu'elle est revenue au même niveau de part et d'autre, on ferme le robinet R pour séparer l'appareil de la conduite et de la pompe, puis on s'assure que le volume du gaz sur lequel va porter l'analyse occupe bien 100 parties du tube M.

On ouvre le robinet i et on élève le flacon G ; l'eau chasse le gaz dans le laboratoire A, qui renferme une lessive de soude. Le faisceau de tubes de verre multipliant les points de contact, l'acide carbonique est absorbé ; on abaisse l'aspirateur, le gaz revient dans le mesureur et le laboratoire A se remplit de lessive : on ramène celle-ci jusqu'au trait de repère, puis on ferme le robinet i. On place le flacon G de manière que l'eau y soit au même niveau que dans le mesureur, afin que le gaz se trouve à la pression atmosphérique ; on lit alors le volume occupé et la différence entre la lecture faite avant l'absorption et celle que l'on a faite après donne le volume du gaz carbonique qui a été retenu par la soude.

On ouvre le robinet j, et, en opérant de la même manière dans le laboratoire B, qui renferme une dissolution de pyrogallate de potasse, on trouve le volume de l'oxygène absorbé.

Enfin, on répète les mêmes manipulations dans le laboratoire C, qui est rempli d'une solution de protochlorure de cuivre ammoniacal, et l'on obtient de la même manière le volume de l'oxyde de carbone. S'il reste, après ces trois absorptions, du gaz non dissous, son volume représente l'azote qui ne pouvait être retenu par aucun des réactifs précédents.

Pour que les absorptions soient complètes, il est indispensable de laver plusieurs fois les gaz dans chaque laboratoire. On ne passe d'un dosage à l'autre que si deux lectures consécutives sont identiques.

La lessive de soude qui doit être employée dans l'appareil pèse 36° B. L'absorption de l'acide carbonique est d'autant plus rapide que la concentration de la lessive est plus grande : il faut donc remplacer le liquide du flacon D quand la réaction devient trop lente, c'est-à-dire lorsque la plus grande partie de l'alcali a été transformée en carbonate.

La dissolution de potasse est à la même concentration que celle de soude. *Il convient de n'ajouter l'acide pyrogallique qu'au moment de l'expérience, en proportionnant la quantité au volume d'oxygène à absorber.*

Le protochlorure de cuivre ammoniacal est obtenu en dissolvant de la toile de cuivre dans une solution de sel ammoniac contenant un tiers d'ammoniaque à 22° B.

Le protochlorure de cuivre jouit de la propriété d'absorber également l'oxygène. Pour que la dernière réaction indiquée représente exactement l'oxyde de carbone, il est donc nécessaire qu'il ne reste pas d'oxygène non absorbé par le pyrogallate de potasse. Ce même réactif a aussi la propriété d'absorber les hydrogènes carbonés de la formule $C^n H^{2n}$: éthylène, propylène, butylène.

La régénération du protochlorure de cuivre ammoniacal étant assez lente, il y a quelquefois avantage à remplacer ce produit par le protochlorure acide, qui peut également absorber l'oxyde de carbone.

Nous signalerons seulement, pour terminer, qu'il existe des analyseurs automatiques d'acide carbonique basés, les uns sur le même principe que l'appareil d'Orsat, les autres sur la variation de conductibilité électrique ; quelques-uns sont combinés avec des dispositions permettant de déclencher l'oxyde de carbone.

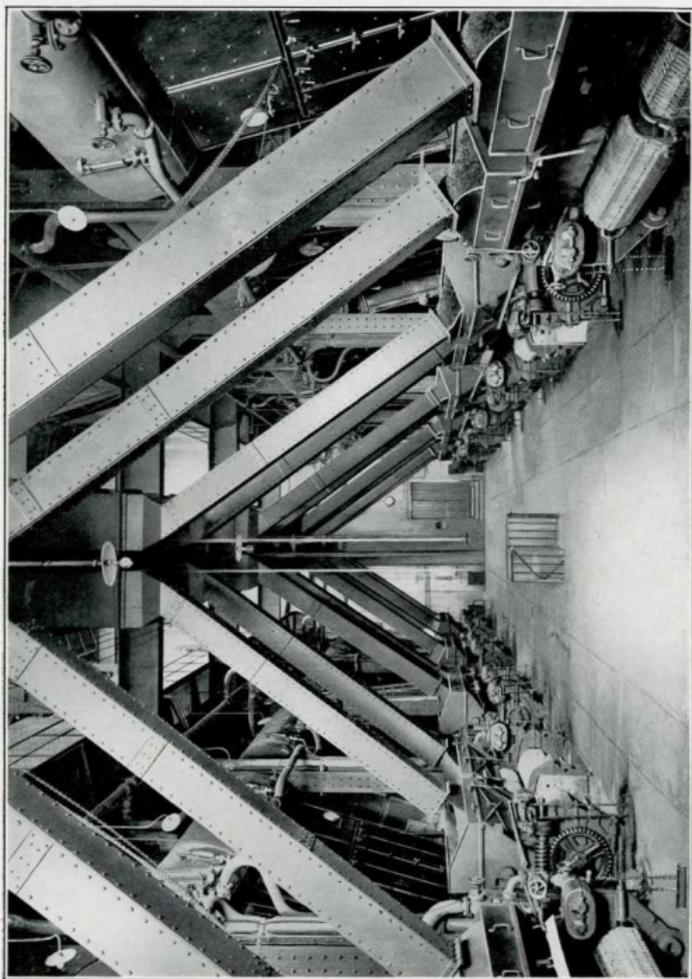


Fig. 144. — SOCIÉTÉ LYONNAISE DES FORCES MOTRICES DU RHÔNE. — Installation, à l'usine de Cusset (Rhône), de 18 Chaudières Babcock et Wilcox, formant une surface totale de chauffe de 5 975 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Tuyauteries : Systèmes Babcock et Wilcox.

Utilisation de la vapeur d'eau à haute pression

La rareté et le renchérissement des combustibles qui se sont faits sentir dans ces dernières années ont rendu nécessaire la recherche d'améliorations dans la production de la force motrice et du chauffage. Il n'est pas de pays où les industriels ne travaillent très activement à réduire au minimum leur consommation de charbon. Parmi ces applications une des plus importantes est sans contredit la production de la force motrice au moyen de la vapeur d'eau, qui est et restera encore longtemps la source d'énergie la plus économique et la plus sûre.

Les premiers efforts portèrent sur l'amélioration des turbines et sur la récupération de plus en plus poussée des chaleurs perdues s'échappant des générateurs de vapeur : de là, l'emploi des économiseurs et celui, plus récent, des réchauffeurs d'eau et d'air. Certaines industries, utilisant de grandes quantités de vapeur à basse pression pour des besoins divers, chauffage, séchage, etc., ont réalisé des installations leur procurant en outre, gratuitement ou presque, toute la force motrice dont elles ont besoin, mais c'est surtout dans les Centrales thermiques d'une certaine importance que les progrès ont été les plus grands, grâce à l'emploi de hautes pressions et de dispositifs spéciaux qui contribuent puissamment à élever le rendement global de ces installations.

Pour apprécier le bénéfice que peuvent procurer ces dispositifs récents, il est nécessaire de connaître le cycle suivant lequel la vapeur d'eau est produite et travaille : c'est pourquoi nous allons en dire un mot.

Cycle de Rankine. — Rappelons que dans ce diagramme on porte en ordonnées les températures comptées à partir du zéro absolu et en abscisses les entropies ; une détente avec travail est représentée par une droite verticale.

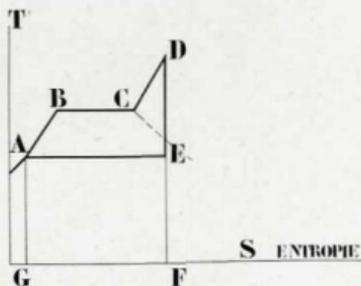


Fig. 145.

Le cycle de Rankine, le seul employé généralement jusqu'ici, est figuré par la courbe ABCDEA (fig. 145). Son rendement théorique est égal au rapport :

$$\frac{\text{aire } ABCDEA}{\text{aire } ABCDFGA}$$

Cycle à résurchauffe. — La vapeur qui se détend dans une turbine baisse rapidement de température et se charge d'humidité surtout quand la pression initiale est élevée.

Dans le cycle considéré, on résurchauffe la vapeur détendue avant son point de satu-

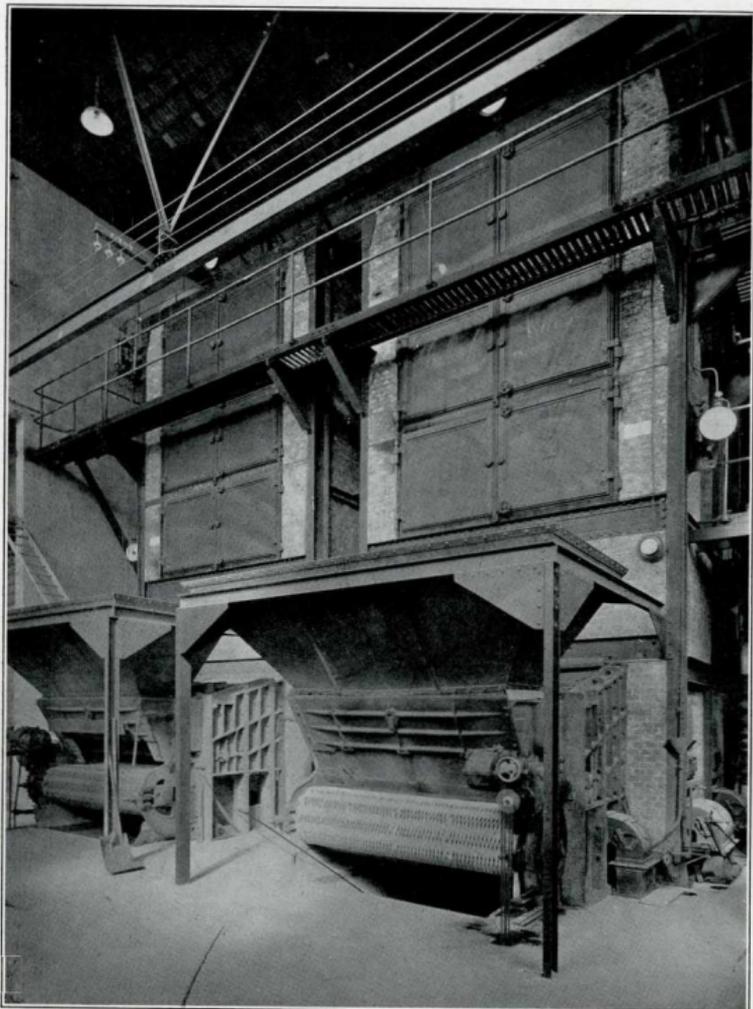


Fig. 146. — COMPAGNIE GÉNÉRALE DES HUILES DE PÉTROLE. — Installation, à l'usine de Courchelettes (Nord), de 3 Chaudières à haute pression **Babcock et Wilcox**, formant une surface totale de chauffe de 780 mètres carrés, avec Surchauffeurs, Grilles mécaniques et Economiseurs, Tuyauteries et Transporteurs mécaniques : Systèmes **Babcock et Wilcox**.

ration, puis on la laisse se détendre à nouveau jusqu'à la pression du condenseur. Le gain thermique procuré par cette résurchauffe est théoriquement assez faible puisque le rendement du cycle devient (fig. 147) :

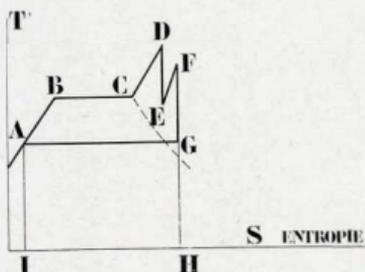


Fig. 147.

$$\frac{\text{aire } ABCDEFGA}{\text{aire } ABCDEFGHIA}$$

Pratiquement elle permet de prolonger la détente en vapeur surchauffée en donnant la possibilité de ne pas exagérer la température de la vapeur à l'entrée des turbines. C'est ce qui en fait l'intérêt et en a décidé l'emploi dans plusieurs installations.

Cycle à surchauffe continue. — C'est celui représenté par la figure 148. Il consiste à réchauffer la vapeur dès son entrée à la turbine pour la maintenir à température constante, au lieu de la laisser se refroidir par détente et travail dans les premiers aubages de la turbine. On prolonge ce réchauffage jusqu'à ce que la vapeur, se détendant, ensuite adiabatiquement, arrive au condenseur exactement saturée. Le diagramme montre le

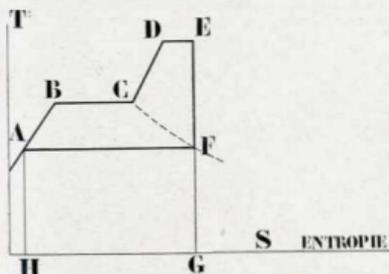


Fig. 148.

bénéfice thermique considérable que l'on pourrait attendre d'un tel dispositif ; malheu-

reusement il ne paraît guère devoir se réaliser pratiquement.

Cycle à soutirage. — Au lieu de laisser toute la vapeur se détendre jusqu'à la pression du condenseur, on en prélève une partie que l'on fait servir au réchauffage de l'eau d'alimentation. On perd ainsi le travail que pourrait produire la vapeur soutirée, mais la perte au condenseur se trouve réduite dans de plus grandes proportions, de sorte que le rendement est très amélioré.

Si l'on suppose la vapeur saturée et le prélèvement continu, on remarque (fig. 149)

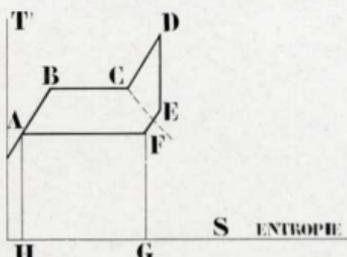


Fig. 149.

que le rendement de ce cycle est égal à celui du cycle de Carnot pour les mêmes températures extrêmes.

Le cycle à soutirage est de plus en plus employé. Son intérêt n'est plus discuté.

Combinaisons des cycles précédents.

— Il est possible, bien entendu, de combiner ces cycles entre eux dans une certaine mesure ; plus particulièrement le cycle à résurchauffe et le cycle à soutirage ; on bénéficie de cette manière des avantages qu'ils sont susceptibles de procurer individuellement.

Emploi des hautes pressions et des hautes surchauffes. — Cette question de plus en plus à l'ordre du jour demande à être étudiée d'un point de vue général, car il ne faut pas oublier que le rendement global d'une installation de force motrice à vapeur est le produit des rendements partiels suivants :

1° Rendement du groupe évaporatoire et des tuyauteries ;

2° Rendements thermiques des machines ;

3° Rendement mécanique des machines auquel il y a lieu généralement d'ajouter le rendement des génératrices et des transformateurs électriques lorsque l'énergie

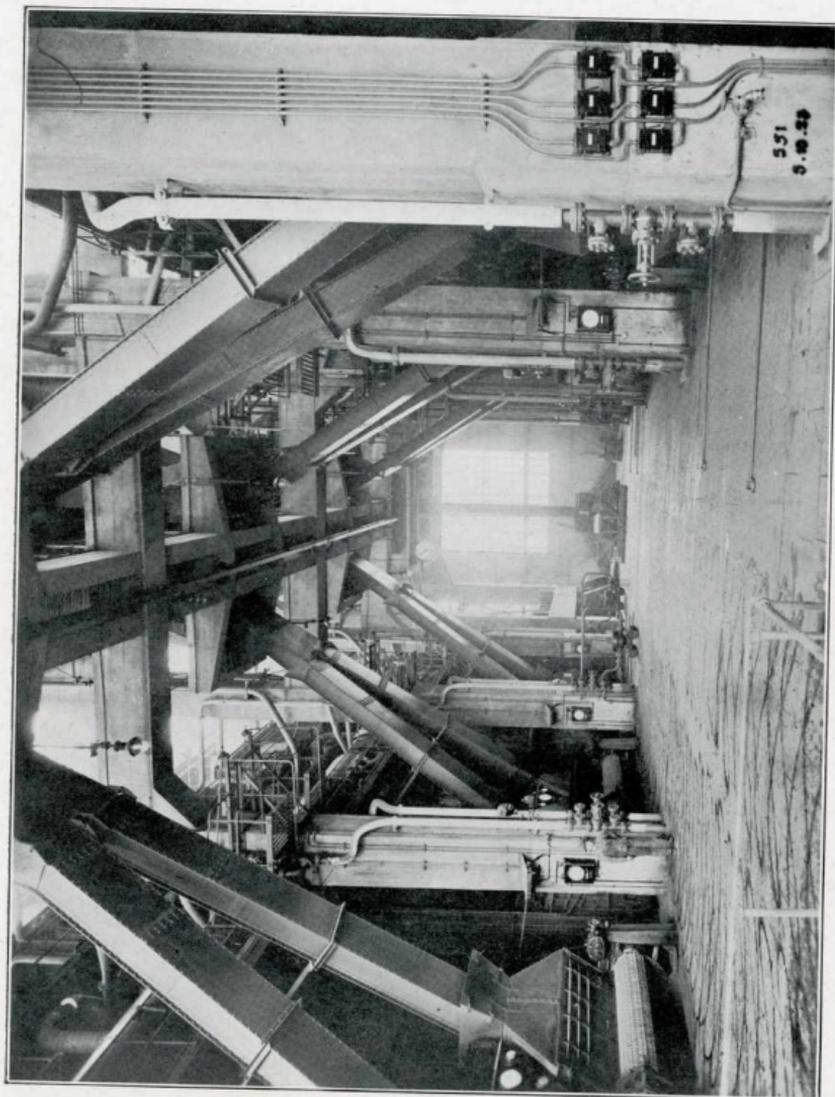


Fig. 150. — ÉLECTRICITÉ DE LA SEINE. — Installation, à l'Usine d'Ivry-sur-Seine (Seine), de 11 Chaudières Babcock et Wilcox, formant une surface totale de chauffe de 7035 mètres carrés, avec Surchauffeurs, Grilles mécaniques et Economiseurs, Tuyauteries : Systèmes Babcock et Wilcox. Neuf de ces chaudières sont munies de grilles mécaniques Système Babcock et Wilcox, les deux autres sont chauffées au charbon pulvérisé. — (Voir figure 253).

mécanique n'est pas utilisée directement.

De ce chiffre, il y a lieu en outre de déduire la consommation des services auxiliaires et des turbines (pompes, ventilateurs, éjecteurs, etc.).

Il en résulte que la question de la production de la vapeur d'eau à haute pression et à haute température est inégalement liée à celle de son utilisation dans les machines ; en effet, les rendements indiqués plus haut ne varient pas tous dans le même sens et avec la même rapidité avec l'élévation des pressions et des températures, et il y a lieu évidemment de faire entrer en ligne de compte des frais de premier établissement, l'amortissement des sommes engagées et quantités d'autres facteurs.

Choix de la pression. — Il est donc bien difficile de dire *a priori* d'une manière absolue quelle est, dans tous les cas, la pression la plus avantageuse.

La pression maximum réalisée en 1914 était de 20 kilogrammes par centimètre carré ; elle est aujourd'hui, en France, de 42 kilogrammes. A l'étranger, des groupes fonctionnent pour des pressions de 56, 84 et même 96 kilogrammes par centimètre carré. Ces chiffres sont encore exceptionnels et l'on peut dire que la construction courante oscille entre 25 et 40 kilogrammes par centimètre carré.

Les premières installations à haute pression s'étant montrées, à l'usage, supérieures aux installations basse pression, on a cru pouvoir en déduire que l'amélioration serait d'autant plus marquée que le timbre choisi serait plus élevé. Théoriquement, il n'est pas douteux que plus la pression est haute moins la dépense de combustible est forte pour obtenir une température donnée, surtout si l'on prend soin de réchauffer l'eau d'alimentation par prélèvement de vapeur sur les turbines. On a donc cru qu'il y aurait intérêt à fixer d'emblée son choix sur la pression maximum qui est la pression critique de 225 kilogrammes par centimètre carré, correspondant à une température de 374° C. A cette température, l'eau se transforme en vapeur sans ébullition et sans absorption de chaleur latente.

Le principal écueil relativement aux chaudières fonctionnant à la pression critique réside dans l'augmentation des pertes par les auxiliaires inhérente au principe même de l'invention ; la pompe alimentaire consomme au moins 5 p. 100 de l'énergie produite et bien entendu cette perte vient réduire le gain réalisé pour le cycle. En outre,

il est difficile de constituer un volant d'eau sous une pression voisine de la pression critique. Le réservoir coûterait trop cher et, au surplus, la capacité accumulatrice de l'eau serait trop faible : la chaudière présentera donc une sensibilité exagérée aux points et la pompe alimentaire ne peut être assez souple pour suivre les variations de charge entre des limites très écartées. Enfin, toutes choses égales d'ailleurs, le rendement interne et le rendement global des machines seront moindres qu'aux pressions inférieures.

Pour toutes ces raisons, il semble que les inconvénients des chaudières fonctionnant à la pression critique doivent lui faire préférer les chaudières courantes et que la pression optimum s'établisse beaucoup plus bas, vers 100 à 120 kilogrammes par centimètre carré et peut être même à 80 kilogrammes seulement avec une surchauffe aussi élevée que possible : 450° à 480°.

Pour les pressions de cet ordre de grandeur, la construction du matériel de chaufferie ne s'écarte pas beaucoup de la construction courante, la chaudière du type sectionnel s'impose, les réservoirs seront évidemment forgés, mais les tubes conserveront encore un diamètre appréciable : 75 millimètres environ. Au point de vue exploitation, il est vraisemblable qu'on ne rencontrera pas de difficultés spéciales. Malheureusement le prix de ces générateurs à réservoirs monoblocs est extrêmement élevé et pour obtenir avec de la vapeur ayant les constantes ci-dessus, un rendement permettant de compenser le supplément de frais d'installation sur lesquels il y a lieu de tabler logiquement, il est nécessaire que le débit de vapeur soit d'au moins 50.000 kilogrammes à l'heure, ce qui correspond à une puissance de 12.000 kilowatts environ.

Pour des pressions de l'ordre de 100 kilogrammes par centimètre carré, la détente de la vapeur doit être répartie sur deux groupes fonctionnant en série avec réchauffe intermédiaire entre les deux. Si l'on se contente de 70 à 80 kilogrammes, la réchauffe ne paraît pas indispensable, à condition que la température initiale de la vapeur soit aussi élevée que possible : 450° au minimum. On peut alors compter sur une consommation de chaleur voisine de 3.200 calories par kilowatt, compte tenu des auxiliaires, ce qui correspond à un rendement global de 27 p. 100 environ.

Pour des pressions inférieures au chiffre précédemment indiqué, il ne paraît pas avantageux d'adopter des pressions aussi élevées,

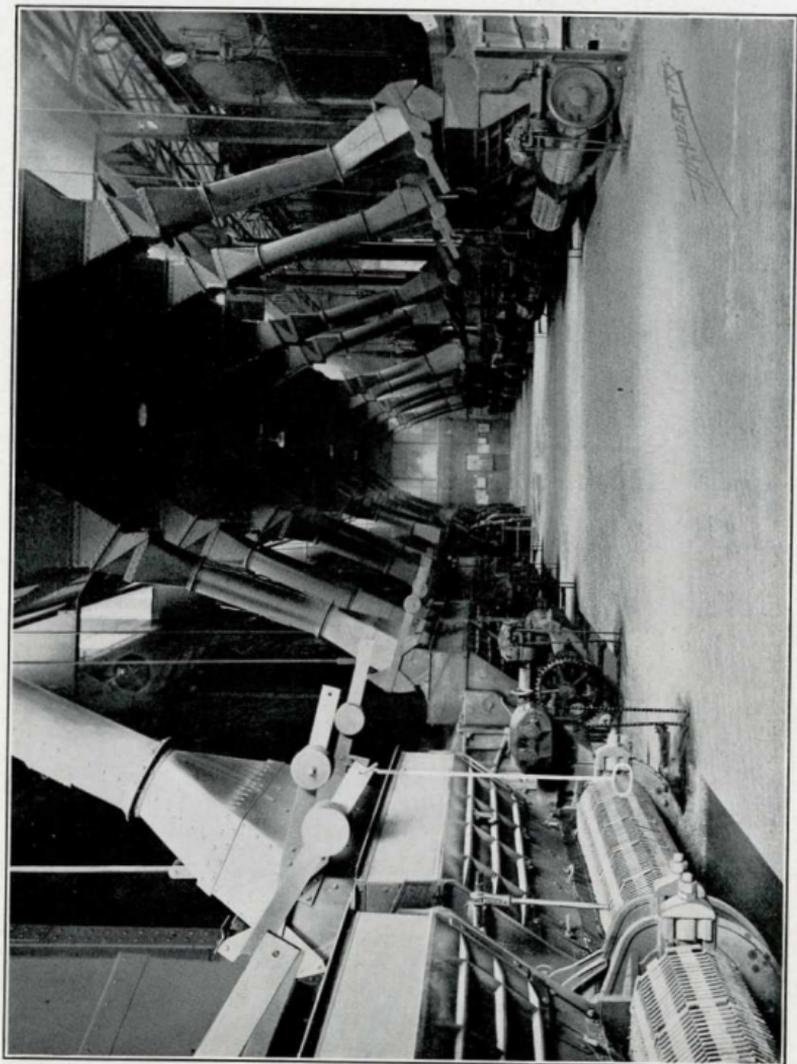


Fig. 151. — COMPAGNIE DES MINES DE ROCHE-LA-MOLLIÈRE ET FIRMINY. — Installations, aux Mines de Roche-la-Mollière (Loire) et à la Centrale Electrique Saint-Thomas, à Firminy (Loire), de 21 Chaudières **Babcock et Wilcox**, formant une surface totale de chauffe de 7 228 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Trousseuses : Systèmes **Babcock et Wilcox**.
Vue de la Chaudière de la Centrale Electrique Saint-Thomas, à Firminy (Loire).

car le débit de vapeur correspondant serait trop faible pour permettre d'obtenir un rendement suffisant, et par suite pour amortir rapidement les sommes relativement considérables de premier établissement. Dans ce cas, la tendance actuelle semble être de se cantonner aux environs de 35 kilogrammes par centimètre carré, avec possibilité d'aller jusqu'à 45 kilogrammes par centimètre carré,

limite supérieure des réservoirs chaudronnés en employant les tôles qualité A 2, nouvellement admises par les Associations pour concilier les questions de rendement et de prix de revient. C'est la solution à laquelle se rangeront généralement les industriels soucieux de posséder une installation moderne à bon rendement lorsqu'ils n'ont pas besoin d'une très grosse puissance.



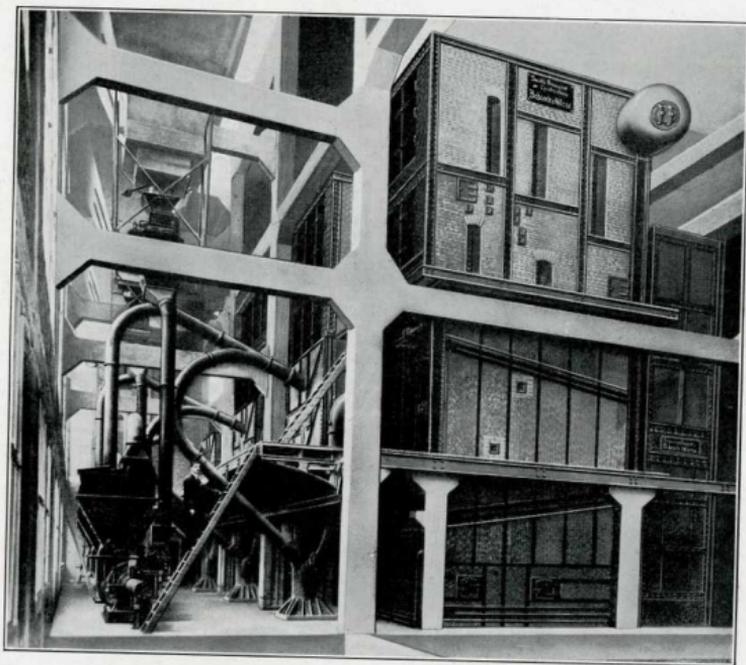


Fig. 152. — SOCIÉTÉ ANONYME DE PEIGNAGE. — Installation, à l'Usine de Roubaix (Nord), de 17 Chaudières **Babcock et Wilcox**, formant une surface totale de chauffe de 4 702 mètres carrés, avec Surchauffeurs, Grilles mécaniques et Économiseurs; Tuyauteries; Systèmes **Babcock et Wilcox** dont une chaufferie à 42 kilogrammes de pression constituée par 3 Chaudières **Babcock et Wilcox**, de 13 000 à 16 000 kilogrammes de vapeur et 2 Chaudières **Rauber-Luquet**, construction **Babcock et Wilcox** de 28 000 à 34 000 kilogrammes.
 Vue des générateurs **Babcock et Wilcox**, chauffés au charbon pulvérisé.

LES CENTRALES HAUTE PRESSION



Deux combinaisons sont plus généralement employées :

1^o En Amérique, et plus récemment en Europe, on a renforcé d'anciennes Centrales équipées en unités à moyenne pression, par l'adjonction d'unités nouvelles. On adopte en général la combinaison suivante :

Les turbines à hautes pressions échappent à contre pression dans les tuyauteries d'admission des anciennes turbines à pression moyenne qu'elles alimentent en parallèle avec d'anciennes chaudières à moyenne pression. L'installation haute pression joue le rôle de détenteur, mais en produisant du travail. Signalons, cependant, qu'en vue de revenir aux conditions de fonctionnement des anciennes machines il faut, en général, réchauffer la vapeur qui sort des unités à haute pression.

Ces anciennes Centrales sont en général astreintes à fournir une charge variable. On se place dans les meilleures conditions en demandant aux unités à haute pression de fournir une fraction constante de la charge totale. On laisse aux anciennes chaudières et aux unités à moyenne pression le soin d'assurer, avec un rendement moindre, le complément variable de la demande d'énergie.

2^o Pour les Centrales nouvelles on tend à généraliser les systèmes suivants :

Chaque compagnie distributrice d'électricité exploite une ou plusieurs grandes Centrales chargées de fournir avec un rende-

ment élevé une puissance à peu près constante. Ces Centrales, dites Centrales de base, sont interconnectées avec d'autres Centrales d'appoint dont le rendement est un peu sacrifié.

C'est un peu le même principe que précédemment mais ici chaudières et turbines haute et moyenne pression sont couplées en parallèle dans le cadre du réseau, alors qu'elles sont couplées en série dans le cas d'une Centrale mixte.

Signalons, pour terminer, une application particulièrement intéressante des hautes pressions : nous voulons parler du cas où la vapeur ne sert pas seulement à la production de force motrice, mais est également utilisée après détente dans une machine pour des emplois divers : chauffage, séchage, etc. La pression initiale est alors déterminée suivant la puissance à produire et la pression ou la température demandée pour le chauffage ; on emploie alors des machines à contre-pression ou à soutirage, suivant l'importance relative des besoins en force motrice ou en chauffage. Dans la plupart des cas, le supplément de dépense de combustible nécessaire pour porter la vapeur de la basse pression à la haute pression nécessaire à la production de la force motrice, est si faible, que le prix de revient de cette dernière est pratiquement négligeable.

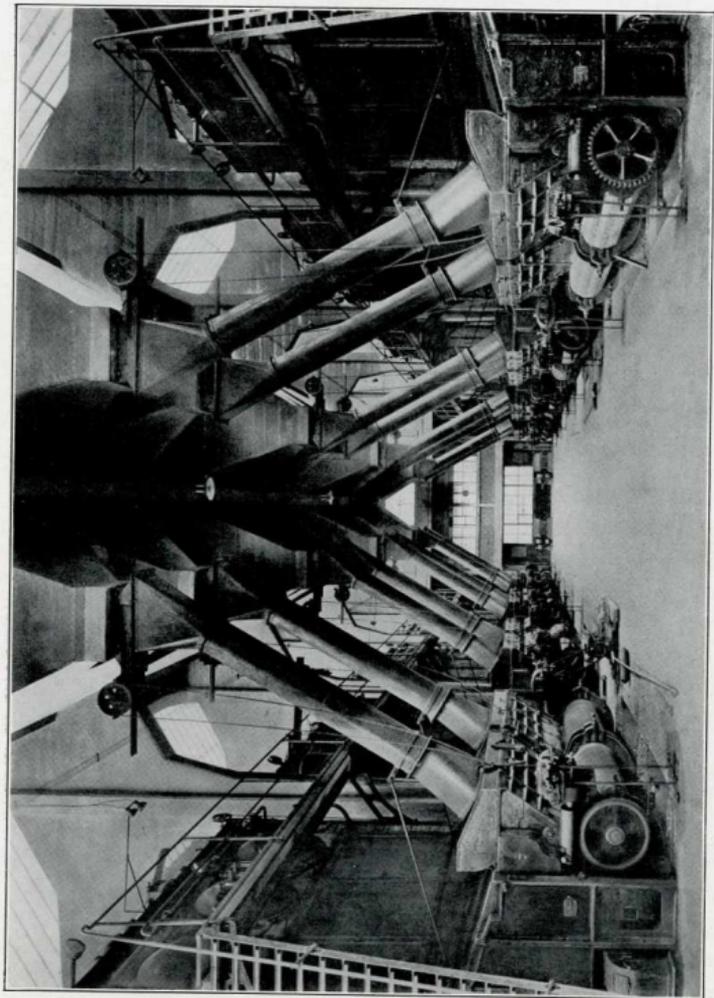


Fig. 153. — Société Houillière de Lafrique. — Installation, aux Mines de Liévin, de 15 Chaudières **Babcock et Wilcox**, formant une surface de chauffe totale de 7 458 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Economiseurs, Tuyauteries ; Systèmes **Babcock et Wilcox**.
Vue des 12 Chaudières **Babcock et Wilcox** installées à la Station Centrale électrique de Liévin (Pas-de-Calais).

CHAPITRE VIII

Épuration des eaux d'alimentation ⁽¹⁾

NÉCESSITÉ DE L'ÉPURATION

LES eaux servant à l'alimentation des chaudières sont de deux provenances distinctes : eaux naturelles et eaux de condensation.

Les eaux naturelles sont prises, soit dans des fleuves, soit dans des forages. Elles renferment un certain nombre d'impuretés dont l'admission dans les chaudières ne va pas sans un certain nombre d'inconvénients. Ce sont ces impuretés qu'il est nécessaire, autant que possible, d'enlever ou de réduire en quantité avant l'entrée de l'eau dans la chaudière.

Les eaux des fleuves sont généralement celles dont l'aspect physique est le moins engageant, mais elles contiennent ordinairement moins de matières minérales en solution que les eaux de forage dont l'aspect est généralement plus limpide.

Nous allons examiner les principales impuretés que l'on trouve dans les eaux naturelles :

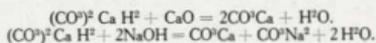
1^o Silice. — La silice se trouve dans les eaux à l'état de silice colloïdale ou de silicate de chaux. Elle n'est éliminable par aucun procédé chimique connu et donne lieu à la formation d'incrustations très dures ou très résistantes au passage de la chaleur.

La silice se rencontre particulièrement dans les régions de terrains primaires : Bretagne, Massif Central, Vosges, Alpes.

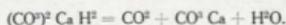
L'épuration de ces eaux est extrêmement difficile parce qu'elles ont généralement un titre hydrotimétrique très bas (de 2^o à 5^o) et parce que les matières qu'elles contiennent sont difficilement éliminables.

2^o Oxyde de fer et alumine. — L'oxyde de fer et l'alumine proviennent généralement de matières argileuses en suspension dans l'eau. Ces corps se rencontrent en quantité très faible et lorsque cette quantité croît de façon anormale, la quantité d'argile en suspension devient telle qu'on peut l'éliminer par décantation ou par filtration.

3^o Bicarbonate de chaux et de magnésie. — Ces sels sont solubles dans l'eau en quantité assez importante. Pour les éliminer, il faut ajouter à l'eau un réactif qui fixe une partie du gaz carbonique des bicarbonates. Ceux-ci se transforment alors en carbonates neutres insolubles qui se précipitent. On a par exemple les réactions suivantes :



L'élévation de température de l'eau peut permettre également de décomposer les bicarbonates. Il se dégage du gaz carbonique et il se forme un carbonate insoluble, suivant la réaction :



Cette décomposition a lieu dès la température de 70° ; elle n'est complète qu'après une ébullition prolongée.

4^o Sels de chaux et de magnésie non carbonatés. — Nous placerons parmi ces sels le sulfate de chaux, soluble en quantité importante dans l'eau et donnant des incrus-

(1) Cette question a fait l'objet de notre Bulletin technique n° 6 d'octobre 1928.

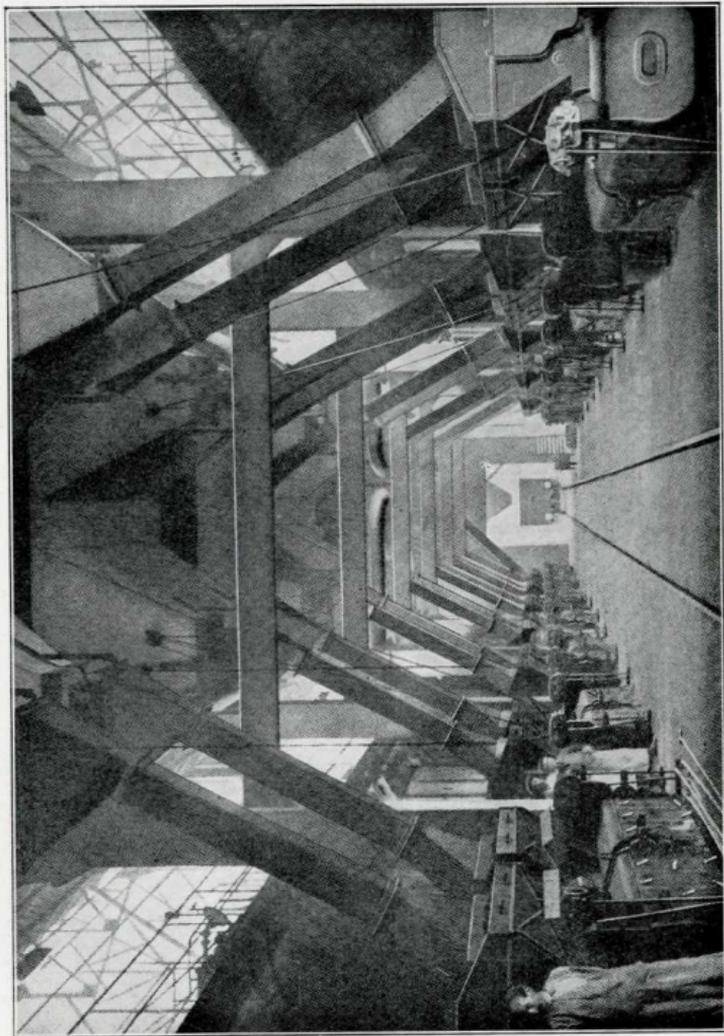


Fig. 154. — Socifrif gaz Mixes et Douçers. — Installation, à Hémm-Liétard (Pas-de-Calais), de 16 Chaudières Babcock et Wilcox, formant une surface totale de chauffé de 8 000 mètres carrés, avec Surchauffeurs et Grilles mécaniques, Tuyauteries : Systèmes Babcock et Wilcox.