

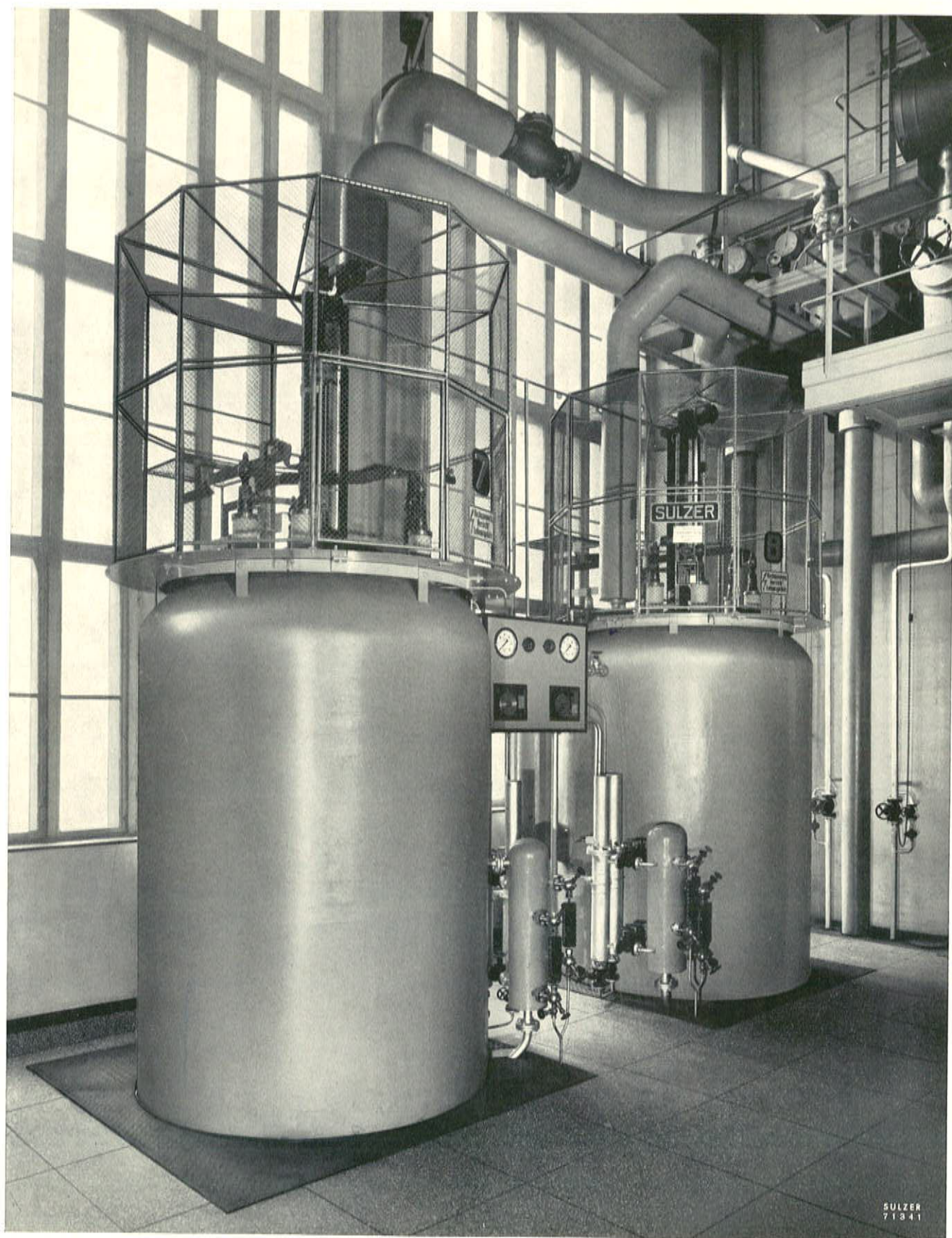
# SULZER

PUBLIÉE PAR LA MAISON SULZER FRÈRES, SOCIÉTÉ ANONYME, WINTERTHUR (SUISSE)



Fig. 1. La centrale d'énergie et la nouvelle chaufferie de la CIBA, Société Anonyme, à Bâle, vues du sud-est.





**SULZER** INSTALLATIONS DE CHAUDIÈRES ÉLECTRIQUES. Deux chaudières électriques à jets multiples, de 10000 kW chacune à 6000 volts et à 12 kg/cm<sup>2</sup>, fournies à la CIBA, Société Anonyme, à Bâle.



TABLE DES MATIÈRES: LA NOUVELLE INSTALLATION DE CHAUDIÈRE À RAYONNEMENT POUR 80/100 t/h, 50 kg/cm<sup>2</sup> ET 450° C DE LA CIBA, SOCIÉTÉ ANONYME, À BÂLE — RÉSULTATS OBTENUS EN SERVICE AVEC DES MOTEURS DIESEL ALIMENTÉS À L'HUILE LOURDE — CHRONIQUE

LA REPRODUCTION DES ARTICLES DE CETTE REVUE EST AUTORISÉE SOUS MENTION DE LEUR PROVENANCE

## La nouvelle installation de chaudière à rayonnement pour 80/100 t/h, 50 kg/cm<sup>2</sup> et 450° C, de la CIBA, Société Anonyme, à Bâle

621.181.5

*Obligée d'agrandir, de moderniser et de rationaliser la production d'énergie dans ses usines, la Société Anonyme CIBA, à Bâle, décida d'adjoindre à sa centrale thermique une chaudière de grande puissance. La livraison, qui en fut confiée à la Maison Sulzer Frères, comprenait l'installation complète d'une chaudière à rayonnement avec toutes les machines auxiliaires, le réglage, les instruments de contrôle et les appareils accessoires, ainsi que le montage de l'ensemble. L'étude fut faite par la Maison Sulzer Frères en collaboration étroite avec les organes de la CIBA.*

*Cet article décrit la nouvelle installation dont diverses particularités présentent un intérêt spécial. Vu la difficulté des circonstances dans lesquelles se fit le montage, il y a lieu de noter particulièrement la brièveté extraordinaire de ce travail.*

### 1° Considérations générales

La fabrication des nombreux produits de la CIBA, Société Anonyme, à Bâle, embrassant des matières colorantes, pharmaceutiques ou synthétiques, des produits auxiliaires pour l'industrie textile et des produits intermédiaires de tous genres, absorbe toute l'année de grandes quantités de vapeur. Quelques années encore après la première guerre mondiale, cette vapeur était fournie par diverses chaufferies, au nombre final de six, comprenant en tout 27 chaudières. En 1926, on mit en service une chaufferie centrale, équipée d'abord de deux chaudières Garbe pour un débit unitaire de 14/18 t/h à 34 kg/cm<sup>2</sup> et 375° C; elle fut agrandie en 1931 par l'adjonction de deux unités de même type et de même puissance, puis, en 1941, par l'installation de deux chaudières multitubulaires avec grilles mécaniques, d'une puissance unitaire de 20/24 t/h à 44 kg/cm<sup>2</sup> et 400° C. Enfin, dans les années 1941 et 1945, on installa deux chaudières électriques d'une puissance unitaire de 7500 kW aux bornes. Toutes ces chaudières furent livrées par la Maison Sulzer Frères.

Au cours de la dernière guerre, ces installations permirent de faire face aux situations les plus diffi-

ciles, dues à l'obligation de renoncer temporairement aux combustibles importés, de haute qualité, et d'utiliser à leur place des combustibles médiocres, solides ou liquides, qu'ils fussent de provenance suisse ou étrangère. Pour mener cette tâche à bonne fin, il fallut procéder à divers travaux d'adaptation, particulièrement aux foyers, et sa réussite fut assurée par la circonspection experte des organes d'exploitation et par les soins consciencieux du personnel des chaufferies.

A la fin de 1945, la chaufferie centrale de l'usine principale fut reliée à l'usine de Kleinhüningen de la CIBA par une conduite de vapeur, longue de deux kilomètres, à laquelle furent plus tard raccordées temporairement d'autres entreprises situées sur son parcours; ce fut le cas de l'usine à gaz municipale de Bâle, afin de livrer aux services de fabrication de la CIBA les excédents de vapeur produits dans l'usine à gaz, qui par la suite en vint aussi à reprendre de la vapeur. Cette dernière est amenée aux diverses entreprises sous des pressions de 30, 9-12, 7 et 5 kg/cm<sup>2</sup>; la vapeur employée à 7 kg/cm<sup>2</sup> par l'usine de Kleinhüningen lui est fournie du réseau à 10/12 kg/cm<sup>2</sup>.

L'extension prise par le programme de fabrication de la CIBA dans les années d'après-guerre ne tarda pas à entraîner un rapide accroissement des besoins en vapeur; il fallut donc envisager, dans un proche avenir, une sensible extension de toutes les installations productrices d'énergie dans l'usine principale. Les études conduisirent à la décision de centraliser une partie des services de production d'énergie, pour permettre de récupérer la chaleur perdue. De par les conditions locales et certaines considérations historiques, seule l'ancienne chaufferie et ses environs immédiats pouvaient entrer en ligne de compte pour l'emplacement de la nouvelle centrale; or, comme il fallait, malgré l'exiguïté de la surface disponible, augmenter la production de



vapeur, la seule possibilité consistait à démolir les deux chaudières les plus anciennes, pour ériger à leur place une nouvelle chaudière de puissance aussi élevée que possible. Le manque de place empêchait même de partager la nouvelle installation en deux unités, solution qui aurait présenté certains avantages en regard des variations de consommation et qui aurait correspondu à la répartition des anciennes chaudières sur deux groupes.

L'étude générale de la nouvelle installation devait tenir compte avant tout des grandes fluctuations, soit dans la consommation de vapeur, soit dans les régimes de pression, de l'emplacement disponible restreint, de la qualité médiocre de l'eau d'alimentation et enfin de la brièveté extrême imposée pour les travaux de montage.

Les fortes fluctuations de la consommation de vapeur dans les services de fabrication sont dues d'abord aux différences normales intervenant dans l'exploitation de jour et de nuit, puis aux variations de la température extérieure et enfin aux répercussions de la conjoncture économique. Par contre, les pointes de consommation proprement dites, survenant à l'improviste, sont rares; celles qui interviennent exceptionnellement sont compensées par la réserve de vapeur contenue dans les vastes réseaux des fabriques, où la pression varie temporairement quelque peu. Les conditions d'exploitation ainsi définies imposaient le choix d'une installation de

chaudière capable de fonctionner dans des limites inaccoutumées entre la charge permanente maximum et la charge minimum, tout en conservant un rendement élevé jusqu'aux charges partielles les plus basses.

D'autre part, il fallait que les foyers pussent brûler, de façon irréprochable, les combustibles les plus divers, même, exceptionnellement, de qualité médiocre. En outre, on devait tenir compte du fait que le réseau ne fournit que peu d'eau de condensation, de sorte que l'installation n'est généralement alimentée qu'en eau brute, provenant, en partie déjà réchauffée, des divers services des usines. Enfin, la nouvelle installation devait pouvoir fonctionner en parallèle avec les chaudières existantes, timbrées à 34 et 44 kg/cm<sup>2</sup>, aussi bien à l'arrêt que pendant la marche du groupe turbo-alternateur à contre-pression alimentant le réseau électrique de l'usine.

Ces diverses conditions, imposées par l'exploitation, conduisirent à fixer comme suit les caractéristiques de puissance de la nouvelle installation:

Charge minimum fréquente	30 t/h
Charge maximum fréquente	80 t/h
Charge maximum rare	100 t/h
Pression de chaudière minimum	30 kg/cm <sup>2</sup>
Pression de chaudière maximum	50 kg/cm <sup>2</sup>
Température maximum après le surchauffeur	450 ° C

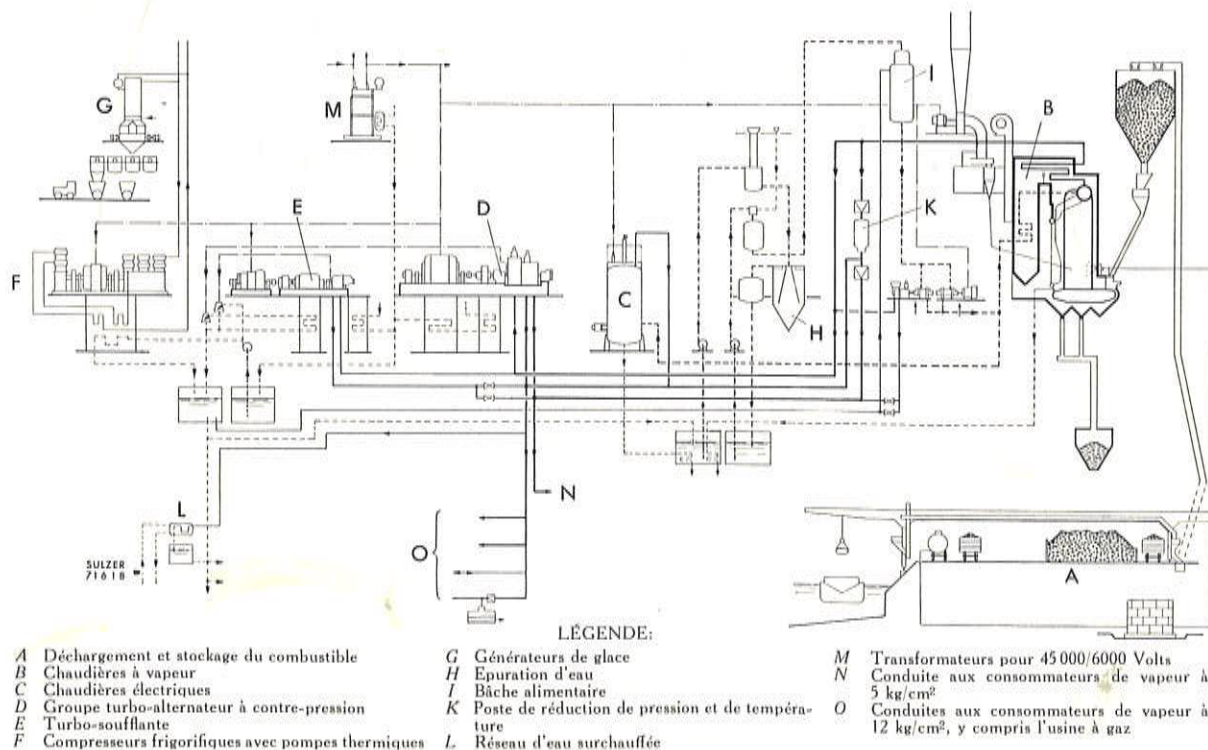


Fig. 2. Schéma des services d'énergie centralisés pour la production de vapeur, d'énergie électrique, d'air comprimé et de froid, dans les usines de la CIBA, Société Anonyme, à Bâle.

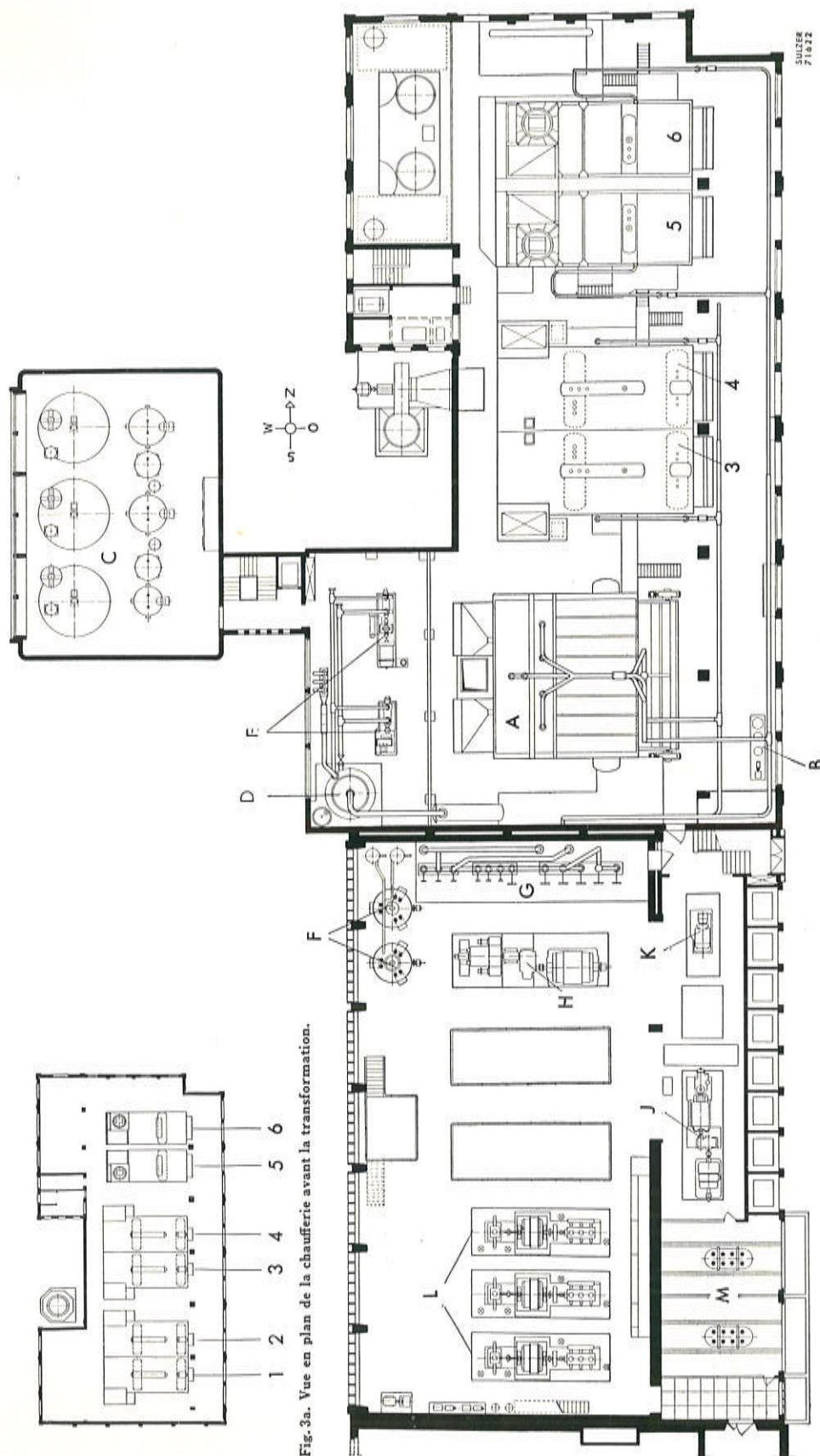


Fig. 3a. Vue en plan de la chaufferie avant la transformation.

LÉGENDE:

G Poste de réduction de pression et de température de vapeur  
 H Groupe turbo-alternateur BBC de 5000 kW, à contre-pression et à soufflage  
 J Turbo-soufflante BBC de 18000 m<sup>3</sup> h à 2 kg/cm<sup>2</sup>  
 K Turbo-soufflante de réserve  
 L Compresseurs d'ammoniacque Sulzer de 850 ch chacun, pour la couverture des besoins en froid, combinés chacun avec une pompe thermique à un étage  
 M Transformateurs et tableau de couplage

A Chaudière Sulzer à rayonnement pour 80/100 t/h, 50 kg/cm<sup>2</sup>, 4500 C  
 1-4 Chaudières Garbe-Sulzer pour 14/18 t/h, 34 kg/cm<sup>2</sup>, 3750 C  
 5-6 Chaudières multitubulaires Sulzer pour 20/24 t/h, 44 kg/cm<sup>2</sup>, 4000 C  
 B Poste d'alimentation en mazout  
 C Epuration d'eau  
 D Bâche alimentaire  
 E Pompes alimentaires  
 F Chaudières électriques Sulzer de 10000 kW chacune à 14 kg/cm<sup>2</sup>

Fig. 3. Plan de disposition de la chaufferie, de la salle des machines et de la station d'épuration de l'eau, dans les usines de la CIBA, Société Anonyme, à Bâle, après installation de la nouvelle chaudière à rayonnement.



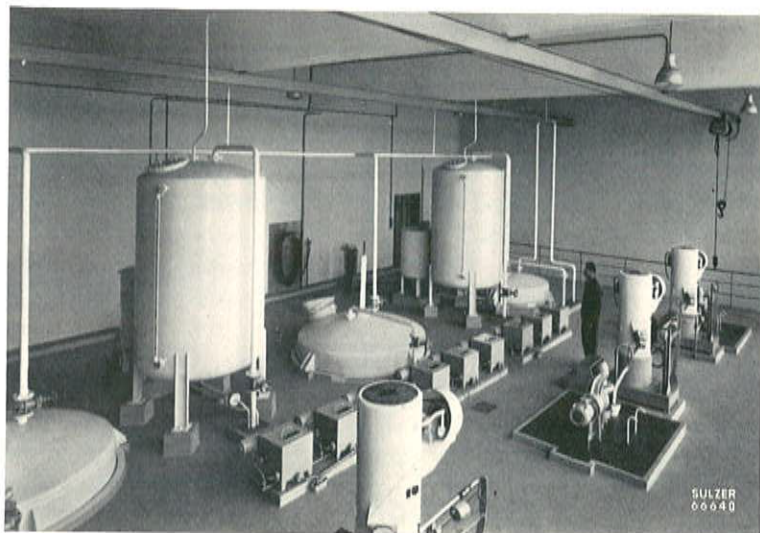


Fig. 4. Local de dosage chimique dans l'installation d'épuration, pour un débit de  $3 \times 40/50$  t/h.

Normalement les réseaux de vapeur des usines sont alimentés aux pressions et températures suivantes:

Réseau à haute pression	30 kg/cm <sup>2</sup>
Réseau à moyenne pression	10-12 kg/cm <sup>2</sup>
Réseau à basse pression	5 kg/cm <sup>2</sup>
Température maximum dans le réseau à moyenne pression	350 °C

Sauf les conditions exceptionnelles, où l'on ne peut se procurer que des combustibles de qualité particulièrement mauvaise, on emploie normalement les combustibles suivants:

	Pouvoir calorifique inférieur cal/kg
a) Houilles grasses à courte flamme, en provenance de l'Angleterre, de la France, de la Sarre, de la Pologne ou de la Tchécoslovaquie	6000-7000
b) Houilles grasses à longue flamme et flénus provenant de la France, de l'Allemagne, de la Sarre, de la Belgique, de la Tchécoslovaquie et de l'Amérique du Nord	6500-7800
c) Combustibles liquides de diverses provenances, de qualités «soute C» jusqu'au gas-oil	9700-10150
d) Goudron de lignites avec une teneur en cendres jusqu'à 1 %	8200-8800

En outre, on brûle aussi, en mélange avec d'autres combustibles solides ou liquides, les matières suivantes:

- e) Charbons demi-gras, quart-gras ou maigres anthraciteux de tous genres.
- f) Poussières de coques provenant de houilles et de lignites.

La conformation du foyer devait être telle que les fumées pussent être suffisamment épurées par

des séparateurs à cyclone pour éviter au voisinage tout désagrément dû à des dépôts de suie ou de cendres, car la place manquait pour l'installation de filtres électriques. En outre, les cendres ne devaient jamais être évacuées à sec, mais légèrement humides.

Aucune garantie ne fut fixée sur la base des caractéristiques de combustibles et des régimes de marche mentionnés ci-dessus, dont les valeurs accusent une forte dispersion; les garanties conventionnelles proprement dites furent rapportées à des combustibles de haute qualité, peu variables et facilement contrôlables, ainsi qu'à un régime correspondant à peu près à la pleine charge.

Ces diverses spécifications conduisirent au choix d'une chaudière Sulzer à rayonnement, avec grille mécanique et brûleurs à mazout; comme le montrera la suite de ces considérations, cette chaudière répond spécialement bien aux conditions difficiles du service demandé.

## 2<sup>o</sup> Disposition de l'installation

La disposition d'ensemble de la nouvelle chaufferie et de la salle des machines ressort de la figure 3, tandis que la figure 3a montre le bâtiment des chaudières avant sa transformation. Pour permettre le remplacement des deux plus anciennes chaudières Garbe 1 et 2 par la nouvelle chaudière A, il fallut démolir complètement la partie du bâtiment affectée par la transformation, pour ériger à sa place une construction en charpente métallique. Par contre, les silos à charbon attenants à la paroi est de la chaufferie purent être conservés. Le convoyeur à godets de 20 t/h, qui depuis 25 ans servait au transport du charbon, fut également maintenu tel quel, mais complété par un transporteur à chaîne Redler horizontal et vertical, d'un débit de 70 t/h. Le



charbon arrive, par l'installation de déchargement existante, à l'angle nord-est de la chaufferie.

Sur le côté ouest, à peu près à la hauteur des chaudières 3 et 4, un bâtiment spécial fut destiné à l'installation d'épuration de l'eau. Fournie par la Maison Hydro-Chimie S.A., à Zurich, elle se compose de trois batteries identiques pour un débit unitaire de 40 à 50 t/h d'eau épurée (fig. 4). Etablie sur le principe de l'adoucissement par l'échange d'ions et précédée d'une installation de décarbonisation et de floccage, elle traite donc en deux phases l'eau brute disponible à divers endroits des usines, à des températures de 50 à 70° C.

La salle des machines (fig. 3 et 5) s'étend sur le côté sud de la chaufferie; les deux bâtiments sont séparés par une paroi le long de laquelle est disposée la station réductrice de la pression de vapeur. Devant cette station se trouve le groupe turbo-générateur à contre-pression et à soutirage, fourni par la Maison Brown, Boveri & Cie, à Baden, pour un débit de vapeur de 60 t/h à une contre-pression de 5 kg/cm<sup>2</sup>. Le soutirage à commande réglée permet de prélever jusqu'à 28 t/h de vapeur à 12 kg/cm<sup>2</sup>. La turbine, pourvue de deux groupes distincts de soupapes d'admission, peut fonctionner avec alimen-

tation à deux pressions. L'alternateur à courant triphasé de 6250 kVA à 6000 Volts est généralement couplé en parallèle avec le secteur municipal.

A l'angle nord-ouest de la salle sont installées deux chaudières électriques Sulzer à jets multiples, transformées en 1952. Visibles à gauche à l'arrière-plan sur la figure 5, ces chaudières, absorbant chacune une puissance de 10000 kW, sont raccordées directement au réseau de 6000 Volts et produisent de la vapeur à 12 kg/cm<sup>2</sup>. Grâce à un dispositif de chicanes, monté à l'intérieur, elles peuvent servir aussi de désurchauffeurs pour le réglage de la température de la vapeur dans le réseau de 10/12 kg/cm<sup>2</sup>, en particulier à l'arrêt du groupe turbo-alternateur.

La partie sud de la salle des machines abrite trois compresseurs d'ammoniaque Sulzer, à trois cylindres, qui couvrent toute la demande des usines en froid. Chacun d'eux est combiné avec une pompe thermique à un étage, et entraîné par un moteur à courant triphasé de 850 ch (figures 2 et 3).

En outre, une niche aménagée dans la paroi est de la centrale (fig. 5, à droite) contient une turbosoufflante Brown, Boveri produisant 18000 m<sup>3</sup>/h d'air comprimé à 2 kg/cm<sup>2</sup>, pour alimenter le réseau

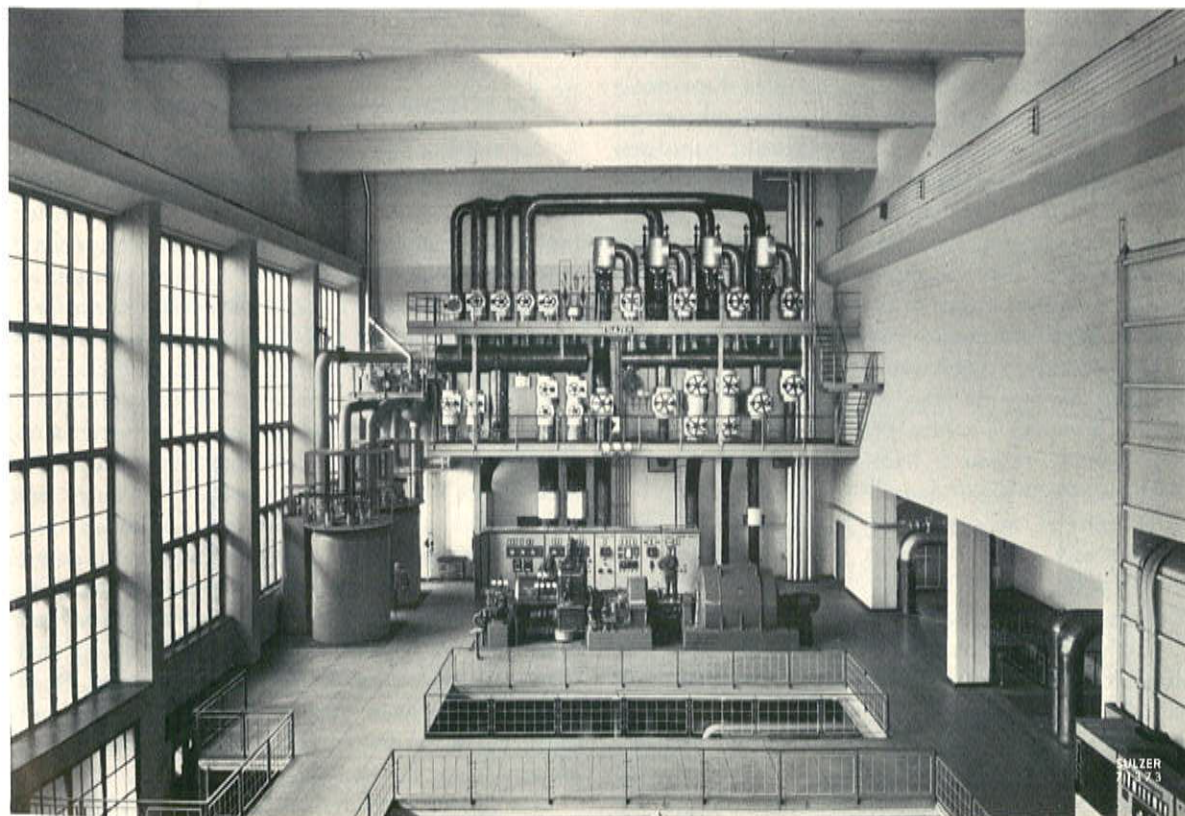


Fig. 5. Vue partielle de la salle des machines de la CIBA, Société Anonyme, à Bâle; à gauche deux chaudières électriques Sulzer de 10000 kW chacune à 14 kg/cm<sup>2</sup>; au milieu le groupe turbo-alternateur BBC, à contre-pression et à soutirage, de 5000 kW. Au fond le poste réducteur de pression et de température; au-dessous, le tableau des instruments de contrôle pour le groupe turbo-alternateur et les chaudières électriques.



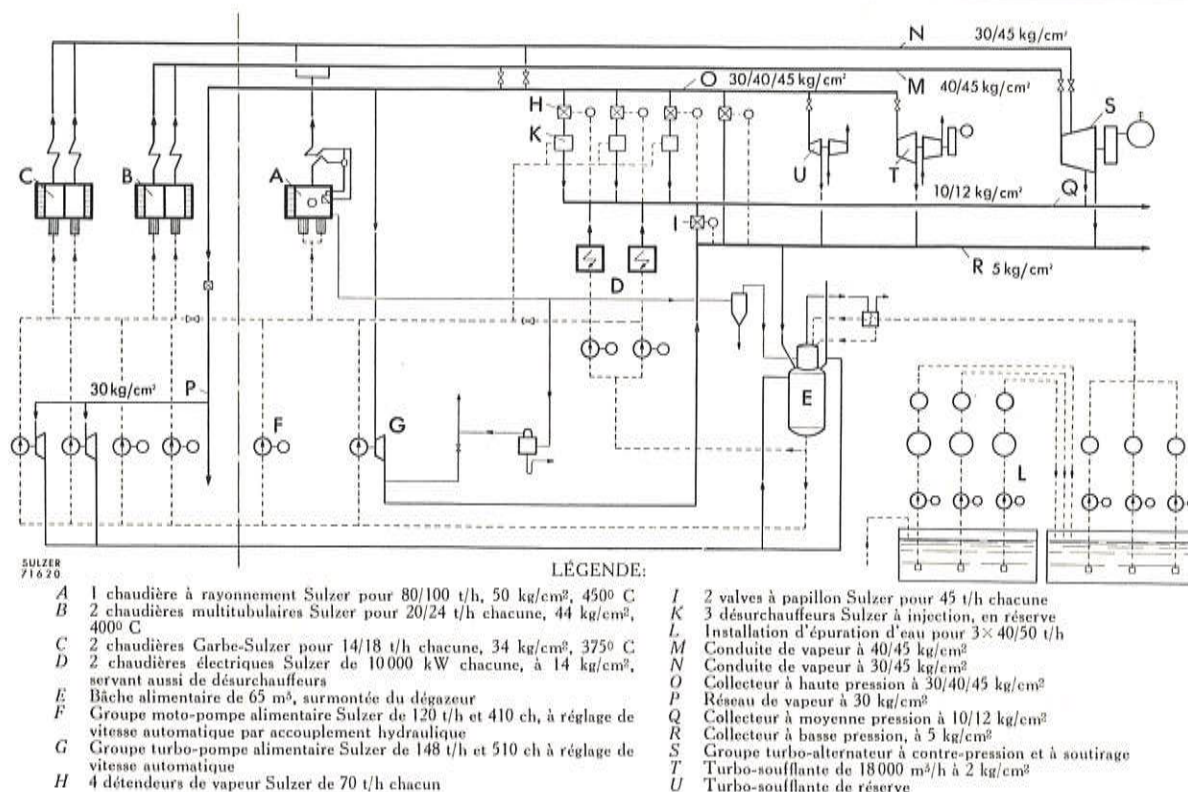


Fig. 6. Schéma général de la chaufferie de la CIBA, Société Anonyme, à Bâle.

de l'usine. Cette soufflante est accouplée d'un côté à une turbine à vapeur à contre-pression, alimentée sous 45 ou 30 kg/cm<sup>2</sup>, et fonctionnant sous une contre-pression de 5 kg/cm<sup>2</sup> et, de l'autre côté, à un moteur à courant triphasé de 1000 kW, avec multiplicateur de vitesse. Chacune de ces deux machines motrices peut être découplée à volonté; la commande simultanée par le moteur et la turbine est prévue, mais pas encore réalisée pour le moment. Une seconde turbo-soufflante, de puissance moindre, servant de réserve, est entraînée par une turbine à vapeur à contre-pression alimentée également par le réseau à haute pression; la vapeur d'échappement passe dans le réseau à 5 kg/cm<sup>2</sup>.

À côté et au-dessus de la niche des turbo-soufflantes, on a logé les transformateurs de 45000/6000, 6000/500 et 6000/380 Volts en triangle, avec tous leurs dispositifs de couplage.

La chaleur d'échappement de toutes les machines disposées dans la centrale d'énergie est distribuée, en partie par l'intermédiaire des pompes thermiques, dans le réseau général d'eau chaude, alimentant les bains, les laboratoires et une partie des services de fabrication des usines, tandis que les excédents éventuels sont amenés, au besoin, dans le réservoir collecteur du poste d'épuration pour l'eau d'alimentation.

### 3° Le schéma général de l'installation

Le schéma de l'installation entière est représenté par la figure 6. L'eau épurée est amenée, à travers un condenseur de buées, dans le dégazeur surmontant la bâche alimentaire E, où elle subit un réchauffage préliminaire jusqu'à 105° C. Les pompes alimentaires F ou G — l'une d'elles reste en réserve — reprennent l'eau de la bâche pour la refouler, par un collecteur et la soupape de réglage d'alimentation, dans la nouvelle chaudière A; une conduite de raccordement transversale permet d'alimenter aussi, par les mêmes pompes, les chaudières multitubulaires B et les chaudières Garbe C. D'autre part, les pompes alimentaires de ces anciennes chaudières sont également reliées, à l'aspiration comme au refoulement, au réseau de la nouvelle chaudière, à laquelle elles procurent une réserve complémentaire. Les chaudières électriques D sont normalement alimentées, par leurs propres pompes, en eau également dégazée; cependant, ici aussi, une conduite de raccordement transversale permet de les alimenter par les nouvelles pompes.

La vapeur produite par la nouvelle chaudière A peut être fournie isolément à chacun des deux collecteurs M et N, ou à tous deux simultanément; ces collecteurs, établis pour 40/45 et pour 30/45 kg/cm<sup>2</sup>,



sont reliés l'un aux chaudières multitubulaires *B*, et l'autre aux chaudières Garbe *C*; chacun d'eux est raccordé à un groupe de soupapes d'admission de la turbine du groupe *S*, de même qu'au collecteur *O*, pour 30/40/45 kg/cm<sup>2</sup>, du poste de réduction. C'est de ce collecteur que sont alimentées les turbines des deux turbo-soufflantes *T* et *U* et de la turbo-pompe alimentaire *G* pour la nouvelle chaudière, ainsi que, par un détendeur, le réseau *P* à 30 kg/cm<sup>2</sup>, auquel sont raccordées les turbo-pompes alimentaires des anciennes chaudières et quelques services de fabrication spéciaux.

Pendant l'hiver, tant que le groupe turbo-alternateur est en service, les deux collecteurs se trouvent sous une pression de 40 à 45 kg/cm<sup>2</sup>. A l'arrêt du groupe électrogène, par contre, une fois que toute la vapeur doit passer par la station de réduction, les deux collecteurs transportent indifféremment de la vapeur à la pression de 28 à 32 kg/cm<sup>2</sup>. Dans ce cas, ils ne sont qu'exceptionnellement remplis de vapeur à des pressions différentes.

La vapeur prélevée, suivant les besoins, au collecteur à haute pression *O*, est détendue jusqu'à la pression de 10 à 12 kg/cm<sup>2</sup> par les détendeurs *H*, puis elle passe dans le collecteur à moyenne pression *Q*, qui recueille également la vapeur saturée produite dans les chaudières électriques *D*. Des dispositifs, montés à l'intérieur de ce collecteur, assurent le mélange des deux courants de vapeur, de façon à en égaliser les températures.

Le collecteur à moyenne pression *Q*, pour la vapeur à 10/12 kg/cm<sup>2</sup>, alimente, par l'intermédiaire de deux valves à papillon *I*, le collecteur à basse pression *R*, dont la vapeur à 5 kg/cm<sup>2</sup> sert principalement aux services de fabrication les plus proches. Ce collecteur recueille entre autres la vapeur d'échappement des turbines qui entraînent le turbo-alternateur *S*, les deux turbo-compresseurs *T* et *U*, ainsi que la turbo-pompe alimentaire de la nouvelle chaudière. Au besoin, de la vapeur soutirée du collecteur à haute pression *O*, à 30/40/45 kg/cm<sup>2</sup>, peut être détendue directement à 5 kg/cm<sup>2</sup> et amenée au collecteur à basse pression *R*. Pendant la marche du groupe turbo-alternateur, les détendeurs restent entièrement ou partiellement inutilisés.

#### 4° L'installation de la nouvelle chaudière à vapeur

##### a) Le générateur de vapeur

La nouvelle chaudière à rayonnement de grande puissance, à corps unique (fig. 7 et 24), fut conçue pour les conditions de marche suivantes:

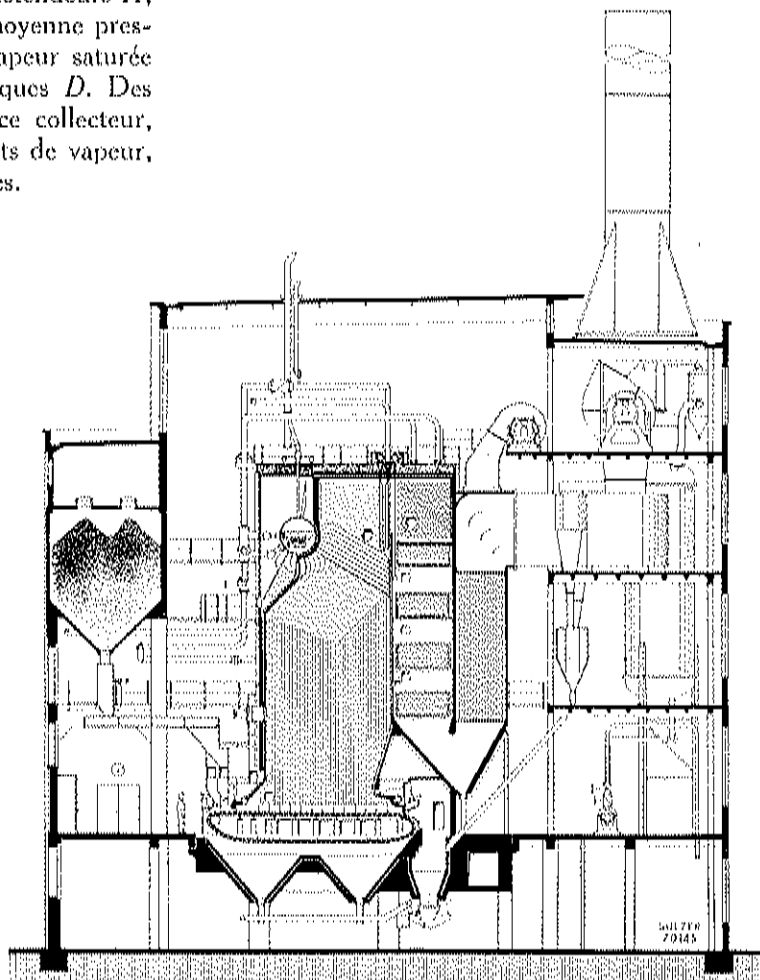


Fig. 7. Coupe en long de la nouvelle chaudière à rayonnement Sulzer de 80/100 t/h à 50 kg/cm<sup>2</sup> et 450° C.



Production de vapeur maximum au chauffage au charbon	80 t/h
Production de vapeur maximum au chauffage au mazout	60 t/h
Production de vapeur maximum en service combiné	100 t/h
Timbre	50 kg/cm <sup>2</sup>
Température de la vapeur à la sortie du surchauffeur	450 °C
Température de l'eau d'alimentation	105 °C
Rendement de la chaudière à la charge de 65 t/h et avec le charbon spécifié aux garanties	89 %
Rendement de la chaudière à la charge de 60 t/h et avec le mazout spécifié aux garanties	91 %

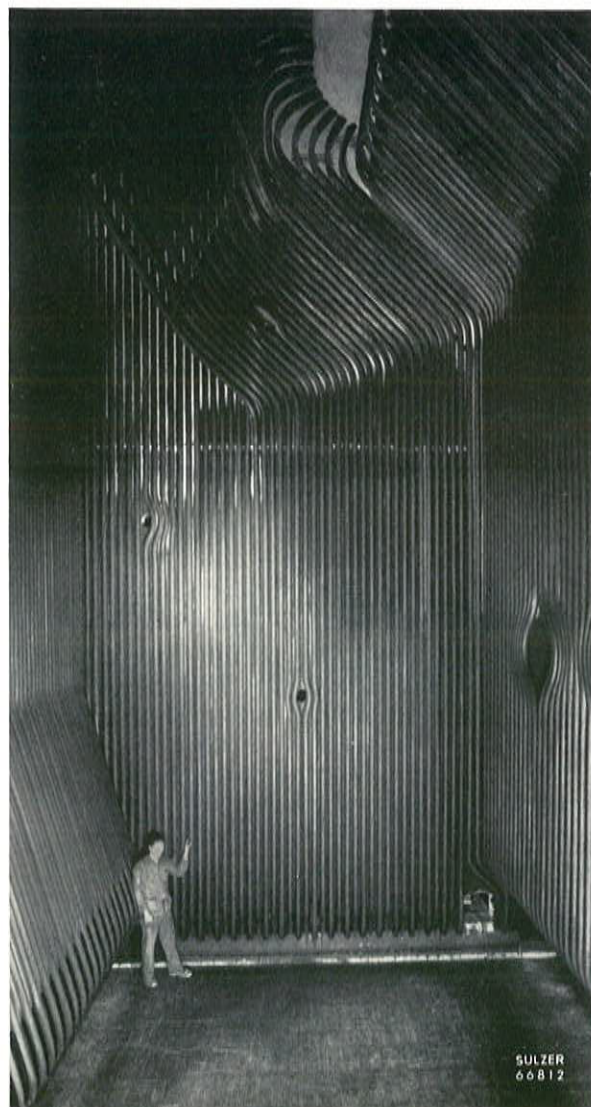


Fig. 8. Chambre de combustion de la nouvelle chaudière à rayonnement Sulzer, vue de côté; à droite les ouvertures pour les brûleurs Sulzer à mazout.

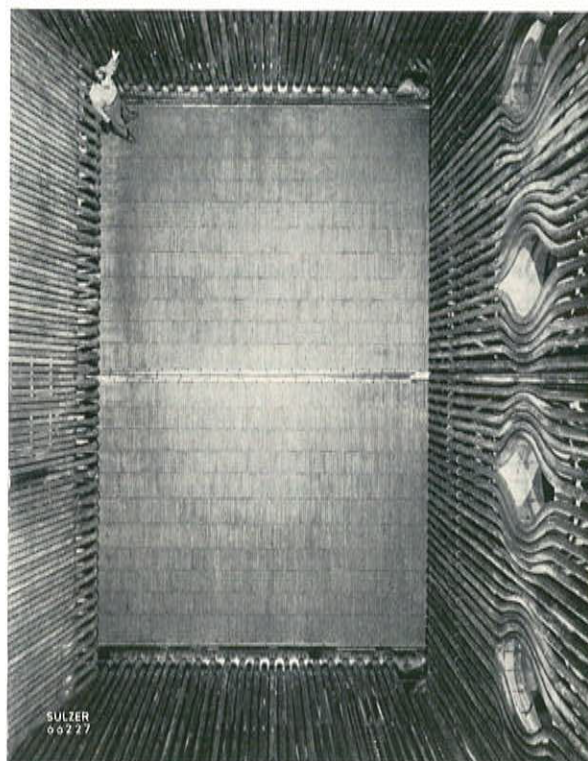


Fig. 9. La chambre de combustion de la nouvelle chaudière à rayonnement, vue de haut en bas. A droite, la paroi frontale avec les ouvertures pour les brûleurs à mazout; au milieu, la grille mécanique jumelée et compartimentée.

Les calculs de la nouvelle chaudière et les conditions de garanties furent déterminés dans l'hypothèse de l'emploi de combustibles répondant aux spécifications suivantes:

#### Charbons:

Provenance	Sarre ou Ruhr	
Pouvoir calorifique inférieur	7200	cal/kg
Matières volatiles	30-36	%
Humidité maximum	10	%
Cendres maximum	7	%
Soufre maximum	1,2	%
Granulation	0-7 ou 7-15 ou 15-35	mm
Fines au-dessous de 3 mm, maximum	20	%
Point de ramollissement des cendres, minimum	1200	°C
Point de fusion des cendres, minimum	1300	°C

#### Combustibles liquides:

Qualité	Mazout I et II	
Pouvoir calorifique inférieur	10000	cal/kg

Le volume d'eau relativement faible et les particularités de la chaudière donnent à l'installation une inertie thermique assez faible, ce qui lui confère la



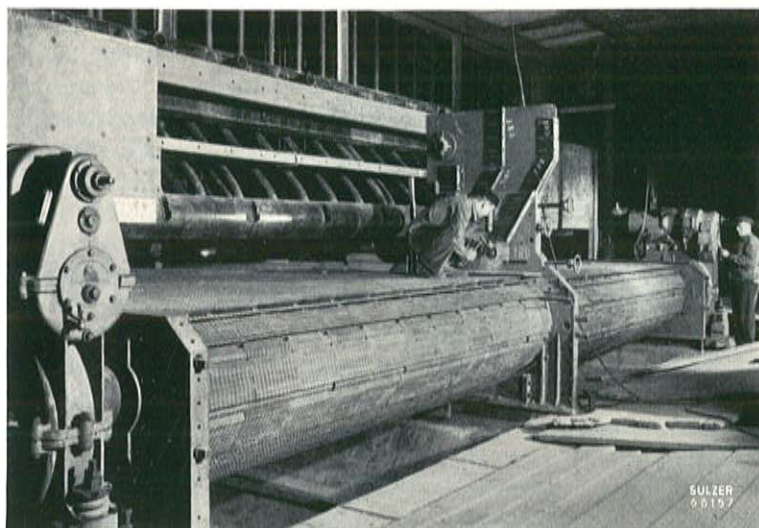


Fig. 10. La grille mécanique jumelée et compartimentée de la nouvelle chaudière à rayonnement de la CIBA, Société Anonyme, à Bâle, en cours de montage.

faculté de s'adapter rapidement aux fluctuations, même intenses, de la charge, sans répercussions nuisibles.

La chaudière proprement dite est partagée en trois carnaux, dont le premier comprend la chambre de combustion et, dans sa partie supérieure, le faisceau de granulation ainsi que le surchauffeur final. Dans le second carneau se trouvent, de haut en bas, le surchauffeur préliminaire et les trois faisceaux tubulaires de l'économiseur qui, dans sa partie supérieure, fonctionne comme vaporisateur. Le troisième carneau, enfin, est occupé par le réchauffeur tubulaire d'air, disposé verticalement et divisé en deux parties. Pour atténuer les corrosions qui pourraient se produire aux températures inférieures au point de rosée, pendant la marche à faible charge et à la mise à feu, des clapets permettent de remettre en circulation l'air réchauffé, en quantité réglable à volonté.

A noter, comme détail nouveau, que la paroi mitoyenne entre la chambre de combustion et le deuxième carneau est remplacée par une plaque de tôle protégée par un revêtement d'amiante; placée immédiatement derrière le faisceau resserré de tubes bouilleurs, sur la face postérieure de la chambre de combustion, elle est fixée par une construction spéciale permettant le jeu des dilatations thermiques. La maçonnerie de la chaudière, fort volumineuse dans les constructions usuelles, a été réduite ici au strict nécessaire. A l'exception de briques réfractaires relativement minces, empilées verticalement entre les tubes de montée et de descente des parois antérieure et latérales de la chambre de combustion, et à part l'emmurage des trémies, la chaudière ne comprend aucune maçonnerie. L'enveloppe calorifuge, principalement en laine miné-

rale, est protégée à l'extérieur par un revêtement de tôle.

La chambre de combustion, très haute et de proportions favorables (fig. 8 et 9), est entièrement garnie d'écrans tubulaires, ce qui assure une bonne protection des parois de briques réfractaires. Tout le système tubulaire est disposé et fixé autour de la chambre de combustion de façon à pouvoir se dilater librement en tous sens.

Les tubes bouilleurs qui tapissent les quatre parois de la chambre de combustion forment la partie la plus importante de la surface de chauffe, à laquelle la chaleur dégagée par le foyer est transmise principalement par rayonnement. De ce fait, les gaz de combustion ont déjà subi un refroidissement notable lorsqu'ils atteignent les surfaces de contact subséquentes, de sorte que même à l'emploi de combustibles laissant des cendres abondantes ou facilement fusibles, les risques d'encrassement et le dégagement de fumées sont sensiblement réduits. Cet effet est encore renforcé par le faisceau granulateur disposé dans la partie supérieure de la chambre de combustion et formé de tubes bouilleurs moins serrés; il refroidit les particules de cendres déjà amollies, de sorte que c'est sous forme de grains solides qu'elles atteignent les surfaces de chauffe suivantes, sans y adhérer dans une mesure notable. La chaudière peut donc rester en service pendant d'assez longues périodes, sans baisse exagérée de rendement. C'est une propriété particulièrement importante dans le cas présent, car la nouvelle installation doit pouvoir rester en service pendant tout l'hiver sans aucune révision. Grâce à ces dispositions spéciales et sur la base des expériences faites avec d'autres chaudières de même construction, on put renoncer à appliquer à demeure un dispositif de soufflage des suies.



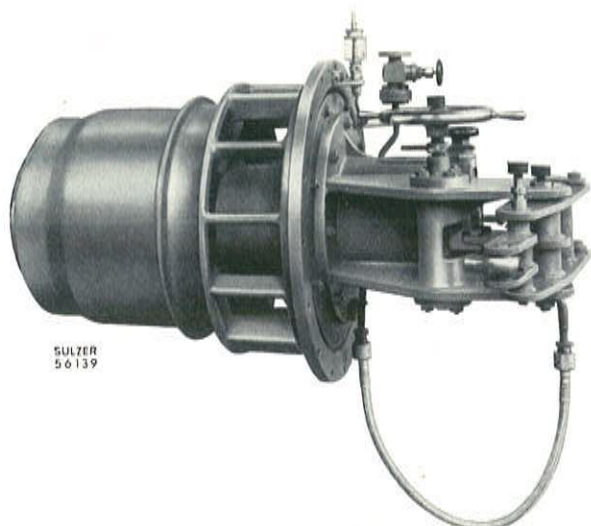


Fig. 11. Brûleur Sulzer à mazout, à réglage continu, d'une capacité de 1250 kg par heure. Quatre de ces brûleurs sont montés dans la nouvelle chaudière à rayonnement de la CIBA, Société Anonyme, à Bâle.

#### b) Foyer et circuit des gaz de combustion

Les conditions imposées au fonctionnement de la chaudière, soit la grande diversité des combustibles, la modicité des charges partielles, l'intensité des pointes et le maintien d'un bon rendement sur toute la gamme des charges, dictèrent le choix d'une grille mécanique compartimentée et jumelée Stein-Roubaix, avec soufflage sous grille d'air réchauffé, dégrasseurs, autel pendulaire et étanchéité latérale particulièrement soignée. A l'instigation de la Maison Sulzer Frères, la construction normale, avec réglage de l'air par des ventelles réparties en plusieurs zones, fut complétée par des compartiments pleins et disposés deux à deux l'un à côté de l'autre, avec réglage de l'air à leur entrée (fig. 10). L'air amené aux différents compartiments est dosé par des registres affectés à chacun d'eux, tandis que les

ventelles servent à affiner le réglage et à corriger la répartition de l'air.

La grille est entraînée par deux moteurs à commutateurs, à réglage de vitesse continu, commandés à distance du pupitre de contrôle. Pour satisfaire à la prescription de brûler des combustibles les plus divers, y-compris les fines de charbons maigres et de coke, la grille fut pourvue d'un tapis avec barreaux spéciaux.

L'air comburant, aspiré par le ventilateur de soufflage sous grille dans la région la plus chaude, soit près du plafond de la chaufferie, est envoyé sous la grille, à travers le réchauffeur qui le porte à la température de 110 à 130° C. Une partie de cet air réchauffé est soufflée dans la chambre de combustion, comme air secondaire, par deux ventilateurs qui le refoulent dans une rangée de tuyères antérieure et une rangée postérieure réglables. Une autre rangée de tuyères, non réglables, disposée également à la partie postérieure, permet l'injection d'une certaine quantité d'air tertiaire.

Le combustible, entreposé dans les quatre silos de la chaufferie, est amené par quatre bascules et quatre transporteurs transversaux aux deux trémies de grille subdivisées, puis réparti sur toute la largeur de la grille, au moyen de deux autres transporteurs à chaîne, sans modification notable du mélange. Grâce à la disposition de trémies doubles, on peut par exemple superposer, à une charge de combustible difficilement inflammable, une couche de charbon d'allumage, de façon à assurer une combustion correcte. D'autre part, chaque moitié de grille peut fonctionner pour elle seule, vu que les organes de fermeture des trémies de grille, les registres de réglage de couche et l'avance peuvent être actionnés indépendamment les uns des autres.

La paroi frontale de la chambre de combustion est pourvue de quatre brûleurs à mazout système Sulzer, à pulvérisation sous pression (fig. 11), d'un

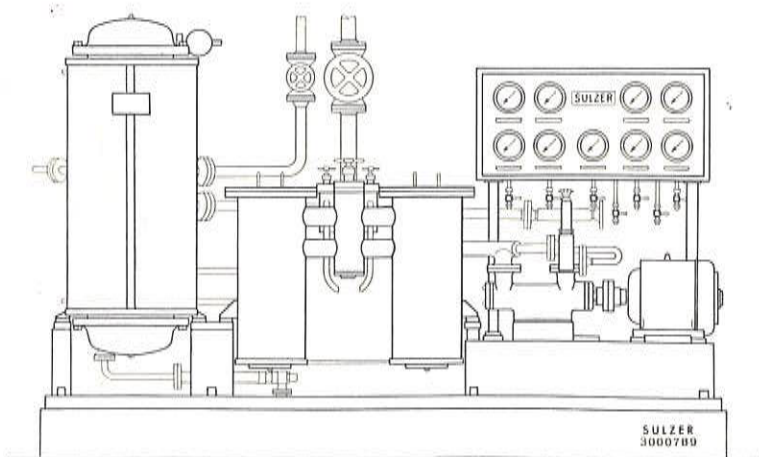


Fig. 12. Le poste d'alimentation en mazout de la nouvelle chaudière à rayonnement. A droite, la pompe «Imo» à commande électrique, avec soupape de décharge; au milieu, les deux filtres avec robinet à trois voies; à gauche, le réchauffeur de mazout de grande capacité.



débit unitaire de 1250 kg/h et capables d'assurer ensemble la vaporisation de 60 tonnes d'eau par heure. Chacun d'eux est pourvu d'un servo-moteur permettant le réglage, simultané ou individuel, à partir d'un chevalet de distribution disposé au poste de chauffe. Le dispositif de réglage agit sur la pression du mazout, donc sur son débit, en même temps que sur le débit et sur le tourbillonnement de l'air comburant. Grâce à leur conception particulièrement ingénieuse, ces brûleurs assurent une combustion irréprochable dans de vastes limites de charge, sans changement de tuyères. Si d'ailleurs ce changement était exceptionnellement nécessaire,

cette opération s'effectue en quelques secondes par brûleur. Pour la chauffe au mazout, l'air comburant provient également des canaux de soufflage sous grille.

Le mazout, entreposé dans des réservoirs souterrains extérieurs au bâtiment, est amené de là à la station d'alimentation des brûleurs, disposée au poste de chauffe (fig. 12). Cette station comprend une pompe «Imo» entraînée par un moteur à cage d'écureuil, une soupape de décharge, un filtre double avec robinet à trois voies, ainsi qu'un réchauffeur largement dimensionné et capable de porter la température du combustible à 120° C. Ce système de chauffe permet d'employer dans les brûleurs, outre le gas-oil, tous les combustibles liquides disponibles couramment sur le marché suisse, de même que diverses sortes de mazout, huile de soute, huile de goudron de lignite, etc.

Au sortir de la chambre de combustion, les fumées passent, à travers le faisceau de granulation et le surchauffeur final, dans le deuxième carneau (fig. 7), qu'elles parcourent de haut en bas en traversant le surchauffeur préliminaire et l'économiseur-vaporisateur. Après une déviation de 180°, au cours de laquelle s'opère une première séparation grossière des poussières, les fumées arrivent dans le troisième carneau, où, en remontant, elles traversent le réchauffeur d'air (fig. 13). Elles en sortent pour passer dans deux dépoussiéreurs Sulzer-van Tongeren à double cyclone, équipés chacun de deux cyclones complémentaires, et sont enfin aspirées par un ventilateur à double entrée, qui les refoule à l'extérieur par une cheminée cylindrique en tôle de 2700 mm de diamètre et de 37 m de hauteur. La construction de la cheminée (fig. 1) lui confère une stabilité rendant tout hauban superflu; son orifice se trouve à 63 m au-dessus du sol.

Les particules de fumées grossières, qui se déposent entre l'économiseur et le réchauffeur d'air, ainsi que dans les premiers étages des dépoussiéreurs, se composent en grande partie de grains de coke; un ventilateur à haute pression les refoule dans la chambre de combustion, à travers la paroi postérieure et immédiatement au-dessus de la grille. Par contre, les particules plus fines, complètement brûlées, se déposent dans les cyclones complémentaires, d'où elles sont amenées dans un collecteur et de là directement dans les trémies à scories.

Les scories sont évacuées à l'état humide par deux dégrasseurs Martin, auxquels parvient aussi, par le moyen de transporteurs à chaîne, le contenu des deux trémies à cendres; des wagonnets à bandages de caoutchouc évacuent le tout vers la soute existante.

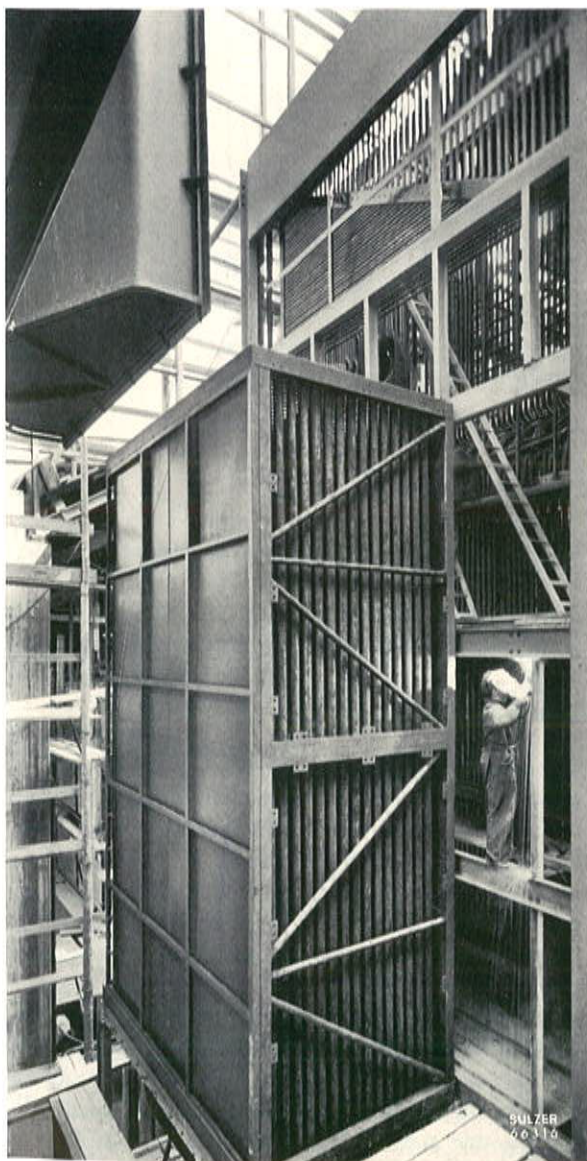
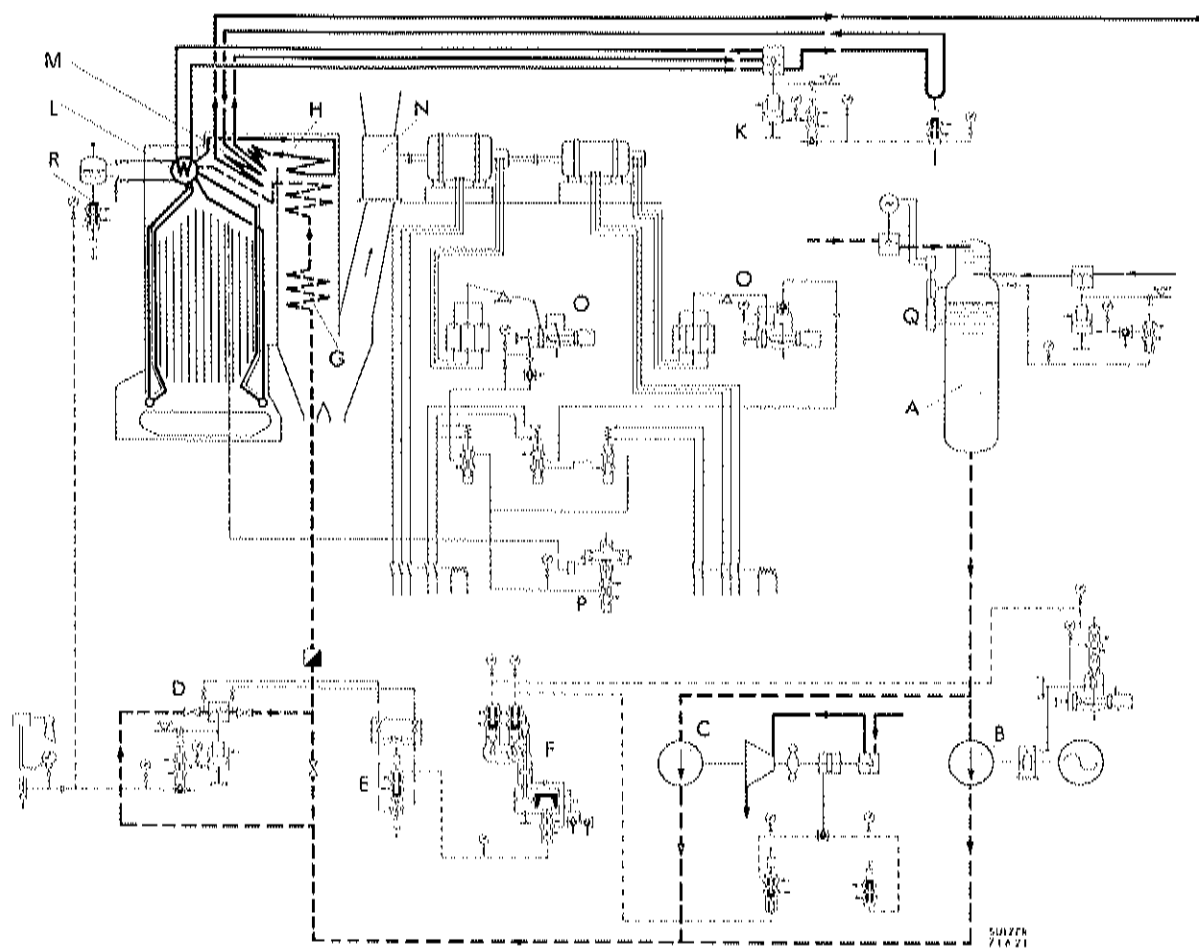


Fig. 13. Le réchauffeur d'air, par lequel l'air de soufflage sous grille est réchauffé jusqu'à 110 à 130° C. A la mise à feu et aux faibles charges, on peut laisser en circulation fermée une partie de l'air réchauffé.





## LÉGENDE:

- |   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| A | Bâche alimentaire surmontée du dégazeur  | K | Soupape à trois voies pour dérivation d'une partie de la vapeur, après la surchauffe préliminaire, vers le désurchauffeur |
| B | Groupe moto-pompe alimentaire avec accouplement multiplicateur hydraulique pour le réglage continu de la vitesse                   | L | Désurchauffeur à l'intérieur du corps de chaudière  |
| C | Groupe turbo-pompe alimentaire   | M | Surchauffeur final  |
| D | Soupape de réglage de l'alimentation   | N | Ventilateur de tirage induit  |
| E | Récepteur de pression différentielle de la soupape de réglage de l'alimentation pour le réglage de vitesse des pompes alimentaires | O | Résistances hydrauliques pour le réglage de la vitesse des deux moteurs entraînant le ventilateur de tirage induit        |
| F | Régleur isobare  | P | Récepteur de pression différentielle du réglage de tirage induit  |
| G | Economiseur-vaporisateur   | Q | Réglage du niveau dans la bâche alimentaire, avec dispositif de signalisation   |
| H | Surchauffeur préliminaire  | R | Récepteur du réglage de l'alimentation  |
| I | Thermostat de la vapeur prérechauffée  |   |   |

Fig. 14. Schéma du réglage de la nouvelle chaudière à rayonnement.

## c) Circuit de l'eau et de la vapeur

Comme le montre la figure 14, l'eau d'alimentation, dégazée et réchauffée à 105° C, est amenée aux économiseurs par l'une des deux pompes alimentaires B ou C. Les serpentins tubulaires parallèles du dernier faisceau d'économiseur, où commence déjà la vaporisation, débouchent indépendamment l'un de l'autre, au-dessus du niveau d'eau, dans le corps de chaudière. Au bas de ce dernier, l'eau est amenée par les tubes de descente aux collecteurs inférieurs, d'où elle revient au corps, en partie vaporisée, par les tubes de montée chauffés. La vapeur saturée qui se rassemble dans le corps de chaudière passe au surchauffeur préliminaire H par une autre rangée de tubes parallèles, d'abord dans la partie supérieure du corps. Les tubes qui

déversent dans le corps de chaudière le mélange d'eau et de vapeur arrivant de l'économiseur-vaporisateur et des tubes ascendants, débouchent dans le corps en une disposition spéciale, avec des écrans de séparation empêchant pratiquement tout entraînement d'eau, vers le surchauffeur préliminaire, par les tubes de sortie.

A la sortie du surchauffeur préliminaire, la vapeur passe par une soupape à trois voies K, commandée automatiquement par la température à l'entrée du surchauffeur final M; cette soupape détourne une partie du courant de vapeur vers le désurchauffeur L, disposé dans le corps de chaudière, et dans lequel cette vapeur transmet sa chaleur de surchauffe à l'eau de la chaudière. Refroidie de la sorte, la vapeur retourne à la soupape à trois



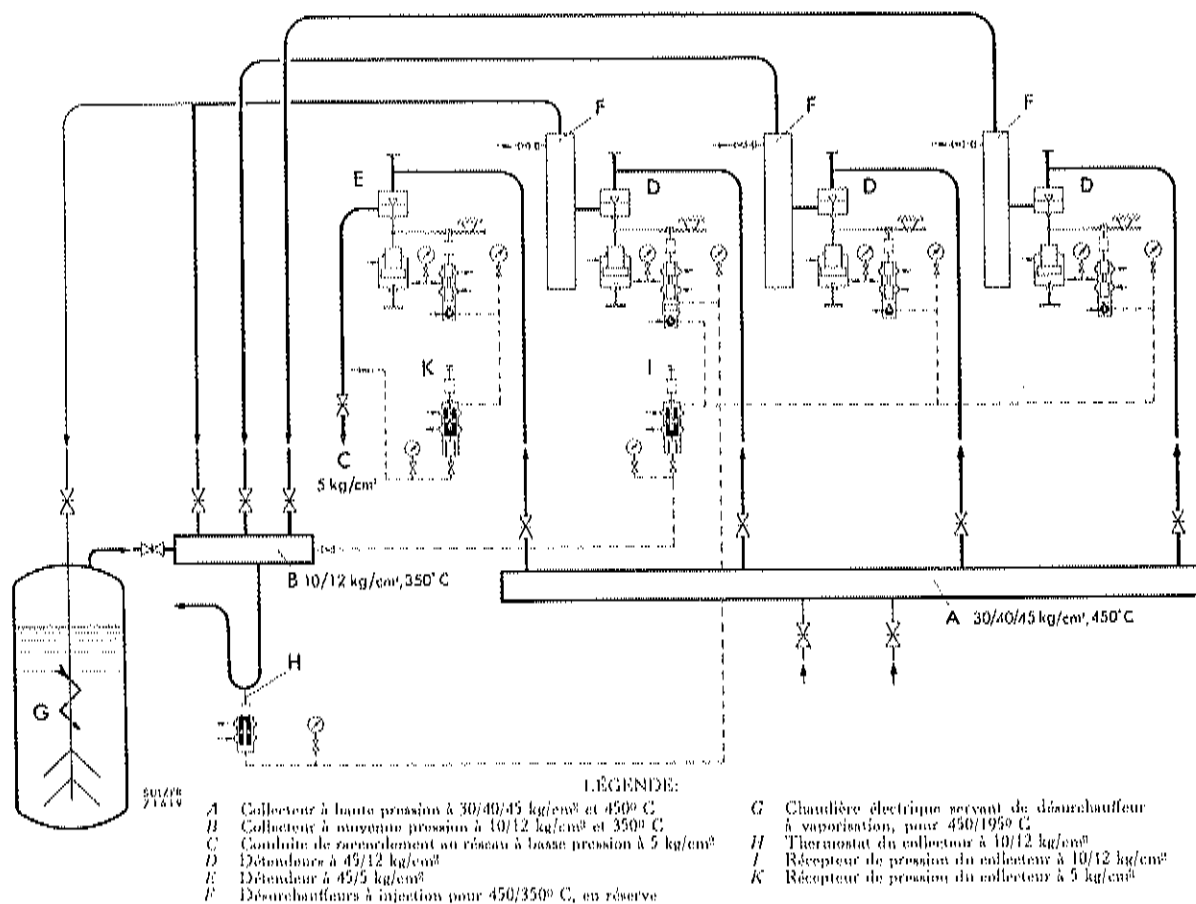


Fig. 15. Schéma du poste réducteur de pression et de température.

voies et s'y mélange au courant principal qui passe au surchauffeur final. A la sortie de ce dernier, la vapeur vive présente, à toutes les charges de la chaudière, la température de surchauffe prescrite, avec un maximum de 450° C.

#### d) Le réglage

Toutes les opérations de réglage sont assurées par les organes de réglage hydrauliques développés par la Maison Sulzer Frères et éprouvés depuis de longues années. Le poste d'huile de réglage central, qui fournit l'huile sous pression, à 10 kg/cm<sup>2</sup>, nécessaire à tous les appareils, comprend essentiellement un réservoir d'huile avec une pompe à engrenages, commandée par un moteur électrique; cette pompe est complétée, à titre de réserve, par une pompe Simplex, raccordée au réseau de vapeur et mise en marche automatiquement, par un accumulateur d'huile, aussitôt que la pression d'huile s'abaisse, par exemple en cas de panne de courant. Un dispositif pulsateur engendre dans le circuit d'huile des variations de pression périodiques qui entretiennent en permanence, dans tous les appareils de réglage, un mouvement oscillatoire autour de la position d'équi-

libre. Ce dispositif élimine le frottement de repos de tous les appareils, ce qui élève sensiblement la précision du réglage, surtout dans le cas de déplacements de faible course. Un réfrigérant d'huile maintient à peu près constante la température et par conséquent la viscosité de l'huile. Cette dernière est épurée par des filtres au départ et au retour dans le réservoir. Les servo-moteurs des appareils, tous de même construction, sont très robustes et peu sensibles aux encrassements. Le schéma de la figure 14 illustre les connexions des différents organes régulateurs; pour plus de clarté, on n'y a pas fait figurer le poste d'huile de réglage, les conduites d'huile et les dispositifs pulsateurs.

Le réglage du tirage induit a pour fonction de maintenir à une valeur déterminée et constante la dépression de la chambre de combustion, en variant la vitesse du ventilateur de tirage *N*. La dépression de la chambre de combustion agit sur un récepteur différentiel à membrane *P*, dont les impulsions se transmettent à l'un des deux servo-moteurs *O* commandant le degré d'immersion des électrodes dans les rhéostats hydrauliques des moteurs; la puissance de ces derniers, qui sont pourvus d'induits à bagues,

est de 70 ch à 600 t/mn pour le premier, et de 300 ch à 1000 t/mn pour le plus grand. Celui de 70 ch entraîne à lui seul le ventilateur quand la charge de la chaudière est inférieure à 65 t/h, tandis qu'au-delà de cette limite le moteur de 300 ch est mis en marche; dans chaque cas, le moteur déclenché tourne à vide. Par l'action d'un dispositif de blocage, le servo-moteur du moteur en service participe seul au réglage, tandis que les électrodes du second moteur restent constamment prêtes à intervenir.

Le *réglage de l'alimentation* a pour tâche de varier le débit de l'eau d'alimentation d'après le niveau d'eau dans le corps de chaudière; à cet effet, le récepteur de niveau *R*, comprenant un récipient porté par des appuis élastiques et communiquant avec le corps de chaudière, transmet ses impulsions de réglage au servo-moteur de la soupape alimentaire. On s'était proposé de réduire toujours au strict nécessaire la puissance absorbée par les pompes alimentaires, ce qui, dans une centrale de si grande importance, améliore sensiblement l'économie de l'exploitation pendant les longues périodes de marche à charge partielle et à pression réduite. A cet effet, la soupape alimentaire *D* est pourvue d'un dispositif de réglage additionnel à pression différentielle, qui règle la vitesse des pompes alimentaires *B* ou *C* de façon que la perte de charge dans la soupape *D* reste sensiblement constante. Un récepteur différentiel *E*, raccordé aux tubulures d'entrée et de sortie de la soupape, transmet ses impulsions de réglage, par l'intermédiaire du régulateur isobare *F* nécessaire de toute façon à la stabilité du réglage, d'une part au dispositif de variation de vitesse adjoint à l'accouplement hydraulique du groupe moto-pompe alimentaire, et d'autre part à la soupape d'admission de vapeur du groupe turbo-pompe.

Le *réglage de la température* maintient la température de surchauffe, à la sortie de la chaudière, à la valeur prescrite aux différentes conditions de service; le circuit de la vapeur en lui-même a été décrit au paragraphe 4c ci-dessus. Pour assurer le réglage de la température, un thermostat *I*, inséré dans le circuit en amont du surchauffeur final *M* (fig. 14), commande par un servo-moteur la soupape à trois voies *K*, intercalée entre le surchauffeur préliminaire et le surchauffeur final, de façon à détourner une partie du courant de vapeur, après la surchauffe préliminaire, vers le désurchauffeur du corps de chaudière, et à le ramener ensuite dans le courant principal. En dosant le débit de vapeur détourné par cette soupape, on arrive à donner à la vapeur quittant la chaudière une température très proche de la valeur de régime voulue, même à l'emploi de combustibles les plus divers. Avec ce dispositif de

réglage relativement simple, les fluctuations de charge n'entraînent que de très faibles variations de la température. Par rapport au refroidissement par injection, ce procédé a le grand avantage de ne pas nécessiter d'eau d'injection de haute valeur; la vapeur produite est pratiquement exempte de sels.

Le *réglage de dégazage* a pour fonction de maintenir constantes la pression et par conséquent la température dans le dégazeur et dans la bêche alimentaire *A*. A cet effet, un détecteur de pression, agissant sur un distributeur avec asservissement, commande le servo-moteur d'un détendeur de vapeur, qui laisse passer dans le dégazeur, après détente, un débit de vapeur déterminé, à partir du réseau à 5 kg/cm<sup>2</sup>.

Le *niveau d'eau dans la bêche alimentaire* est maintenu constant par un régulateur électrique *Q*, pourvu d'une soupape à commande électrique. Un certain nombre d'instruments de contrôle avec dispositifs signalisateurs permettent de surveiller cet appareil du poste de chauffe.

La *pression du réseau à 30 kg/cm<sup>2</sup>* (*P* dans la figure 6) est réglée selon le même principe que celle du dégazeur.

Les appareils et dispositifs servant au réglage de la *pression et de la température* dans le réseau de vapeur à moyenne pression de 10/12 kg/cm<sup>2</sup>, visibles sur le schéma de la figure 15, font partie du poste réducteur de la pression et de la température décrit ci-dessous au paragraphe 5.

Les organes de réglage affectés particulièrement au réseau *B* de 10/12 kg/cm<sup>2</sup> comprennent en premier lieu trois détendeurs *D*, qui laminent la vapeur de 45 à 10/12 kg/cm<sup>2</sup>, et sont commandés de la même manière que la soupape de réduction du dégazeur. Chacun de ces détendeurs est suivi d'un désurchauffeur de vapeur *F*, dans lequel une certaine quantité d'eau de condensation est injectée par un organe à commande manuelle. Ce dispositif d'injection reste inutilisé actuellement, mais peut servir en cas de besoin. Pour refroidir la vapeur à haute pression après détente, on emploie de préférence les chaudières électriques. A cet effet, le troisième des réducteurs est soumis à l'action complémentaire d'un thermostat *H*, inséré dans le réseau *B* de 10/12 kg/cm<sup>2</sup>; subissant par conséquent l'effet de la température de vapeur régnant dans ce réseau, il envoie un débit de vapeur, dosé suivant les besoins, à travers des chicanes spéciales disposées dans les chambres d'eau des chaudières électriques. Ces dernières fonctionnent ainsi comme désurchauffeurs de grande capacité. La vapeur saturée, d'environ 195° C, produite de la sorte est envoyée dans le réseau à 10/12 kg/cm<sup>2</sup>, où elle sert au réglage de la température. Suivant la quantité de vapeur con-



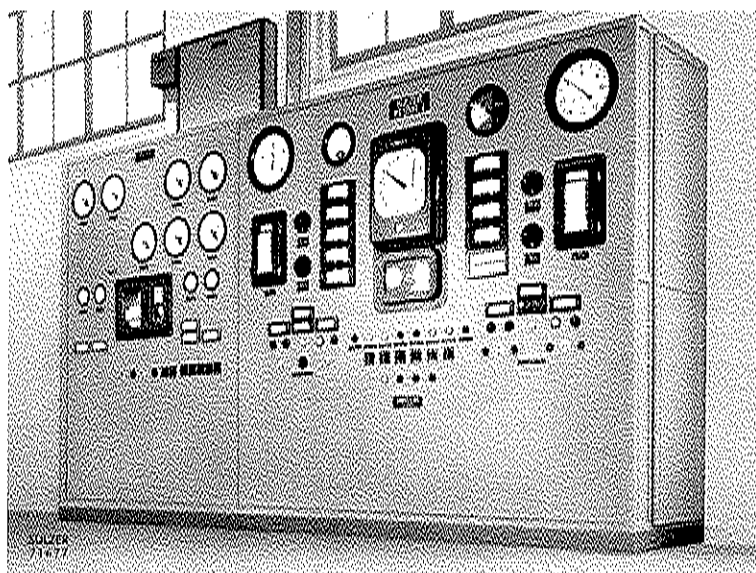


Fig. 16. Le tableau des instruments de mesure et de contrôle de la nouvelle chaudière à rayonnement.

sommée, les trois détendeurs sont mis en service isolément ou en parallèle.

Les deux papillons *I* (fig. 6), qui régulent l'alimentation du réseau de vapeur à basse pression *R* à  $5 \text{ kg/cm}^2$ , à partir du collecteur à moyenne pression *Q* à  $10/12 \text{ kg/cm}^2$ , ont chacun leur propre récepteur de pression, également raccordé au réseau central d'huile de réglage. Il en est de même du détendeur de réserve, qui permet d'alimenter au besoin le réseau à basse pression *R*, de  $5 \text{ kg/cm}^2$ , directement à partir du collecteur à haute pression *O*, de  $30/40/45 \text{ kg/cm}^2$ . Ce détendeur est désigné par *E* dans le schéma de la figure 15, où le réseau à  $5 \text{ kg/cm}^2$  porte la lettre *C*.

Tous les récepteurs de pression des réseaux à  $10/12 \text{ kg/cm}^2$  et à  $5 \text{ kg/cm}^2$  peuvent être commandés, aussi bien du sol de la salle des machines que de la galerie de répartition de vapeur, s'il est nécessaire de varier dans certaines limites la pression de ces réseaux.

### c) Les instruments de contrôle

Tous les instruments de contrôle et de mesure nécessaires à la surveillance des foyers, des circuits de fumées, de l'eau et de la vapeur, du réglage, etc., sont rassemblés sur un tableau (fig. 16), fourni par la Maison Landis & Cyr, à Zoug et situé sur le sol du poste de chauffe, le long de la paroi frontale de la chaufferie. A part les instruments de contrôle usuels, mentionnons l'indicateur de fumées et surtout le débitmètre à vapeur, avec correction par la température et la pression, pourvu d'un gros cadran avec enregistrement circulaire. Le panneau des instruments porte en outre les commutateurs de réglage pour les ventilateurs de soufflage sous grille, pour les deux mécanismes d'avance des grilles, ainsi que le commutateur-inverseur pour les ventilateurs de tirage induit et de soufflage sous grille; un ampèremètre affecté à chaque moteur principal permet d'en contrôler la charge à tout instant.

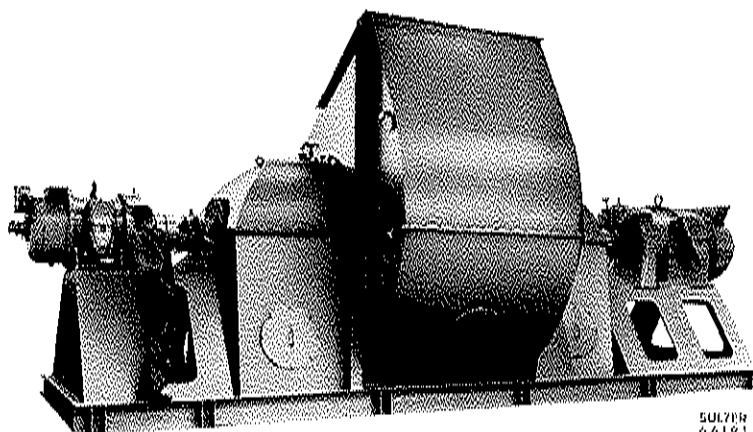


Fig. 17. Le ventilateur de tirage induit de la nouvelle installation. Le moteur visible sur le côté gauche, d'une puissance de 70 ch à 600 t/mn, suffit lorsque la charge de la chaudière ne dépasse pas 65 t/h. Au-delà de cette charge, c'est le moteur visible à droite, d'une puissance de 300 ch à 1000 t/mn, qui est mis en service.

SULZER  
66191

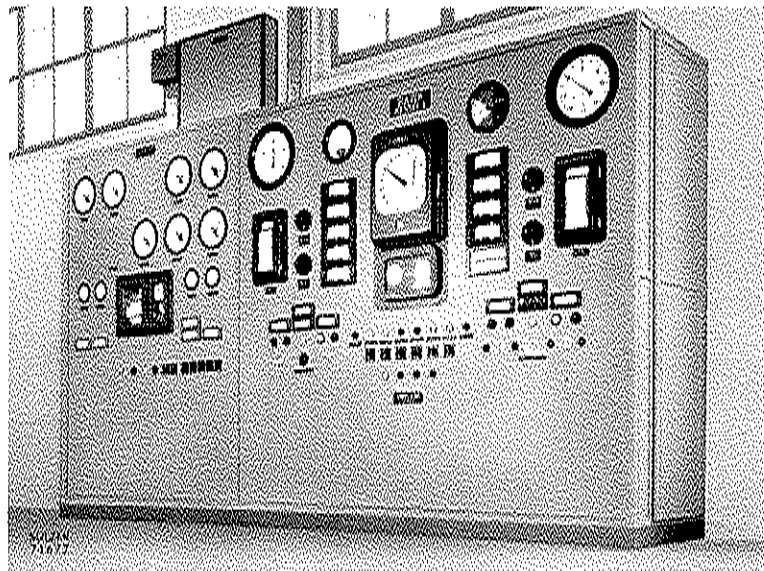


Fig. 16. Le tableau des instruments de mesure et de contrôle de la nouvelle chaudière à rayonnement.

sommée, les trois détendeurs sont mis en service isolément ou en parallèle.

Les deux papillons *I* (fig. 6), qui régulent l'alimentation du réseau de vapeur à basse pression *R* à  $5 \text{ kg/cm}^2$ , à partir du collecteur à moyenne pression *Q* à  $10/12 \text{ kg/cm}^2$ , ont chacun leur propre récepteur de pression, également raccordé au réseau central d'huile de réglage. Il en est de même du détendeur de réserve, qui permet d'alimenter au besoin le réseau à basse pression *R*, de  $5 \text{ kg/cm}^2$ , directement à partir du collecteur à haute pression *O*, de  $30/40/45 \text{ kg/cm}^2$ . Ce détendeur est désigné par *E* dans le schéma de la figure 15, où le réseau à  $5 \text{ kg/cm}^2$  porte la lettre *C*.

Tous les récepteurs de pression des réseaux à  $10/12 \text{ kg/cm}^2$  et à  $5 \text{ kg/cm}^2$  peuvent être commandés, aussi bien du sol de la salle des machines que de la galerie de répartition de vapeur, s'il est nécessaire de varier dans certaines limites la pression de ces réseaux.

#### e) Les instruments de contrôle

Tous les instruments de contrôle et de mesure nécessaires à la surveillance des foyers, des circuits de fumées, de l'eau et de la vapeur, du réglage, etc., sont rassemblés sur un tableau (fig. 16), fourni par la Maison Landis & Gyr, à Zoug et situé sur le sol du poste de chauffe, le long de la paroi frontale de la chaufferie. A part les instruments de contrôle usuels, mentionnons l'indicateur de fumées et surtout le débitmètre à vapeur, avec correction par la température et la pression, pourvu d'un gros cadran avec enregistrement circulaire. Le panneau des instruments porte en outre les commutateurs de réglage pour les ventilateurs de soufflage sous grille, pour les deux mécanismes d'avance des grilles, ainsi que le commutateur-inverseur pour les ventilateurs de tirage induit et de soufflage sous grille; un ampèremètre affecté à chaque moteur principal permet d'en contrôler la charge à tout instant.

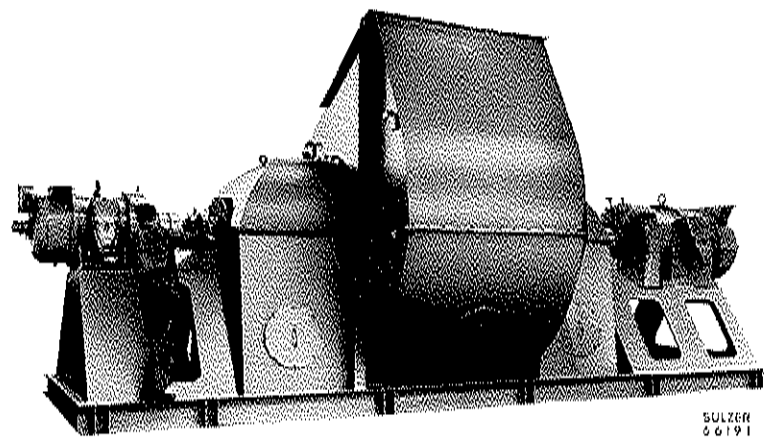


Fig. 17. Le ventilateur de tirage induit de la nouvelle installation. Le moteur visible sur le côté gauche, d'une puissance de 70 ch à 600 t/mn, suffit lorsque la charge de la chaudière ne dépasse pas 65 t/h. Au-delà de cette charge, c'est le moteur visible à droite, d'une puissance de 300 ch à 1000 t/mn, qui est mis en service.

SULZER  
66191



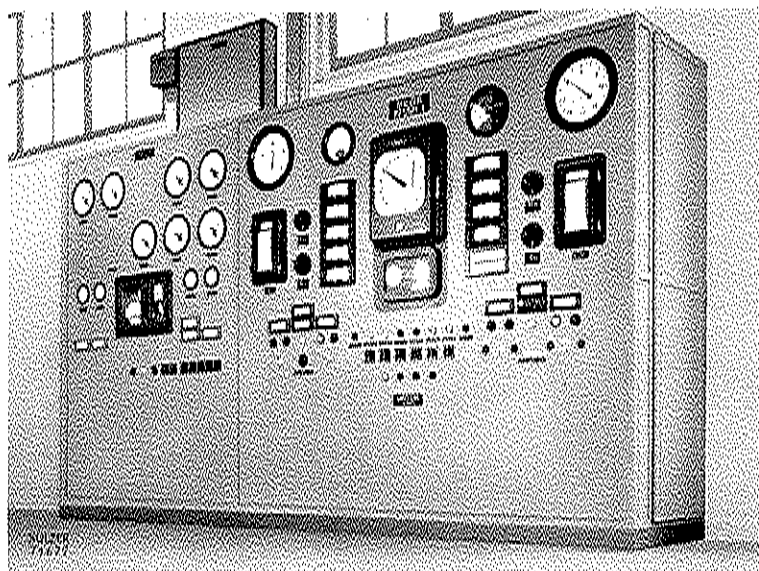


Fig. 16. Le tableau des instruments de mesure et de contrôle de la nouvelle chaudière à rayonnement.

sommée, les trois détendeurs sont mis en service isolément ou en parallèle.

Les deux papillons *I* (fig. 6), qui régulent l'alimentation du réseau de vapeur à basse pression *R* à  $5 \text{ kg/cm}^2$ , à partir du collecteur à moyenne pression *Q* à  $10/12 \text{ kg/cm}^2$ , ont chacun leur propre récepteur de pression, également raccordé au réseau central d'huile de réglage. Il en est de même du détendeur de réserve, qui permet d'alimenter au besoin le réseau à basse pression *R*, de  $5 \text{ kg/cm}^2$ , directement à partir du collecteur à haute pression *O*, de  $30/40/45 \text{ kg/cm}^2$ . Ce détendeur est désigné par *E* dans le schéma de la figure 15, où le réseau à  $5 \text{ kg/cm}^2$  porte la lettre *C*.

Tous les récepteurs de pression des réseaux à  $10/12 \text{ kg/cm}^2$  et à  $5 \text{ kg/cm}^2$  peuvent être commandés, aussi bien du sol de la salle des machines que de la galerie de répartition de vapeur, s'il est nécessaire de varier dans certaines limites la pression de ces réseaux.

### c) Les instruments de contrôle

Tous les instruments de contrôle et de mesure nécessaires à la surveillance des foyers, des circuits de fumées, de l'eau et de la vapeur, du réglage, etc., sont rassemblés sur un tableau (fig. 16), fourni par la Maison Landis & Gyr, à Zoug et situé sur le sol du poste de chauffe, le long de la paroi frontale de la chaufferie. A part les instruments de contrôle usuels, mentionnons l'indicateur de fumées et surtout le débitmètre à vapeur, avec correction par la température et la pression, pourvu d'un gros cadran avec enregistrement circulaire. Le panneau des instruments porte en outre les commutateurs de réglage pour les ventilateurs de soufflage sous grille, pour les deux mécanismes d'avance des grilles, ainsi que le commutateur-inverseur pour les ventilateurs de tirage induit et de soufflage sous grille; un ampèremètre affecté à chaque moteur principal permet d'en contrôler la charge à tout instant.

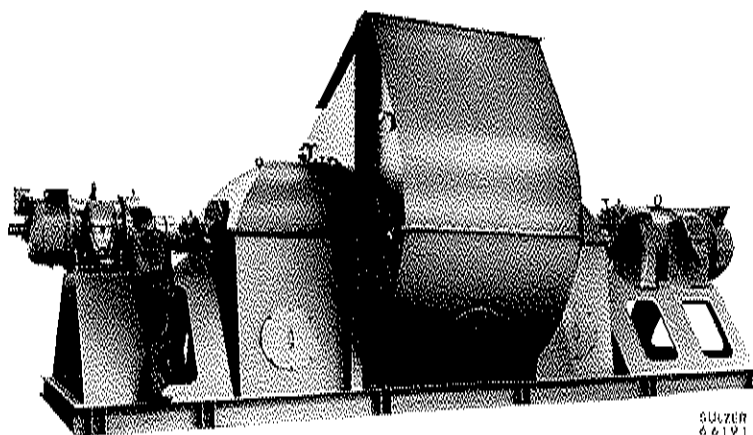


Fig. 17. Le ventilateur de tirage induit de la nouvelle installation. Le moteur visible sur le côté gauche, d'une puissance de 70 ch à 600 t/mn, suffit lorsque la charge de la chaudière ne dépasse pas 65 t/h. Au-delà de cette charge, c'est le moteur visible à droite, d'une puissance de 300 ch à 1000 t/mn, qui est mis en service.

SULZER  
6 6191



## f) Les appareils auxiliaires

La *bâche alimentaire A* (fig. 14), d'un contenu de 65 m<sup>3</sup> et de disposition verticale, est surmontée d'un *dégazeur* établi pour un débit de 200 m<sup>3</sup>/h. L'eau d'alimentation, arrivant de l'installation d'épuration, est réchauffée à 105° C dans le dégazeur, ce qui libère l'acide carbonique dissous et les restes d'oxygène qu'elle contient.

Une fois dégazée, l'eau d'alimentation s'écoule, par gravité, aux *pompes alimentaires* disposées à la hauteur du poste de chauffe, derrière la chaudière. La pompe à moteur *B*, établie pour un débit de 120 t/h, est entraînée par un moteur électrique à cage d'écureuil de 410 ch à 3000 t/mn, pourvu d'un dispositif usuel de démarrage en étoile-triangle. Le groupe entier, dont l'accouplement hydraulique à vitesse variable a été mentionné plus haut, est monté sur une plaque de fondation commune. La turbo-pompe alimentaire *C*, d'un débit de 148 t/h, est entraînée par une turbine à vapeur Sulzer à contre-pression et à réducteur de vitesse, avec réglage automatique de la vitesse. La turbine, qui fournit une puissance de 510 ch à 3100 t/mn, est alimentée en vapeur vive à 45 kg/cm<sup>2</sup>, et la vapeur d'échappement passe dans le réseau à 5 kg/cm<sup>2</sup>. Les deux pompes alimentaires centrifuges à haute pression sont de construction spéciale, avec corps en

une seule pièce, étudiée par la Maison Sulzer Frères pour le refoulement d'eau à haute température.

Le ventilateur centrifuge à basse pression Sulzer, affecté au soufflage sous grille, est pourvu de deux bouts d'arbre entraînés chacun par un moteur à induit à bagues. Le plus petit de ces moteurs, d'une puissance de 60 ch à 1000 t/mn, suffit lorsque la charge de la chaudière est inférieure à 65 t/h, tandis que le plus gros moteur, d'une puissance de 230 ch à 1500 t/mn, est mis en service aux charges dépassant cette limite. La vitesse de chaque moteur peut être variée par un rhéostat hydraulique inséré dans le circuit de l'induit; les électrodes en sont déplacées par de petits moteurs électriques commandés à partir du tableau des instruments.

Le *tirage induit* est également produit par un ventilateur centrifuge Sulzer à basse pression (fig. 17 et *N* dans la fig. 14), de construction spéciale pour le refoulement de fumées avec disques déflecteurs protégeant les paliers contre le rayonnement de la chaleur, et arbre creux également refroidi par circulation d'air. La commande de ce ventilateur par deux moteurs électriques, de puissances et de vitesses différentes, ainsi que le mode de réglage de la vitesse, ont été décrits dans le paragraphe 4d) sous le titre «Réglage du tirage induit».

Les quatre *moteurs électriques* affectés à la commande des ventilateurs de soufflage sous grille et du tirage induit, sont munis d'un système de refroidissement extérieur; l'air de refroidissement, aspiré sur le toit, est épuré dans des filtres à bagues Raschig. Les moteurs électriques, fournis par la Maison Brown, Boveri & Cie, sont alimentés à 500 Volts jusqu'à la puissance de 200 ch, tandis que les moteurs de puissance supérieure sont raccordés directement au réseau à 6000 Volts.

Les deux ventilateurs d'air secondaire, ainsi que le ventilateur de récupération des fines de coke, sont également entraînés par des moteurs à cage d'écureuil; ici, les roues sont directement calées sur les bouts d'arbre des moteurs.

Les conduites sont en général soudées bout à bout sur toute leur longueur; seuls les raccords aux organes de fermeture et aux divers appareils sont pourvus de brides. Les conduites de vapeur vive, ainsi que le surchauffeur final, sont en tubes d'acier spécial allié.

Au-dessus de 150 mm de diamètre, les conduites de vapeur et d'eau surchauffée à haute pression – à partir de 100 mm déjà pour les pressions nominales de 100 et plus – sont presque exclusivement munies de *vannes Sulzer à sièges obliques*, après les excellentes expériences faites dans cette installation avec des vannes de ce type fournies antérieurement.

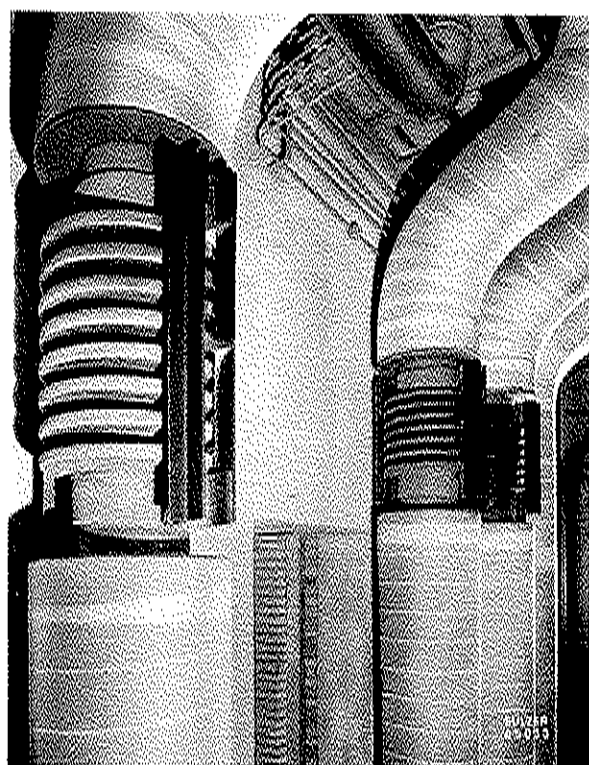


Fig. 18. Les composants des conduites de 350 mm, raccordées au collecteur de 10/12 kg/cm<sup>2</sup>. À gauche, la conduite à 10/12 kg/cm<sup>2</sup>; à droite, les deux conduites pour la vapeur détendue à 5 kg/cm<sup>2</sup>.



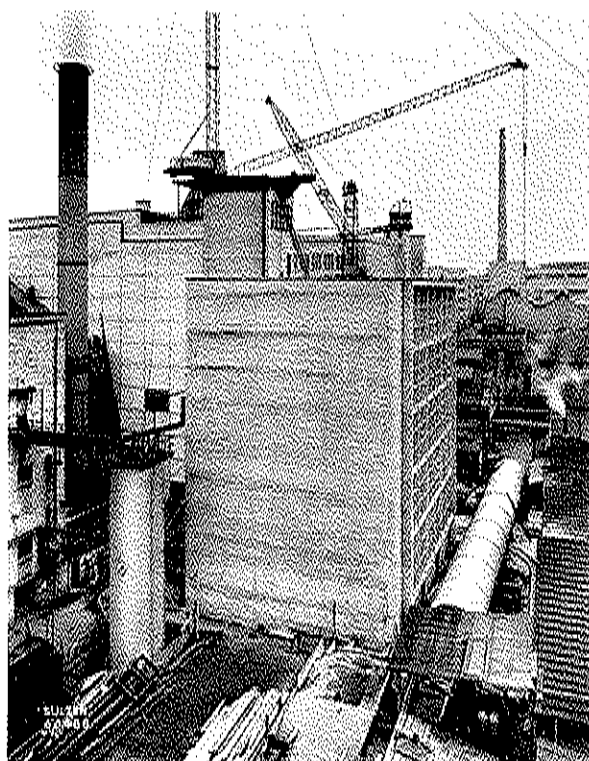


Fig. 19. L'exiguïté de l'emplacement disponible compliquait l'entreposage du matériel, qui dut être amené à pied d'œuvre suivant un programme minutieusement établi.

ment. Du reste, c'est précisément dans cette centrale thermique qu'avait été remise il y a une dizaine d'années, aux fins d'épreuve en exploitation industrielle, la première vanne Sulzer à sièges obliques.

Le revêtement calorifuge de la bache alimentaire est fait de plaques de liège, tandis que toutes les conduites, les canaux de fumées et d'air chaud, ainsi que le ventilateur à fumées et les séparateurs de poussières, sont calorifugés avec de la laine minérale. Les conduites calorifugées sont recouvertes de tôle de cuivre, et les organes de fermeture sont pourvus de capots «Caldo». La protection extérieure des bassins et des séparateurs de poussières est faite d'un revêtement dur de mortier de chaux, avec joints de dilatation; enfin le ventilateur de tirage induit porte un revêtement de tôle d'aluman.

#### 5° La station de réduction pour la pression et la température

La nouvelle station de répartition de vapeur (fig. 5 et 6) est située dans la salle des machines, le long de la paroi mitoyenne. Les organes de fermeture sont desservis de deux plate-formes à claire-voies superposées et accessibles de la cage d'escalier.

Les deux conduites de vapeur vive arrivant de la chaufferie à la salle des machines débouchent dans deux embranchements en T, dont la branche transversale, disposée verticalement, est raccordée en haut au collecteur de répartition à haute pression pour 30/40/45 kg/cm<sup>2</sup> (fig. 5, à droite), et en bas aux deux batteries de soupapes d'admission du groupe turbo-alternateur à contre-pression. A partir du collecteur de répartition à haute pression, diverses conduites alimentent, vers le bas, le groupe turbo-pompe alimentaire de la nouvelle chaudière à rayonnement, les groupes turbo-soufflantes pour la fourniture d'air comprimé, et le détendeur pour le réseau de

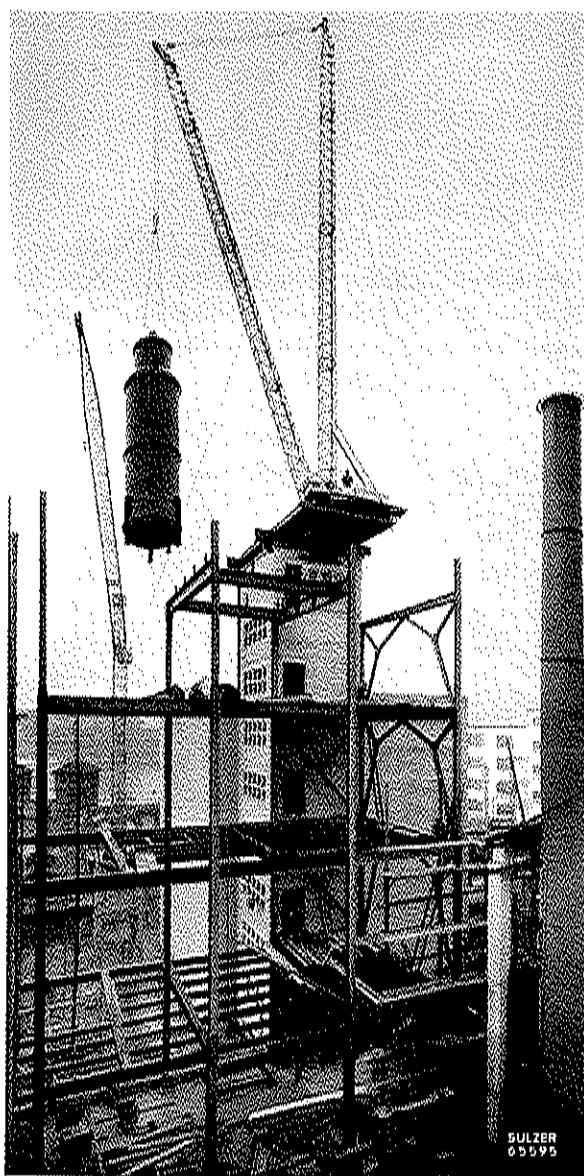


Fig. 20. La construction du bâtiment de la chaufferie et le montage de l'ossature de la chaudière furent menés de front. En haut, le derrick pour des charges jusqu'à 15 tonnes, à la mise en place de la bache alimentaire surmontée du dégazeur; au fond à gauche, la grue pivotante de 1,5 à 3 tonnes.

fabrication à  $30 \text{ kg/cm}^2$   $P$  (fig. 6), par lequel sont alimentés les groupes turbo-pompes alimentaires des anciennes chaudières. Quatre autres embranchements du collecteur de répartition à haute pression conduisent aux détendeurs, vers le haut, comme le montre la figure 15; trois détendeurs alimentent le réseau à  $10/12 \text{ kg/cm}^2$ , tandis que le quatrième maintient la pression dans le réseau à  $5 \text{ kg/cm}^2$ .

On a déjà décrit au paragraphe 4d), sous le titre «Réglage de la pression et de la température dans le réseau à moyenne pression de  $10/12 \text{ kg/cm}^2$ », la façon dont la vapeur, soutirée dans le collecteur à haute pression  $A$ , est détendue à  $12 \text{ kg/cm}^2$ , puis refroidie par mélange avec de la vapeur ramenée à la température de saturation dans les chaudières électriques; ce procédé adapte aux exigences de l'exploitation la température de la vapeur dans le collecteur à moyenne pression  $B$ .

À gauche et à la hauteur du collecteur à haute pression (fig. 5) se trouve le collecteur à  $10/12 \text{ kg/cm}^2$ , dans lequel débouchent d'en haut les conduites de raccordement aux trois détendeurs. Il comprend une quatrième tubulure de réserve, encore inutilisée. Les conduites arrivant des chaudières

électriques débouchent d'en bas dans ce collecteur, auquel sont également raccordées, du même côté, la conduite de départ principale de  $350 \text{ mm}$ , ainsi que les deux conduites de même diamètre alimentant le réseau à  $5 \text{ kg/cm}^2$  et pourvues chacune d'un papillon automatique.

Toutes les conduites ont été disposées et fixées de façon que les sollicitations dues aux dilatations thermiques ne puissent nulle part dépasser les limites admissibles. A cet effet, une partie des conduites fut soumise, lors du montage, à des précontraintes négatives, déterminées au préalable exactement par des calculs et des essais en laboratoire, et appelées à décharger d'autant ces conduites en service. En outre, les trois grosses conduites de départ de  $350 \text{ mm}$ , raccordées au collecteur de  $10/12 \text{ kg/cm}^2$ , furent munies de compensateurs représentés par la figure 18.

## 6° Le montage

Un problème difficile fut soulevé par la nécessité absolue, pour l'exploitation des usines, de monter et de mettre en service la nouvelle installation de

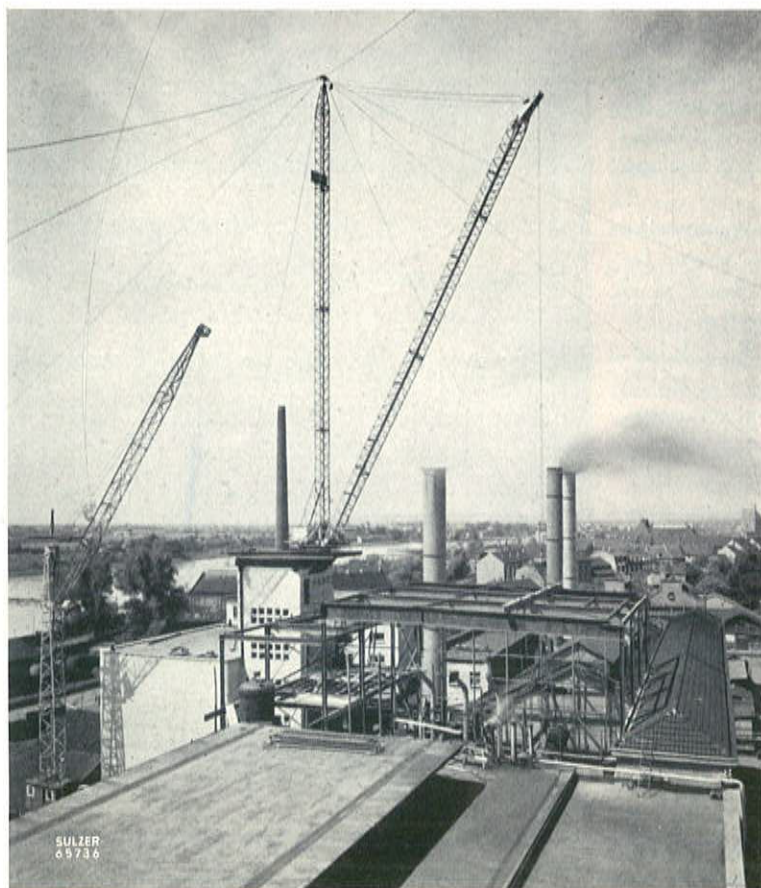


Fig. 21. La charpente métallique de la chaufferie presque terminée; les poutres transversales de la toiture servirent à suspendre provisoirement le corps de chaudière, avant le montage de l'ossature métallique.



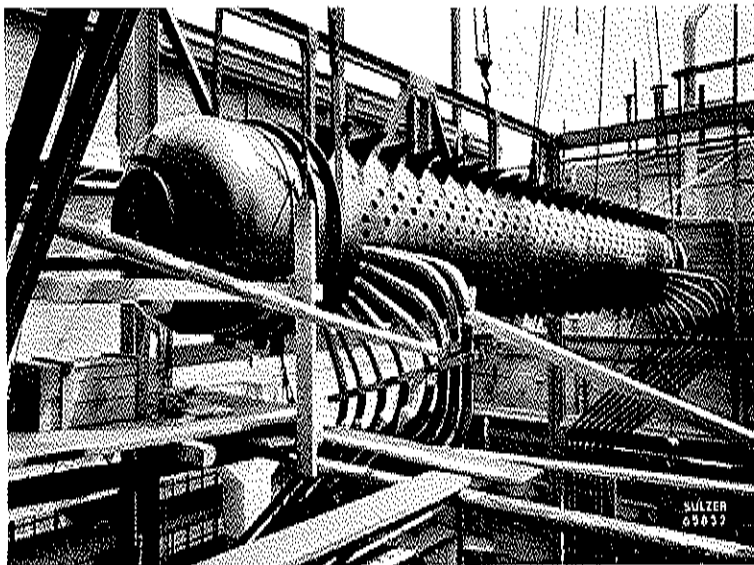


Fig. 22. Le corps de chaudière, d'un poids à vide de 25 tonnes, suspendu provisoirement aux traverses de la toiture, au début du montage des tubes.

chaudière dans un espace de six mois. Les deux chaudières Garbe, dont l'emplacement devait être occupé par la nouvelle chaudière à rayonnement, étaient indispensables en hiver pour la production de vapeur, de sorte que ce ne fut qu'à la fin de

février 1951 qu'il fut possible de les démolir, tandis que la nouvelle chaudière devait être prête à entrer en service au commencement de l'hiver suivant. Ces exigences imposaient un programme de construction extrêmement serré, auquel le commettant

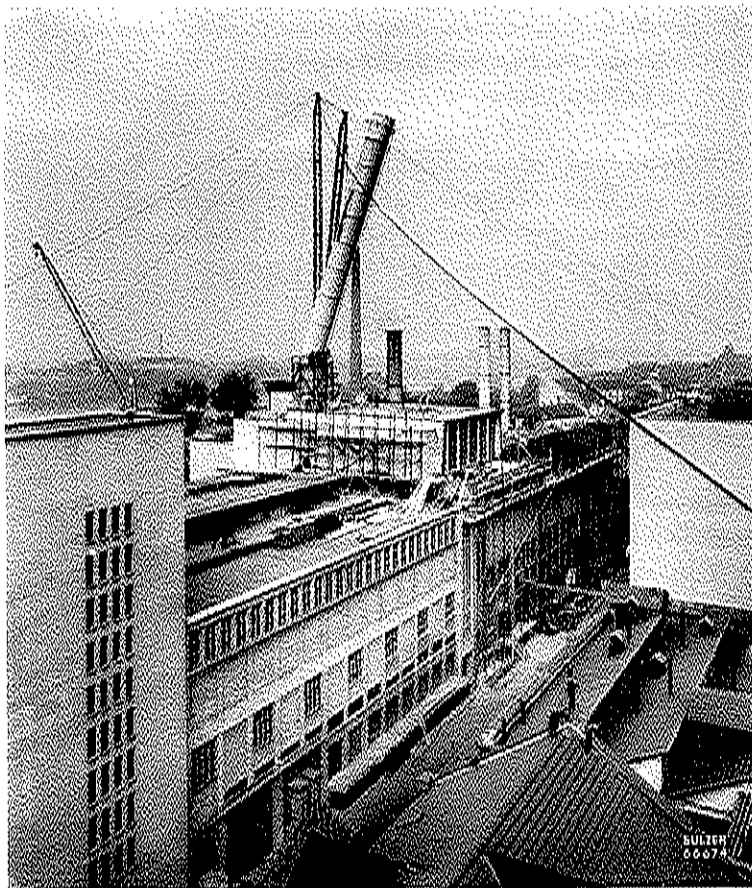


Fig. 23. Montage de la cheminée en tôle, de 2700 mm de diamètre et de 37 m de hauteur, sur le toit de la chaufferie. La cheminée, entièrement libre et dépourvue de tout hauban, débouche à 63 m au-dessus du sol.



Fig. 24. Le poste de chauffe de la nouvelle installation. Au premier plan, à gauche, la nouvelle chaudière à rayonnement; à sa suite, les chaudières Garbe 3 et 4, puis tout au fond à droite, les chaudières multitubulaires Sulzer 5 et 6.

décida de faire face en répartissant le travail sur deux étapes; dans la première, soit en été 1950, on devait procéder au montage de la station de répartition de vapeur, tandis que l'année suivante seulement, on passerait au montage de la chaudière proprement dite.

Le poids total des nouvelles fournitures, sans les maçonneries et les revêtements calorifuges, se montait à 800 tonnes environ, et les tubes de la nouvelle installation avaient une longueur totale d'à peu près 36 km.

Une autre difficulté était due au fait que les environs immédiats du chantier n'offraient que peu de place pour le dépôt de matériaux divers (fig. 19). Il fallut entreposer une partie du matériel sur les toits de l'ancienne chaufferie, du poste d'épuration de l'eau et de la salle des machines. Pour terminer le montage à temps, on dut prendre diverses mesures spéciales et appliquer certains procédés en partie inédits dans la construction des chaudières.

Il était tout d'abord indispensable d'élaborer, en collaboration étroite entre les usines de la Maison Sulzer Frères, les sous-fournisseurs, les Chemins de Fer Fédéraux et le maître de l'œuvre, un programme exact pour l'arrivée du matériel à pied d'œuvre. Un avantage essentiel fut l'emploi d'un derrick (fig. 20 et 21) monté sur la cage d'escalier, haute de 30 m, de l'installation d'épuration d'eau, pour le montage

simultané de la chaudière et de la charpente métallique du bâtiment. La flèche du derrick, longue de 34 m, arrivait jusqu'aux deux voies normales de l'usine, utilisées pour l'amenée du matériel, et permettait de descendre à pied d'œuvre toutes les pièces lourdes, jusqu'à un poids maximum de 15 tonnes. Les pièces plus légères furent introduites à l'aide d'une grue de chantier pivotante, d'une force de 1,5 à 3 tonnes. Le corps de chaudière, d'un poids de 25 tonnes, fut hissé à l'aide de treuils, avant le montage de l'ossature de la chaudière, et fixé provisoirement aux poutres transversales de la toiture de la chaufferie. Le montage des tubes sur le corps de chaudière fut entrepris avant la fin de celui de l'ossature (fig. 22). La cheminée en tôle, de 37 m de hauteur, fut montée également au moyen du derrick, en deux tronçons de 13,5 et 15 tonnes (fig. 23).

Il convient de souligner ici que le commettant mit tout en œuvre pour faciliter la tâche du fournisseur, en reléguant généreusement au second plan toute considération d'importance secondaire, au profit de l'abrégement du montage. C'est ainsi que ce travail fut confié à la Maison Sulzer Frères à un prix forfaitaire suffisant à l'emploi de deux équipes de monteurs, et permettant d'engager en abondance la main d'œuvre auxiliaire en même temps que de couvrir toutes les plus-values de salaires résultant



des heures supplémentaires. C'est toutefois, en premier lieu, grâce aux efforts intenses et à la collaboration étroite de tous les participants, grâce aussi à l'aide efficace apportée par l'excellent personnel qualifié de la CIBA, que cette œuvre difficile put être menée à bien avec plein succès (fig. 24).

## 7<sup>o</sup> Résultats d'exploitation

Les essais de réception officiels eurent lieu du 22 au 24 janvier 1952 sous le contrôle de l'Association Suisse des Propriétaires de chaudières à vapeur. Comme la nouvelle installation devait à elle seule desservir toute l'exploitation, on prit des mesures spéciales pour aplanir autant que possible les fluctuations de la charge dans le réseau des usines pendant la durée des essais. Comme la chaudière accusait déjà environ 800 heures de service, on procéda au nettoyage préalable des surfaces en contact avec les fumées. Les principaux résultats de ces essais de réception sont résumés dans le tableau ci-dessous:

Essai No.		1	2	3
Durée de l'essai	h	6,5	8,0	7,5
Combustible		Houille flambrante polonaise	Houille à gaz sarroise	Houille flambrante de Lorraine Merlen- bach
Provenance, mine		Rydul- towy	Reden	
Granulation	mm	10/18	10/20	0/7
Degré d'humidité	%	8,5	3,4	11,5
Teneur en cendres	%	6,7	7,8	9,5
Composants volatils	%	35,2	32,8	29,8
Pouvoir calorifique inférieur	cal/kg	6667	7400	6000
Limite de fusion des cendres	°C	1140-1200	1150-1200	1190-1340
Quantité de charbon brûlé	kg/h	7078	7070	8452
Quantité de vapeur produite	kg/h	65024	68169	64585
Température de l'eau d'alimen- tation	°C	103,8	102,8	101,6
Température de surchauffe	°C	438,3	446,6	447,3
Pression de vapeur à la sortie du surchauffeur	kg/cm <sup>2</sup>	44,3	44,3	42,5
Température de l'air avant le réchauffeur	°C	40	36,1	32,7
Température de l'air à la sortie du réchauffeur	°C	111	110	109,7

Température des fumées à l'échappement	°C	128	144,5	128,4
Teneur des fumées en CO <sub>2</sub>	%	15,1	12,5	14,7
<b>Bilan thermique</b>				
Pertes par imbrûlés	%	0,7	0,8	3,2
Pertes dans la cheminée	%	4,7	6,6	5,3
Pertes par rayonnement	%	1,4	1,4	1,4
<b>Rendement de la chaudière</b>	%	93,2	91,2	90,1

Par un essai spécial, d'une durée de deux heures, effectué avant l'essai N° 1 ci-dessus, on examina le fonctionnement de l'installation à pleine charge permanente, correspondant à peu près à la «charge maximum fréquente» des conventions; la consommation de vapeur des services de fabrication se maintint à une moyenne de 77,2 t/h, avec des écarts maximum à 68 et à 85 t/h.

L'exploitation industrielle a permis d'éprouver les excellentes qualités de cette chaudière. C'est ainsi qu'à charge réduite, jusqu'à 20 t/h par exemple, le rendement reste encore très avantageux, et l'on peut abaisser la pression, en charge partielle, jusqu'à 20 kg/cm<sup>2</sup>, sans aucun inconvénient. Au cours d'une révision faite en été 1952, on fut frappé du parfait état de la chambre de combustion, qui ne présentait pratiquement aucun dépôt de scories. Les carreaux de fumées n'accusaient, eux aussi, aucun encrassement notable.

L'expérience a montré qu'en produisant, dans la nouvelle chaudière seule, toute la vapeur nécessaire aux services de fabrication, on peut réaliser de sensibles économies sur la puissance absorbée par les machines auxiliaires. L'exploitation de la nouvelle chaudière à rayonnement seule, à l'exclusion des anciennes unités, occupe d'ailleurs beaucoup moins de personnel.

Les expériences faites jusqu'ici en cours d'exploitation ont pleinement confirmé, sous tous les rapports, les excellentes qualités constatées sur des chaudières à rayonnement avec chauffe au charbon pulvérisé, d'exécutions antérieures; ces qualités embrassent en particulier la haute sécurité d'exploitation, les bonnes facultés de manœuvre et l'économie remarquable du service, même à faible charge.

Maurice H. Gfeller

## Résultats obtenus en service avec des moteurs Diesel alimentés à l'huile lourde

662.753.3:621.436

*Partant des circonstances historiques d'origine, l'article suivant donne quelques exemples typiques d'installations Diesel-Sulzer stationnaires alimentées en fuel-oils lourds et expose l'expérience qui y fut acquise en service pratique.*

*Ce texte est assez exactement celui d'une conférence tenue par l'auteur au Congrès international des Moteurs à Paris, en mai 1951.*

Lorsque Rodolphe Diesel inventa son moteur thermique rationnel, il s'était inspiré surtout des problèmes relatifs à l'économie thermique. La nature du combustible ne l'intéressait encore qu'à titre secondaire. Ainsi, à part l'huile lourde, il avait pris en considération le gaz et même le charbon pulvérisé. Mais les premiers résultats pratiques furent obtenus avec du pétrole lampant. La ténacité de l'inventeur et la collaboration de constructeurs doués surent faire naître de ces expériences la machine qu'on alimente aujourd'hui principalement d'huiles combustibles et que l'on désigne comme moteur Diesel.

Le document le plus ancien qui exprime l'idée d'injecter des hydrocarbures directement dans une machine à combustion interne est le brevet anglais n° 7146, de 1890, pris par Herbert Akroyd Stuart (1864-1927).

Le terme d'«hydrocarbures liquides» embrasse

de nos jours toute la gamme des produits de la distillation du pétrole naturel, de l'essence au fuel-oil lourd. Il est frappant que cette expression ait été employée à une époque où les combustibles liquides composés d'hydrocarbures auraient déjà pu assurer un succès économique au moteur proposé. Tout manquait, aussi bien les moyens de production que les services de distribution. On ne dégagait du pétrole brut que l'essence et le pétrole lampant, le reste étant considéré comme des résidus inutilisables. D'autre part, on conçoit aisément que, comme carburant pour moteurs, le pétrole lampant ne pouvait donner des résultats économiques satisfaisants, malgré le rendement élevé du nouveau moteur Diesel. On peut donc affirmer que l'application pratique du moteur Diesel au commencement de ce siècle a donné une impulsion déterminée à l'art de la distillation du pétrole naturel. C'est surtout pour répondre à ses besoins que l'on procéda à l'extraction de la fraction distillant à température plus élevée que le pétrole lampant: le gas-oil.

On disposa bientôt de ce combustible à profusion et c'est en 1905 que le gas-oil, provenant principalement des champs pétrolifères de Galicie, accusa le prix le plus bas, moins du quart de son prix actuel. Mais, par la suite, son prix augmenta

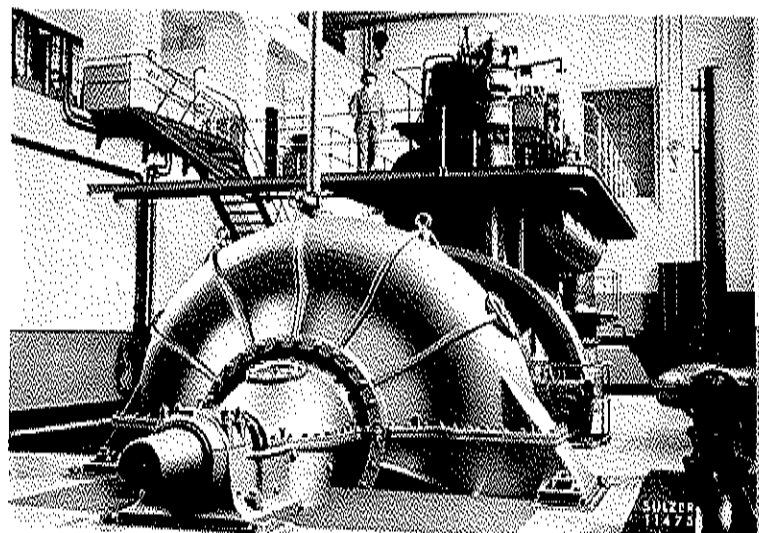


Fig. 25. Salle des machines de la station de pompage de Kom-Ombo, en Egypte. La pompe d'irrigation visible au premier plan et livrée par la Maison Sulzer Frères, est entraînée par un moteur Sulzer à deux temps, à crosses et à injection pneumatique. Il développe 2000 ch à 136 t/mn et est alimenté de fuel-oils lourds de provenances diverses.



peu à peu et constructeurs et utilisateurs du moteur Diesel se mirent de nouveau à la recherche de combustibles moins coûteux.

L'huile de goudron de houille répondait à cette exigence et fut bientôt utilisée pratiquement, en 1910 pour la première fois, dans un moteur Sulzer à quatre temps, pourvu d'un dispositif de réchauffage spécial. En 1912, on se mit à adapter aussi les moteurs à deux temps à la marche aux huiles lourdes. Pendant la guerre de 1914 à 1918, la Maison Sulzer fut obligée d'établir sa propre installation pour la distillation du goudron, afin de permettre à ses clients suisses de maintenir leurs moteurs en service.

Les recherches portèrent aussi sur la mise en valeur des résidus de distillation du pétrole naturel. C'est particulièrement au voisinage des champs pétrolifères que l'idée naquit d'utiliser ces résidus.

### Les premiers moteurs Diesel-Sulzer alimentés en huiles lourdes

En 1912, la Maison Sulzer Frères fournit le premier moteur à quatre temps, destiné à être alimenté au fuel-oil lourd, de *Comodoro Rivadavia*. Il s'agissait d'un moteur à quatre temps, à pistons plongeurs et à injection pneumatique, développant 120 ch à 375 t/mn.

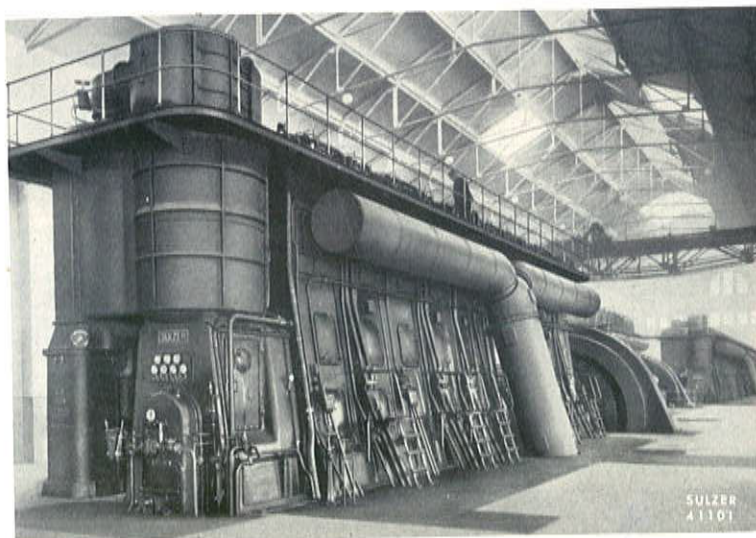
Les résidus de distillation des combustibles de l'Amérique du Sud sont caractérisés par une grande viscosité à la température atmosphérique. Pour permettre leur libre écoulement et éviter des pressions trop élevées dans la pompe à combustible du moteur, il faut les réchauffer. L'injection pneumatique

utilisée à cette époque n'était pas très exigeante à ce point de vue, et il suffisait de réchauffer le fuel-oil avec l'eau de refroidissement des cylindres et du tube d'échappement à double paroi. On faisait circuler cette eau, ayant une température d'environ 60 à 75° C, à contre-courant dans une conduite à double paroi amenant le fuel-oil du réservoir journalier à la pompe du moteur. Cette eau chaude circulait ensuite dans un serpentin placé dans le réservoir lui-même. Pour le démarrage, on utilisait le gas-oil, que l'on faisait aussi circuler, quelque temps avant l'arrêt du moteur, pour rincer les conduites. Afin d'assurer l'allumage à petite charge, on faisait usage d'une seconde pompe à combustible, dite à huile d'allumage, qui s'était avérée nécessaire pour la marche à l'huile de goudron, celle-ci s'allumant difficilement, surtout à faible charge, dans les moteurs à quatre temps. Elle avait, comme on dirait aujourd'hui, une qualité d'allumage très médiocre.

Entre 1910 et 1927, plus de 300 installations Sulzer à huiles visqueuses (huiles de goudron, huiles brutes, résidus de distillation) furent mises en service avec succès. Entre autres, les moteurs Sulzer installés entre 1923 et 1926 dans la *centrale de Ciego de Avila, à Cuba*, ont aujourd'hui tous plus de 75 000 heures de service avec un fuel-oil résiduel, qui accuse parfois un indice de cokéfaction d'après Conradson jusqu'à 12,87 %.

Dans les premières installations aménagées pour la marche aux huiles lourdes, on s'était abstenu d'employer des centrifuges pour extraire du fuel-oil les matières inorganiques qu'il contenait en quantités variables, n'ayant pas encore reconnu la

Fig. 26. Centrale de « Filaret » de la Ville de Bucarest (Roumanie) avec trois moteurs Diesel-Sulzer d'une puissance totale de 23 000 ch. eff. La « *pacura* », liquide épais qui constitue le combustible employé, est amenée au moteur par des conduites à doubles parois, chauffées à l'eau chaude.





grande importance de cette purification. L'injection pneumatique du combustible dans le cylindre n'offrait aucune difficulté, à condition de procéder à un chauffage additionnel dans les soupapes à combustible. Les tuyères d'injection étaient relativement grandes et accusaient au moins 3,5 mm pour la plus petite cylindrée. Toutefois, avec le temps, l'influence des impuretés du combustible sur l'usure des segments de piston et les chemises de cylindre se fit sentir d'une façon alarmante.

### La station de pompage de Kom-Ombo

Dans la station de pompage de Kom-Ombo en Egypte (fig. 25), qui comprend entre autres un moteur à deux temps et à simple effet, avec crosses, à injection pneumatique, développant 2000 ch à 136 t/mn, on enregistra successivement les usures suivantes par 1000 heures de service pour les différents combustibles utilisés:

	Teneur en soufre %	Teneur en cendres %	Usure mm par 1000 h
Avec un combustible appelé «Diesoline», produit fluide à température atmosphérique:			
Non purifié	1,13	0,01	0,390
Purifié	—	—	0,183
Avec du «Tarakan» de Bornéo	0,15	0,77	0,030
Avec du «Balik Papan» de Bornéo	0,11	0,40	0,079
Avec du «AngloPersian Fuel»	0,91	—	0,362

Il n'est pas étonnant qu'aucune corrélation n'ait pu être trouvée entre le pourcentage en cendres des combustibles utilisés et les usures constatées, car la composition des cendres joue un rôle capital. Malheureusement, on ne pensa pas à déterminer la composition des cendres, à l'époque. Mais de ces résultats, on peut retenir un point, c'est celui de l'avantage qu'il y a à purifier le combustible avant son emploi dans le moteur.

### Augmentation de la résistance à l'usure

Ces fortes usures des chemises ne purent être acceptées à la longue. Aussi se mit-on en quête d'alliages de fonte susceptibles de mieux résister, et on découvrit par la suite que l'addition de vanadium réduisait l'usure au tiers de la valeur obtenue avec une fonte grise ordinaire.

Par contre, des essais faits en 1938 sur un moteur à deux temps, de 300 mm d'alésage, avec crosses, et ayant pour but d'améliorer encore les résultats obtenus par le moyen du chromage, ne furent pas concluants.

### Effets au point de congélation

Certains combustibles du type paraffinique, et particulièrement ceux de Roumanie, accusent un point de congélation parfois très élevé. Il peut atteindre jusqu'à 40° C pour des produits résiduels. Cette propriété nécessite des précautions particulières dans l'installation des conduites de combustible reliant les réservoirs au moteur.

### Installation de Piatra Neamt

Une des premières centrales en Roumanie dont la direction s'attaqua résolument au problème de l'utilisation du fuel-oil roumain, appelé «pacura», est celle de Piatra Neamt. M. Jean Solomon, son directeur, a décrit cette installation et les résultats obtenus, lors du cinquième Congrès de l'Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique en 1934. La centrale se composait alors de deux moteurs à quatre temps, sans crosses, à injection pneumatique, chacun développant 520 ch à 215 t/mn, et d'un moteur à quatre temps, injection directe et à pistons plongeurs, de 260 ch à 300 t/mn. Le réservoir et la tuyauterie d'amenée du combustible au moteur étaient chauffés par des moyens électriques, et l'on avait pu se passer des conduites à parois doubles. Les éléments de chauffage, qui consistaient en des résistances électriques, tissées avec de l'amiante en forme du ruban, étaient sous une tension de 220 volts. Le système fonctionna d'une manière parfaite. Les résistances accusaient une température de 120° C au maximum. La consommation de courant pour le chauffage fut enregistrée à 0,07 kWh par kg de pacura approvisionné, et le coût de cette énergie ne s'éleva pas même à 2% de l'économie réalisée par l'utilisation de la pacura en lieu et place du gas-oil. Il convient aussi de relever la faible proportion de gas-oil utilisé pour le démarrage des moteurs, qui de règle se faisait une fois par jour. Cette consommation ne fut que de 2%, tandis que dans d'autres installations du même genre, on consommait jusqu'à 10% à cet effet. Toutefois, il faut relever que ce chiffre de 10% se rapporte à des moteurs à longues heures de marche en charge au gas-oil, occasionnées par les difficultés de réchauffage de la pacura pendant les jours très froids, mais c'est justement là que le système utilisé à Piatra Neamt fit preuve de sa valeur. C'est aussi dans cette centrale que la purification mécanique



du mazout fut poursuivie d'une manière systématique.

### La centrale de «Filaret» de la Ville de Bucarest

Une autre installation typique, mais d'un genre différent, est celle de la centrale de «Filaret» de la Ville de Bucarest (fig. 26). Elle se compose d'un moteur à deux temps et à simple effet, à crosses, de 5000 ch à 136 t/mn et à injection pneumatique, installé en 1928, et de deux moteurs à deux temps, à simple effet, avec crosses, développant chacun 9000 ch à 167 t/mn, installés en 1939. Comme le combustible utilisé accuse un point de congélation élevé, pouvant atteindre 40° C, toutes les conduites de mazout furent munies de parois doubles, y compris les conduites de trop-plein et de fuite. La chemise des tuyaux est parcourue par un courant d'eau chaude, prélevée de récupérateurs de chaleur installés sur l'échappement. C'est de là que provient aussi l'eau qui sert à réchauffer le combustible jusqu'à sa température d'injection. Lorsque les moteurs sont à l'arrêt, c'est un réchauffeur électrique qui fournit l'eau chaude nécessaire. De cette façon, on abrège considérablement la période de démarrage pendant laquelle l'échappement seul aurait à porter la température de la pacura à la valeur nécessaire. Il s'ensuit une forte économie de gas-oil. Les pompes à combustible des deux moteurs de

9000 ch, à injection directe, installés en 1939, se trouvent sur la première galerie à mi-hauteur du moteur, côté alternateur, et les conduites de refoulement, toutes égales, sont par conséquent très longues. Cependant, il s'est avéré inutile de les calorifuger ou, à plus forte raison, de prévoir leur chauffage. Les conduites chaudes se refroidissent si lentement qu'on a toujours le temps de les rincer avec du combustible fluide, au cas où les moteurs seraient arrêtés inopinément. Du reste, on a pris des dispositions pour que la pompe d'alimentation de gas-oil démarre d'elle-même en cas de panne du moteur électrique de la pompe d'alimentation à pacura. L'alimentation des moteurs au gas-oil est donc automatique et parfaitement assurée dans n'importe quelle nécessité. Le combustible utilisé dans cette centrale répond en général à l'analyse suivante:

Poids spécifique à 20° C	0,956
Point de congélation	-128° C
Pouvoir calorifique inférieur	9743 Cal/kg
Viscosité à 38° C (100° F)	298 cStokes
	ou 1200 sec. Redwood
Distillé total à 350° C	16 %
Indice de cokéfaction d'après Conradson	10,3 %
Soufre	Néant
Cendres	0,09 %

L'installation marche avec ce genre de combustible depuis 1939, et les moteurs à injection directe accusent aujourd'hui environ 30000 heures de service.

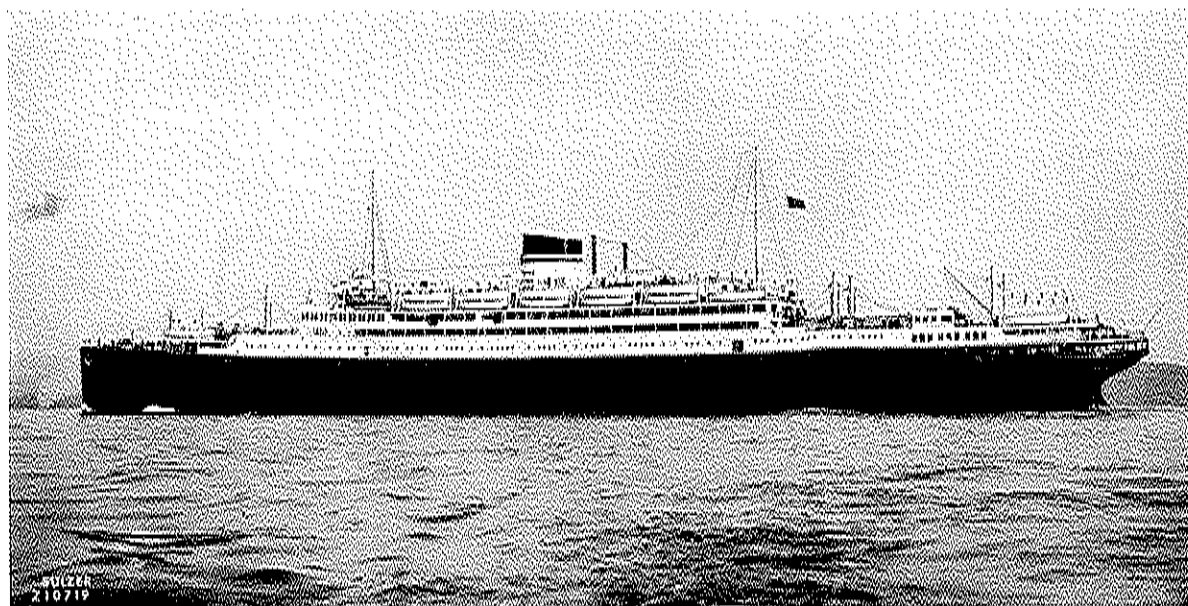


Fig. 27. Le «Saturnia», M. S. de la «Cosulich Line» de Trieste, propulsé par deux moteurs Sulzer à deux temps de 28000 ch au total. Les moteurs ont été alimentés, par moments, en «naphte», combustible qu'on réchauffait préalablement, pour en réduire la viscosité.

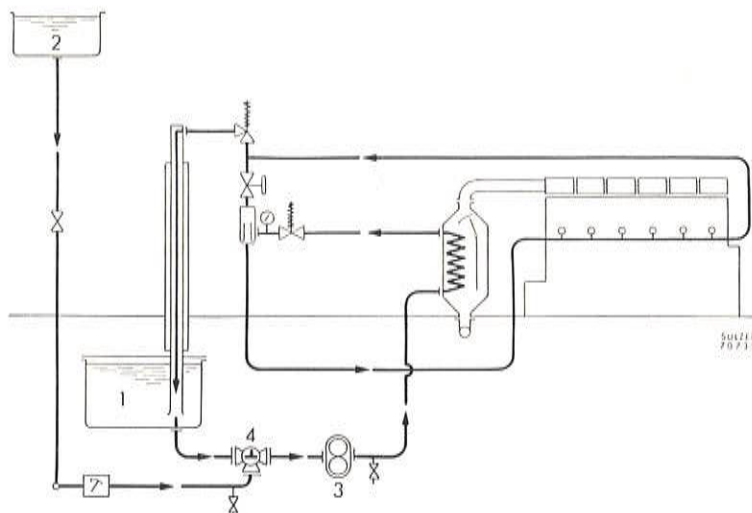


Fig. 28. Circuit du combustible pour le moteur de la centrale de la Ville de Godoy Cruz. Le combustible utilisé, particulièrement épais, est réchauffé à 150° C, à l'aide d'un serpentin liché par les gaz d'échappement. On le maintient à la pression de 4 kg/cm<sup>2</sup>, subitement détendue ensuite à 2 kg/cm<sup>2</sup>, pour dégazer le liquide.

### Effet de la viscosité sur les moteurs à injection directe

Comme nous l'avons déjà dit, les organes de l'injection pneumatique sont très peu sensibles à la viscosité et aux impuretés du combustible. L'injection directe, par contre, apporta quelques difficultés au commencement. La haute viscosité des huiles résiduelles se fit ressentir en tout premier lieu, et ceci est très compréhensible, puisque, même pour un combustible normal, la pression maximum qui règne dans les pompes et dans les injecteurs est de l'ordre de 500 atm. Toute augmentation de la viscosité du combustible, refoulé par ces pompes et à injecter dans le cylindre à travers des orifices de quelques dixièmes de millimètres seulement, a pour conséquence des augmentations de pression très marquées.

Les ingénieurs du M.S. «Saturnia» (fig. 27), qui est équipé de deux moteurs Sulzer à double effet, développant chacun 14000 ch à 135 t/mn, firent à ce sujet une expérience désagréable. En 1936, ce bateau fit son plein de combustible avec du «naphte», d'un poids spécifique à 20° C de 0,918, viscosité à 20° C 190 cStokes, indice de cokéfaction env. 2,34%, soufre 0,25%. Ayant négligé de réchauffer convenablement le combustible, le personnel vit les blocs des pompes à combustible se fendre l'un après l'autre. Sur ce, on se plia à la nécessité et, depuis ce moment, il n'y eut plus de difficultés.

### Effet de l'eau contenue dans les huiles lourdes

Les combustibles résiduels contiennent toujours un pourcentage plus ou moins fort d'eau. Si

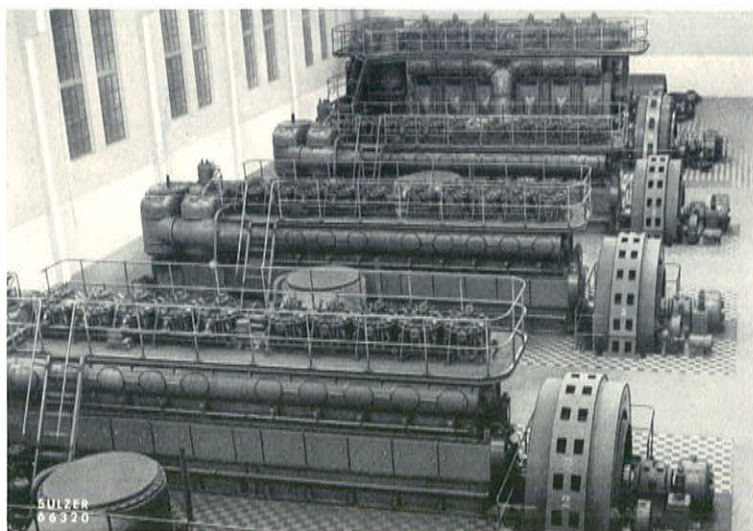


Fig. 29. Centrale à moteurs Diesel de Tucuman, en Argentine. Elle comprend entre autres quatre moteurs Sulzer à deux temps, dix cylindres, de 480 mm d'alésage, sans crosses, de 3250 ch chacun, à 231 t/mn. Ils marchent avec un combustible épais, d'un indice Conradson de 15%.



l'on réchauffe ces combustibles à la température d'ébullition de l'eau, la vapeur produite fait écumer le liquide qui alors prend beaucoup plus de volume et déborde même des réservoirs. Même si, par certaines précautions, on arrive à éviter ce dégagement d'écume, le danger de formation de poches de vapeur dans les conduites d'aspiration des pompes à combustible persiste, à moins qu'on ne les mette sous une certaine pression. L'expérience démontre que, sans pression additionnelle, la température de réchauffage ne doit pas dépasser 75 à 90° C.

### Le refroidissement des tuyères d'injection

Un point qui attira également l'attention des ingénieurs est la formation de coke autour des orifices des injecteurs, lorsque ceux-ci ne sont pas refroidis. Le mécanisme de ce phénomène a été étudié à fond par les laboratoires de la B. P. M. à Delft. De nos jours, dans les moteurs susceptibles d'être alimentés au fuel-oil, les injecteurs sont refroidis. Il importe de bien refroidir surtout le nez de l'injecteur et pas son corps, puisque le refroidissement paralyserait, du moins en partie, le réchauffage du combustible.

Ces exigences contradictoires se font particulièrement sentir à charge réduite du moteur. En effet, la quantité de combustible refoulée par cylindrée est faible, et le refroidissement subi dans la conduite de refoulement et ensuite dans la tuyère, est beaucoup plus intense. Il est pourtant plus simple de pousser davantage le réchauffage du combustible avant son entrée dans le système d'injection, tout en le maintenant sous une certaine pression, pour éviter des poches de vapeur dans les conduites d'aspiration des pompes à combustible.

### La centrale de la Ville de Godoy Cruz

Il y a aussi, depuis longtemps, des moteurs à deux temps, à pistons plongeurs et à injection directe, qui marchent à l'huile lourde. Une installation typique de ce genre est celle de la Ville de Godoy Cruz, dans la province de Mendoza, dont le moteur Sulzer à simple effet développe 2300 ch à 231 t/mn. Le combustible utilisé répond à l'analyse suivante:

Poids spécifique à 20° C	0,963
Viscosité à 38° C (100° F)	1970 cStokes ou 8000 sec. Redwood
Indice de cokéfaction d'après Conradson	15,1%
Soufre	0,26%
Cendres	0,064%

Le combustible est réchauffé dans un serpentin placé dans la conduite d'échappement et mis sous une pression de 4 atm par une pompe de circulation (fig. 28). Le réchauffage à environ 150° C est suivi d'un dégazage obtenu par détente subite à 2 kg/cm<sup>2</sup>. Le réchauffage du combustible contenu dans le réservoir journalier se fait indirectement par mélange, toutes précautions étant prises pour éviter une production d'écume. Pour éviter la formation de coke dans le serpentin placé dans les gaz d'échappement, on y fait circuler un débit de combustible de l'ordre de 3 à 4 fois la consommation du moteur à pleine charge. Cette façon de procéder assure également la température suffisante du combustible à faible régime du moteur. Les résultats obtenus dans cette installation sont très intéressants. Avec le fuel-oil dont l'analyse a été indiquée plus haut, l'usure moyenne des chemises n'est que de 0,05 à 0,07 mm par 1000 heures.

### La centrale Diesel de Tucuman, en Argentine

Dans une autre installation, à Tucuman, en Argentine (fig. 29), comprenant quatre moteurs à deux temps, simple effet, d'alésage 480 mm et développant chacun 3250 ch à 231 t/mn, des résultats très favorables ont été obtenus avec un combustible accusant les caractéristiques suivantes:

Poids spécifique	0,954
Viscosité à 38° C (100° F)	715 cStokes ou 2900 sec. Redwood
Indice de cokéfaction d'après Conradson	15%
Soufre	1,19%
Cendres	0,06%

### L'installation de Mar del Plata, en Argentine

A Mar del Plata, en Argentine, on a constaté, sur un moteur à quatre temps, sans crosses, d'alésage 650 mm, développant 2600 ch à 215 t/mn, après 37000 heures de service, une usure de 0,02 à 0,037 mm par 1000 heures. La charge constante varie entre 80 à 100 %. Le combustible utilisé accuse les valeurs suivantes:

Poids spécifique à 15° C	0,967
Viscosité à 38° C (100° F)	962 cStokes ou 3900 sec. Redwood
Indice de cokéfaction d'après Conradson	9,7%
Soufre	1,44%
Cendres	0,1%

On remarquera toutefois qu'il s'agit ici de résultats excellents et qu'on ne peut pas s'attendre à en



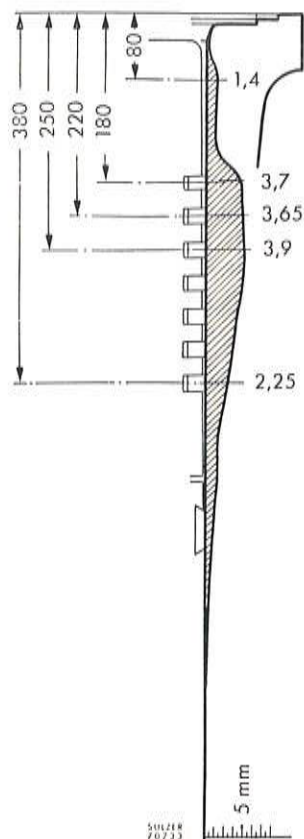


Fig. 30. Profil de l'usure du cylindre No 3 d'un moteur à deux temps, à crosses, de 600 mm d'alésage. L'usure est mesurée dans un plan perpendiculaire à l'arbre manivelles et reportée à l'échelle décuple, pour les valeurs radiales.

obtenir de pareils dans tous les cas. Il est très probable que des combustibles ayant une plus forte teneur en soufre provoqueraient de plus fortes usures.

### Présence de combustible sur les parois des cylindres

Un point à relever tout spécialement est l'importance qu'il y a à éviter toute projection de combustible sur la paroi refroidie des chemises. Dans un cas typique, l'usure fut sept fois plus grande avec des injecteurs défectueux, projetant des gouttelettes de résidus de cracking sur les parois des cylindres, qu'avec des injecteurs en bon état.

### Usure totale admissible

Comme usure totale, on considère en général, pour des moteurs de moyenne et de grande puissance, 0,8 % du diamètre comme maximum. Ceci signifie qu'un moteur à deux temps de 500 mm d'alésage, par exemple, accusant une usure de

0,10 mm par 1000 heures, peut conserver ses chemises pendant 40 000 heures de service.

### Profil de l'usure

La forme de l'usure des chemises est très typique.

La figure 30 représente l'usure radiale d'une machine à deux temps de 600 mm d'alésage. Les diminutions du diamètre, représentées au décuple, furent relevées au bout de 13593 heures de marche. Pendant une première période de 9322 heures, le combustible était de la «motorine», sorte de gas-oil roumain, tandis que le reste du temps, c'était de la «pacura». Il s'agit là d'un cas d'usure relativement forte, sur un moteur travaillant dans des conditions particulièrement difficiles, vraisemblablement due à la forte teneur en cendres de la pacura (0,1 %) et au fait que la centrifugation du combustible était insuffisante, d'après les conceptions actuelles.

La figure 31 donne les résultats obtenus sur les moteurs sans crosses de la centrale de la Ville de Cali en Colombie (fig. 32). Cette installation comprend trois moteurs à deux temps, sans crosses, de 480 mm d'alésage, développant chacun 2400 ch à 257 t/mn. Le combustible utilisé, qui est centrifugé à une température de 80° C, accuse les caractéristiques suivantes:

Poids spécifique à 20° C	0,932
Viscosité à 38° C (100° F)	185 cStokes
	ou 750 sec. Redwood
Indice de cokéfaction d'après Conradson	6,26%
Soufre	1,02%
Cendres	0,02%

La figure 31 indique l'usure par 1000 heures pour le cylindre No 3 de l'un de ces moteurs. Les profils en ont été relevés au bout de 9597 heures de service, perpendiculairement et parallèlement au vilebrequin. Les usures plus prononcées, mesurées perpendiculairement à l'axe du vilebrequin, à peu près à mi-course, s'expliquent par la pression transversale exercée sur la paroi formant glissière et causée par la bielle. C'est dans cette région qu'elle est la plus sensible. L'usure y est d'à peu près 0,077 mm par 1000 heures en moyenne, ce qui peut être considéré comme admissible.

### Situation actuelle de la question de l'emploi du fuel-oil lourd

On peut certainement prétendre que le problème de l'alimentation des moteurs au fuel-oil lourd,



dont l'indice de cokéfaction ne dépasse pas environ 12 %, peut être considéré comme résolu, aussi bien pour quatre temps que pour deux temps, avec et sans crosses. Les mêmes injecteurs peuvent être utilisés pour tous les genres de combustibles, et un changement du réglage du point d'injection ne s'impose que dans le cas d'extrêmes divergences dans la qualité d'allumage des combustibles utilisés. Enfin, la consommation spécifique, ramenée à un pouvoir calorifique étalon de 10000 cal/kg, reste dans les limites de la tolérance usuelle garantie par le constructeur.

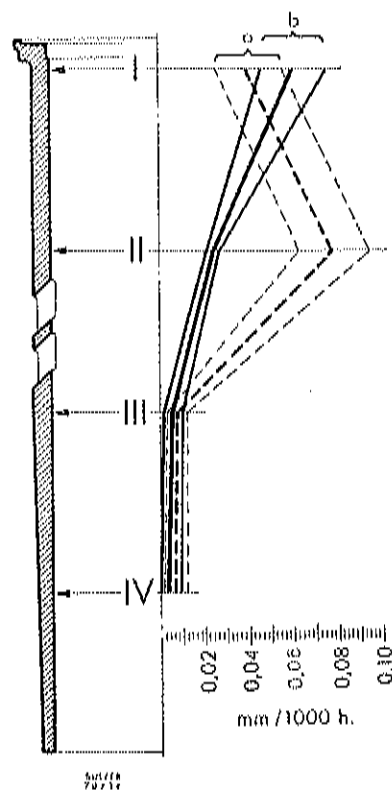
Depuis 1928, la Maison Sulzer Frères a fourni près de 100 moteurs Diesel, équipés pour la marche au fuel-oil lourd et l'injection sans air, et qui sont encore en service aujourd'hui. L'installation la plus ancienne de moteurs à injection directe accuse 66000 heures de service au fuel-oil lourd.

### Conditions économiques et techniques justifiant la marche au fuel-oil

L'utilisation de fuel-oil lourd dans les moteurs Diesel ne peut être justifiée que si elle abaisse l'ensemble des frais généraux. Ceux-ci devront comprendre entre autres: l'usure généralement plus forte des organes du moteur, peut-être aussi de plus grandes dépenses pour les nettoyages plus fréquents ainsi que les interruptions et par conséquent une diminution dans la disponibilité des moteurs.

On aura avantage à filtrer les combustibles lourds avant l'usage et à les maintenir longtemps en stock, afin de laisser les impuretés lourdes se déposer au fond des réservoirs. En centrifugeant soigneusement des huiles réchauffées, on s'efforcera d'en séparer autant que possible les fines impuretés solides, qui pourraient causer une forte usure des organes d'injection ainsi que des chemises de cylindre et des segments de piston. L'expérience montre que, d'une façon générale, l'épuration convenable du combustible est essentielle pour un résultat économique satisfaisant dans une installation à huile lourde.

Ce qui risque aussi de compromettre l'économie de la marche aux fuel-oils lourds est le fait que beaucoup de ceux-ci accusent de nos jours une teneur en soufre plus forte qu'autrefois. Les effets de cet élément dans les moteurs de moyens et de gros alésages sont encore controversés. En effet, on a constaté un encrassement plus fort, surtout sous forme de produits résineux, parfois aussi une



LÉGENDE:

- a) usures mesurées dans le plan radial du cylindre perpendiculaire à l'axe de l'arbre.
  - b) usures mesurées dans le plan radial du cylindre, passant par l'axe de l'arbre.
- Les lignes médianes, tirées en trait fort, indiquent l'usure moyenne. De part et d'autre, on voit les lignes des usures maxima et minima.

Fig. 31. Usures par 1000 h de marche, constatées sur les moteurs à deux temps, sans crosses, de la centrale de Cali (Colombie) visibles sur la figure 32. L'usure plus intense, à mi-course, et mesurée dans un plan perpendiculaire à l'arbre, est due à la pression exercée par la bielle sur la surface formant glissière.

infiltration de combinaisons acides dans le carter, où elles causent des corrosions.

### Hésitations des praticiens dans leur appréciation de la marche au fuel-oil lourd, et leurs causes

Jetons maintenant un coup d'oeil rétrospectif sur l'histoire de l'utilisation de fuel-oils lourds dans les moteurs Diesel stationnaires. Considérant les résultats obtenus et les preuves pratiques de l'économie réalisable au prix de quelques précautions indispensables, on s'étonne que l'emploi de ce combustible ne se soit pas plus généralisé. Relevons que, dans le domaine de la marine marchande aussi, des efforts dans cette direction ont été faits, surtout ces derniers temps. Mais, malgré le succès de ces essais, les armateurs restent dans l'attente.

Certes, il n'est pas recommandable, à notre

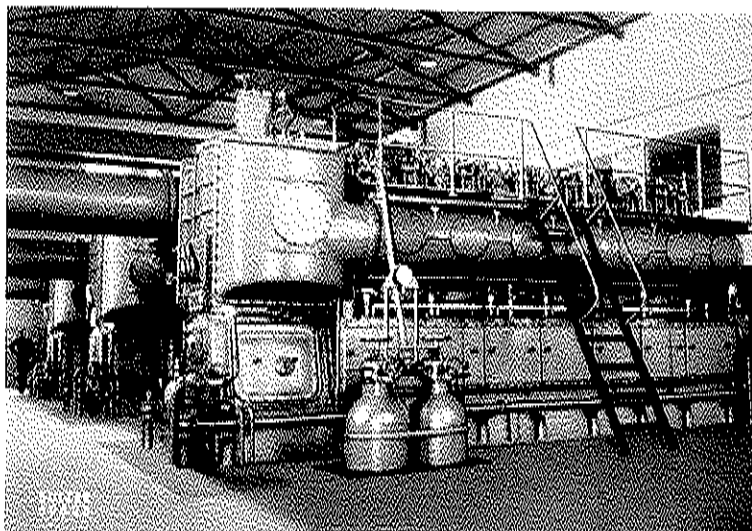


Fig. 32. Salle des machines de la centrale de la Villa de Cali, en Colombie, avec trois moteurs à deux temps, sans crosses, à sept cylindres, de 480 mm d'alésage. Les machines développent 2400 ch. eff. à 257 t/min et marchent au fuel-oil lourd. Les chemises de cylindre accusent une usure moyenne de 0,077 mm par 1000 heures de service.

avis, d'utiliser du fuel-oil lourd dans des moteurs modernes d'alésage plus faible que 360 mm environ, mais il y a encore beaucoup de moteurs de propulsion susceptibles d'être alimentés au fuel-oil lourd, surtout des moteurs à crosse ayant des lanternes ventilées, au bas du cylindre, ou un presse-étoupe sur la tige de piston.

Quelles sont alors les causes de cette réticence générale? Nous pensons qu'il y en a plusieurs. Tout d'abord, les combustibles lourds sont vendus selon des spécifications très vagues, laissant beaucoup de latitude au fournisseur. Il s'ensuit qu'un navire obligé d'approvisionner du combustible dans divers ports peut se trouver chaque fois en présence d'un combustible différent, nécessitant un autre disque de réglage de la centrifuge; chacun de ces combustibles peut surtout donner lieu à des surprises, sous forme soit de nouvelles tendances à la cokéfaction, soit d'un nouveau point de congélation ou d'autres propriétés extrêmes. En second lieu, les résultats dépendent dans une forte mesure des connaissances et de l'expérience du personnel en cette matière, ainsi que du soin qu'il apportera aux travaux en question. Enfin l'installation est plus compliquée, et les causes de perturbations sont multipliées.

En outre, l'emploi de fuel-oils lourds implique la nécessité désagréable de prendre à bord deux sortes de combustible, au moins tant qu'on s'abstient d'alimenter les moteurs auxiliaires en fuel-oil lourd, eu égard à leur puissance plus petite et à leur marche fréquente sous charge partielle. Pour les installations stationnaires, ce sont surtout les ques-

tions d'approvisionnement qui tranchent la question du combustible. Aussi constate-t-on que c'est dans le voisinage des champs pétrolifères et des raffineries que les moteurs Diesel sont alimentés aux fuel-oils résiduels; dès que les frais de transport viennent se greffer sur les prix des combustibles, la différence de prix entre un bon combustible et un fuel-oil n'est plus assez forte pour permettre de réaliser une économie appréciable.

## Conclusion

En résumé, on peut dire que l'emploi d'huiles lourdes à bon marché comme combustible du moteur Diesel est connu depuis longtemps et s'est introduit dans la pratique où il a donné en partie d'excellents résultats. Il permet de réaliser fréquemment de grandes économies par rapport à la marche au Diesel-oil. Mais de nombreux propriétaires de moteurs se laissent rebuter par les dépenses pour le réchauffage des réservoirs, l'acquisition de centrifuges, de réchauffeurs, etc., ainsi que par les complications de service.

L'intérêt croissant qui se manifeste pour l'emploi de combustibles lourds dans les moteurs Diesel marins a incité la Maison Sulzer Frères à procéder depuis plusieurs années à des essais étendus, qui ont permis d'acquérir diverses connaissances nouvelles, et de mettre au point un système de distribution du combustible qui, bien que simplifié, répond à toutes les exigences de la pratique.

Max Zwicky



## Chronique

**Le navire à moteurs «Yapeyú» de la Cia. Argentina de Navegación Dodero S.A., à Buenos-Aires.** Le cargo mixte argentin «Yapeyú», de 11540 BRT, est propulsé par deux moteurs Diesel-Sulzer construits sous licence par la Maison N.V. Werkapoor, à Amsterdam, et développant une puissance totale de 10000 ch à la vitesse de 150 t/mn; ces moteurs, dont chacun entraîne directement une hélice, sont des machines du type à simple effet et à crosses, de la construction longuement éprouvée. Ils comprennent chacun dix cylindres de 600 mm d'alésage et 1040 mm de course.

Le navire à moteurs «Yapeyú», qui fut construit en 1951 sur les chantiers C. van der Gieffen and Zonen's Scheeps-

**La nouvelle centrale de force motrice à moteurs Diesel de la fabrique de cigarettes «Eastern Company», au Caire.** La «Eastern Company», au Caire, l'une des plus grandes fabriques de cigarettes du Proche-Orient, entreprise affiliée à la «British Tobacco Ltd.», à Londres, ayant agrandi ses usines et modernisé leur réseau électrique, s'est vue obligée d'ériger une nouvelle centrale de force motrice à moteurs Diesel. L'ancienne centrale électrique comprend déjà quatre moteurs Diesel-Sulzer, et ce sont les excellentes expériences faites dans l'exploitation de ces machines au cours de longues années qui incitèrent la Société à confier encore à la Maison Sulzer Frères la fourniture des nouveaux moteurs Diesel (fig. 34 et 35, page 32).

La nouvelle centrale, qui a été mise en service en été 1951, a trois moteurs suralimentés à quatre temps, de 350 ch chacun

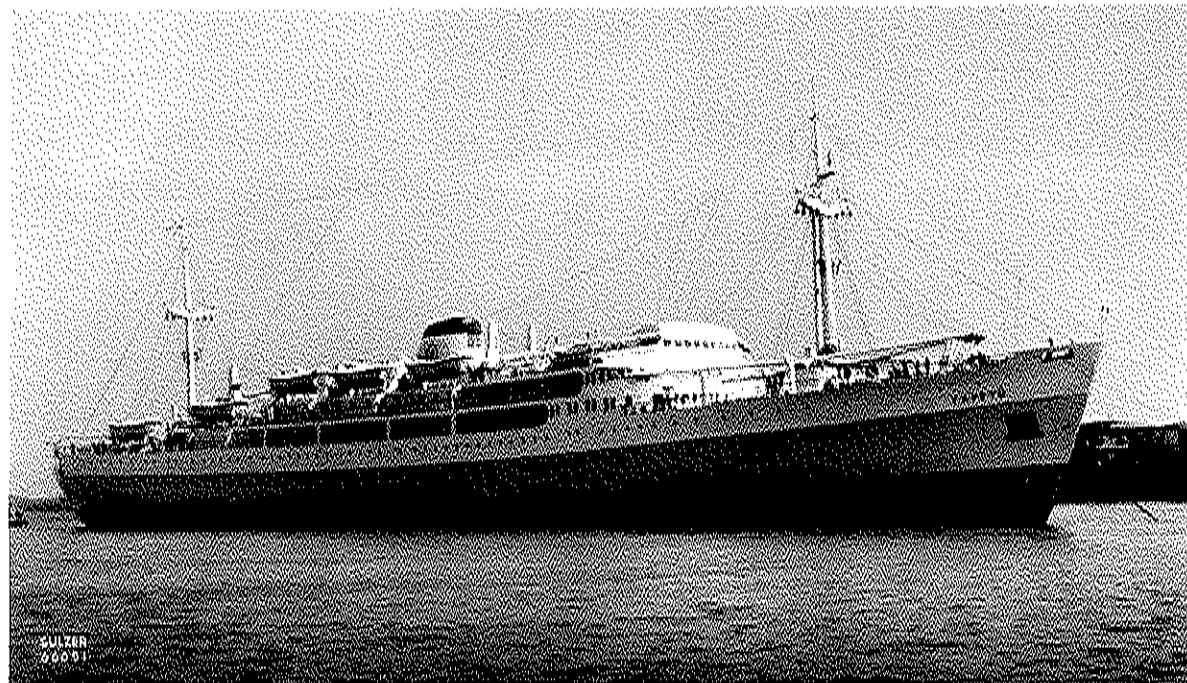


Fig. 33. Le cargo mixte à moteurs «Yapeyú», de la Cia. Argentina de Navegación Dodero S.A., à Buenos-Aires, propulsé par deux moteurs Diesel-Sulzer à dix cylindres, d'une puissance totale de 10000 ch.

werven, en Hollande, avait été commandé, avec deux bâtiments identiques «Maipu» et «Alberto Dodero», par le gouvernement argentin pour assurer le trafic entre Buenos-Aires et Hambourg. La conception du bâtiment entier a été spécialement adaptée à sa destination particulière; en effet, en direction Europe-Amérique du Sud, il doit servir au transport d'émigrants et de touristes, tandis qu'en sens inverse il doit recevoir une cargaison de marchandises diverses et de denrées alimentaires congelées.

Le navire a les dimensions principales suivantes: longueur hors tout 166 m, largeur au maître-couple 19,5 m, tirant d'eau en lourd 7,7 m, hauteur jusqu'au pont C 14,2 m; le volume des cales est de 7050 m<sup>3</sup>, et celui des chambres froides de 225 m<sup>3</sup>. Trois ponts continus sur toute la longueur du bâtiment portent des aménagements confortables pour huit cents passagers et cent cinquante hommes d'équipage. La coque du navire est partagée en dix compartiments par neuf cloisons étanches. La sûreté contre les incendies est encore élevée par cinq cloisons pare-feu intermédiaires, réparties sur toute la longueur du navire. La construction de ce dernier répond aux prescriptions les plus sévères du Lloyd Register.

Les courses d'essais, faites sur le mille normal de Nesbiggen, firent ressortir pour le navire chargé une vitesse moyenne de 19,5 nœuds. La vitesse de marche normale est de 18 nœuds environ.

à 600 t/mn, accouplés directement à des alternateurs des Ateliers de Construction Oerlikon. Le commandant ayant particulièrement cherché à créer une centrale moderne et plaisante aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur, l'installation, qu'on peut qualifier d'exemplaire, supporte toute comparaison avec des stations européennes du même genre.

**Installation frigorifique pour la clarification du vermouth, à Santiago du Chili.** La Maison bien connue «Cinzano & Cia. Ltda. S.A.» possède depuis un certain temps déjà, dans ses établissements de Buenos-Aires et de San Juan, en Argentine, ainsi qu'à Montevideo, dans l'Uruguay, de grandes installations frigorifiques Sulzer pour la clarification du vermouth.

En 1949, la même Maison fit construire, à Santiago du Chili, une installation complètement nouvelle où le froid est également produit par un compresseur d'ammoniaque Sulzer de 36000 frig/h, en combinaison avec le condenseur et l'évaporateur tubulaire correspondants. Comme le montre la fig. 36, la nouvelle installation est disposée dans un bâtiment moderne, d'aspect imposant.

Le vermouth à traiter, à une température initiale d'environ 15° C, est refoulé par une pompe de circulation, à travers un réfrigérant, jusque dans les réservoirs de clarification calori-

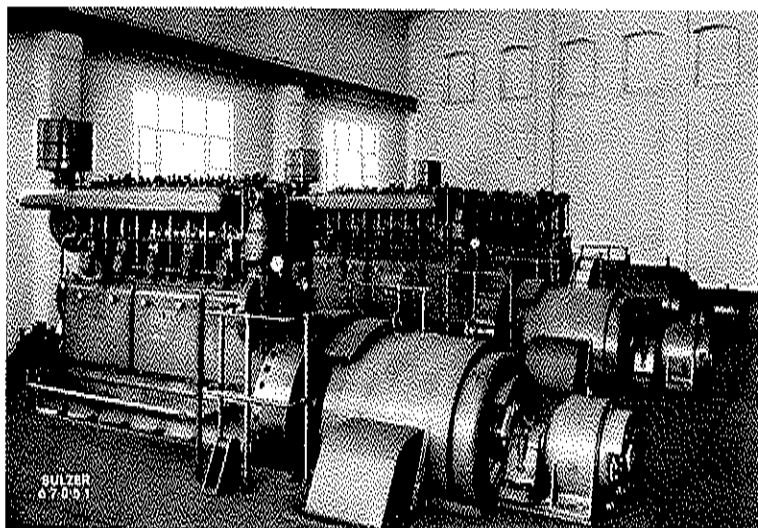


Fig. 34. Les trois moteurs Diesel-Sulzer suralimentés, à quatre temps, de 350 ch chacun à 600 1/min, dans la nouvelle centrale de force motrice de la «Eastern Company», au Caire.



Fig. 35. La nouvelle centrale de force motrice à moteurs Diesel de la fabrique de cigarettes «Eastern Company», au Caire.

fugés, où il reste pendant une huitaine de jours à la température de  $-9^{\circ}\text{C}$  environ. La clarification est d'autant plus efficace que le liquide est refroidi plus près de son point de congélation, qui se trouve précisément à  $-9^{\circ}\text{C}$ . Toutefois il faut veiller que la température ne s'abaisse jamais au-dessous de cette valeur, ce qui entraînerait la congélation du vermouth et

obligerait à arrêter l'installation pour procéder au dégel du contenu. La température finale est réglée par une soupape automatique intercalée sur la conduite de vermouth, et déterminant le débit de telle façon que le liquide sorte du réfrigérant à la température voulue.

Le compresseur frigorifique est entraîné au moyen d'un



Fig. 36. Le bâtiment de la nouvelle installation pour la clarification de vermouth dans la Maison Cinzano & Cía. Ltda. S. A., à Santiago du Chili, équipée d'une installation frigorifique Sulzer.



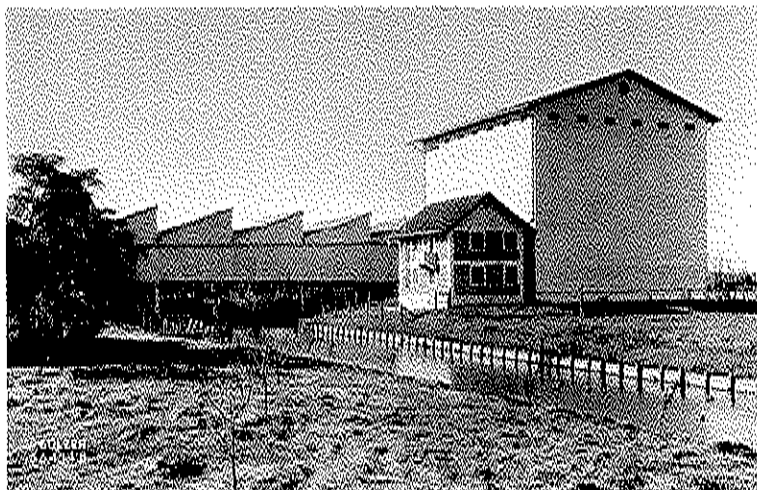


Fig. 37. Entrepôt frigorifique de la «Fruticultora Idahome S. A.» avec salle de triage contiguë. Au premier plan, le logement du mécanicien.

moteur électrique de 20 ch, accouplé directement. La conduite de l'installation est des plus simples, car toutes les pièces mobiles du compresseur sont reliées à un système central de graissage sous pression. En outre, le réfrigérant de vermouth est pourvu d'une soupape automatique réglant l'expansion de l'ammoniaque, dont le niveau est maintenu à hauteur constante par un flotteur. L'installation, laissée sans surveillance continue, fonctionne donc dans les conditions les plus avantageuses, sous le seul contrôle de son réglage automatique.

**L'installation frigorifique à compresseurs Sulzer, de la «Fruticultora Idahome S. A.» sur le Río Carapachay, Tigre, Argentine.** La «Fruticultora Idahome» possède dans le delta du fleuve Paraná, en Argentine, de vastes plantations d'arbres fruitiers, notamment de pommiers de choix, dont les fruits sont en partie exportés vers les pays d'outre-mer.

Pour conserver les fruits jusqu'au moment où ils peuvent se vendre avantageusement, la Fruticultora a fait construire, sur une île du Tigre, un grand entrepôt (fig. 37), où les fruits passent d'abord aux salles d'emballage, pour y être triés mécaniquement d'après leur grosseur, puis mis en caisses et entreposés dans les chambres froides.

L'entrepôt s'étend sur quatre étages, constitués chacun par un local réfrigéré de 14 x 15 m de superficie, et pouvant contenir environ 10 000 caisses de 22 kg de pommes. Au moment

de la récolte, on remplit par jour environ 500 caisses de fruits, déposées dans les salles frigorifiques.

L'installation frigorifique, fournie par la Maison Sulzer Frères, comprend deux compresseurs de 110 000 frig/h, avec condenseur et réfrigérant de saumure (fig. 38). L'une de ces unités est actionnée, par des courroies trapézoïdales, par un moteur Diesel-Sulzer à pistons opposés de 80 ch. eff. tournant à 1 000 t/mn, tandis que l'autre est entraînée par un moteur électrique auquel l'énergie est fournie par un groupe électrogène à moteur Diesel-Sulzer de 60 ch. eff. à 350 t/mn.

Les deux compresseurs d'ammoniaque sont reliés à un réfrigérant de saumure ouvert; cette saumure est pompée dans les frigorifères des quatre chambres froides, dont l'air, refroidi à la température prescrite, est maintenu en mouvement par des ventilateurs à hélice Sulzer.

Le réglage de l'installation est très simple, l'évaporateur d'ammoniaque, placé dans le réservoir refroidisseur de saumure, étant muni d'un régulateur automatique à flotteur à niveau constant. Le service se borne donc à la mise en marche et à l'arrêt des machines ainsi qu'à la surveillance de leur fonctionnement.

Pour permettre de vérifier les températures des chambres froides, chacune d'elles est munie d'un thermostat relié à un tableau de signalisation dans la salle des machines. Dès que la température s'écarte d'un demi degré au-dessus ou au-dessous de la valeur de régime, une lampe rouge ou verte luit sur le

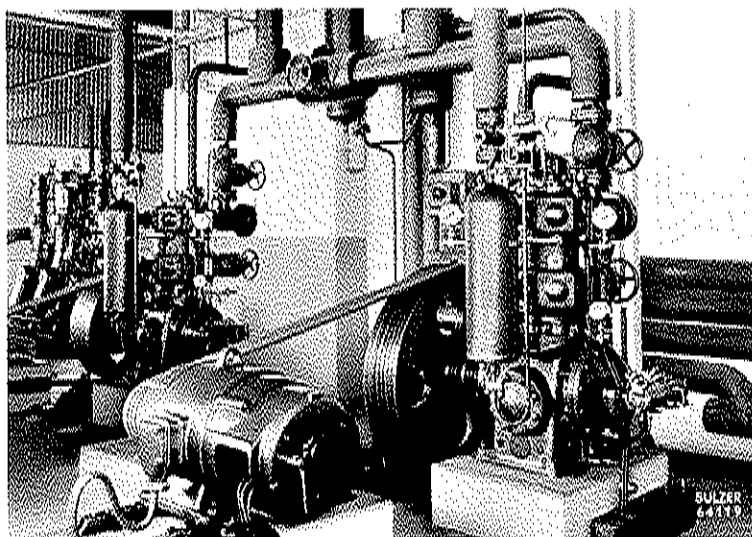


Fig. 38. Salle des machines de la «Fruticultora Idahome S. A.» sur le Río Carapachay, Tigre (Argentine), avec deux compresseurs Sulzer d'une puissance de 110 000 frig/h chacun. Le compresseur de gauche est actionné par un moteur Diesel-Sulzer de 80 ch. eff., à l'aide de courroies trapézoïdales; l'autre est entraîné par un moteur électrique, alimenté par le courant d'un groupe électrogène à moteur Diesel-Sulzer de 60 ch. eff.



Fig. 39. Vue de la brasserie Vinalcool, à Cagliari (Sardaigne).

tableau. Comme il s'agit d'une installation assez petite, alimentée en force motrice par l'entreprise elle-même, on a renoncé à un service entièrement automatique. Cependant, ces quelques dispositifs relativement simples permettent de contrôler l'exploitation très facilement et avec toute la précision désirable.

**L'installation frigorifique de la brasserie Vinalcool, à Cagliari (Sardaigne) en service depuis 40 ans.** En 1912, la brasserie Vinalcool, à Cagliari, fit l'acquisition d'un compresseur d'ammoniaque Sulzer, d'une puissance frigorifique de 100 000 frig/h, qui sert, aujourd'hui encore, à la réfrigération du moût de bière et au refroidissement des caves, ainsi qu'à la fabrication de la glace.

La brasserie Vinalcool se trouve à la périphérie de la ville de Cagliari, capitale de l'île de Sardaigne. La production atteint son maximum pendant la période de mai à août, et se monte alors à 560 hl de bière par jour. Jusqu'à maintenant, la brasserie était en mesure de fabriquer 75 000 hl de bière par an, mais on est en train d'augmenter sa capacité, pour lui permettre de faire face à la demande toujours croissante.

L'ancien compresseur Sulzer, qui accorde à l'heure actuelle 40 années d'un dur service, fonctionne aujourd'hui encore à la pleine satisfaction de son propriétaire. Si son rendement n'est naturellement pas tout à fait aussi élevé que celui d'un compresseur neuf et moderne, cette ancienne machine n'en rem-

plit pas moins son service chaque jour, performance qui représente aussi un excellent certificat pour le personnel chargé de sa conduite. C'est avec une fierté bien légitime que le mécanicien en chef, visible sur la figure 40, raconte à l'ingénieur de la Maison Sulzer, venu pour inspecter l'installation, qu'il avait lui-même procédé au montage de la machine, et que cette dernière a été confiée à ses soins tout au long de ces 40 années.

Pour l'extension de sa brasserie, la Société Vinalcool a commandé à la Maison Sulzer un nouveau compresseur, pour une puissance frigorifique de 180 000 frig/h aux températures de  $-10$  et  $+25^{\circ}\text{C}$ ; après l'installation de cette nouvelle unité, qui se trouvera dans le même bâtiment que l'ancienne, la capacité frigorifique de l'installation entière sera presque triplée par rapport à son état primitif.

**Les pompes Sulzer dans la station de pompage de la ville de Nîmes en France.** Au cours d'un voyage en Provence, Messieurs Robert Sulzer, Dr. Ing. h.c., membre du Conseil d'Administration de la Société Anonyme Sulzer Frères à Winterthur, et Paul H. Ziegler, Président de la Compagnie de Construction Mécanique Procédés Sulzer à Paris, eurent l'occasion de visiter la station de pompage de la ville de Nîmes.

Cette station comprend trois groupes de pompes verticales Sulzer, qui sont en service depuis le 20 novembre 1911, soit depuis plus de 40 ans. Au cours de cette longue période de

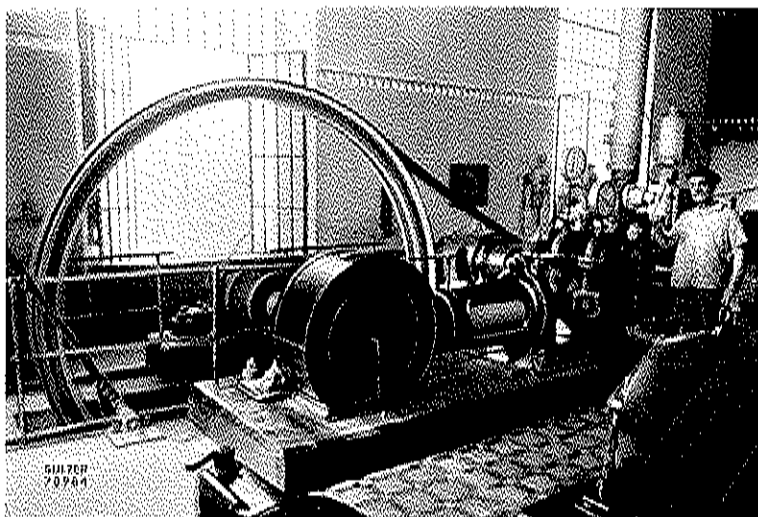


Fig. 40. Salle des machines de la brasserie Vinalcool, à Cagliari (Sardaigne) avec le compresseur d'ammoniaque Sulzer, livré en 1912, pour une puissance frigorifique de 100 000 frig/h.



service, les pompes ont répondu sans aucune défaillance aux exigences de l'exploitation, et la direction du service des eaux en est pleinement satisfaite.

Au temps des Romains déjà, la ville de Nîmes, citée d'origine celtique, était alimentée en bonne eau potable. Peu avant l'ère chrétienne, le Général Romain Marc Agrippa fit capter et amener jusqu'à la ville les sources d'Eure et d'Airan, distantes d'environ 40 kilomètres. C'est alors que fut construit l'aqueduc à trois étages du Pont du Gard, fameux dans le monde entier.

Depuis 1873, la ville de Nîmes est alimentée en eau du Rhône par une station de pompage érigée au bord de ce fleuve, à 23 km de distance. Au début, l'eau était refoulée par trois pompes à piston verticales, commandées par des machines à vapeur. Plus tard, une nouvelle station de pompage, construite à proximité de l'ancienne, fut équipée avec les trois pompes Sulzer mentionnées plus haut. Ces pompes à deux étages et à double ouïe, munies de diffuseurs, refoulent chacune 240 l/s à la hauteur de 90 m, en tournant à la vitesse de 970 t/mn.

Depuis plus de vingt ans qu'il est conseiller technique du Consortium, il n'a jamais eu le moindre ennui avec les pompes Sulzer.

**La station de pompage de Packsaddle dans le Pays de Galles, avec pompes Sulzer.** La station de pompage de Packsaddle, appartenant à la Société de distribution d'eau de «Wrexham and East Denbighshire», dans le Pays de Galles, est un bon exemple pour l'application de pompes verticales, alors que les autres installations de ce genre sont généralement pourvues de groupes de pompage horizontaux. L'équipement mécanique comprend deux pompes Sulzer qui aspirent l'eau d'un bassin souterrain fermé, situé à proximité de la station, pour la refouler, à une distance de 6,5 km environ, dans le réservoir de distribution surélevé.

Une fois l'installation définitivement achevée, les pompes, qui refoulent chacune 53 l/s à la hauteur de 56,7 m, seront commandées automatiquement, du réservoir supérieur, par un interrupteur à flotteur. Grâce à la disposition verticale des

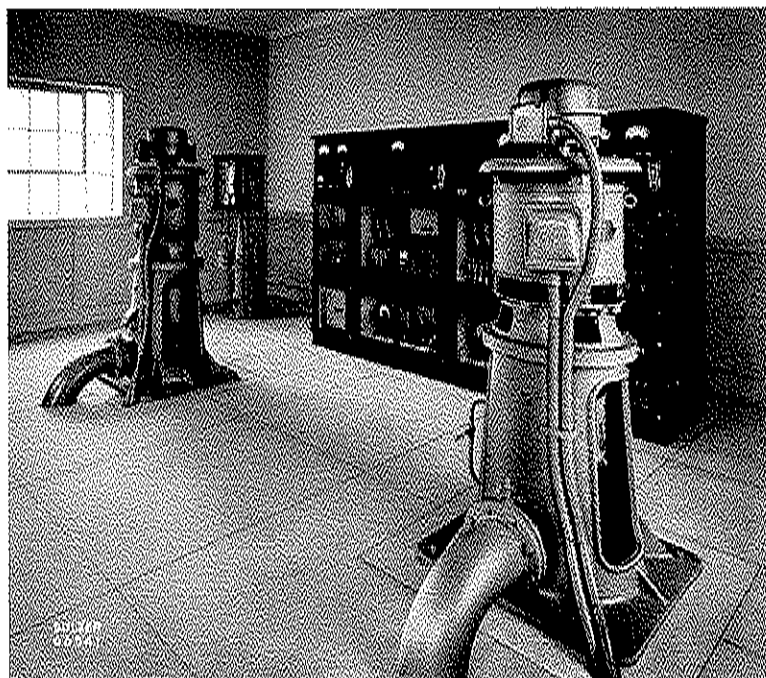


Fig. 41. Deux pompes Sulzer verticales, débitant chacune 53 l/s à la hauteur de 56,7 m, dans la station de pompage de Packsaddle, propriété de la Société de distribution d'eau de «Wrexham and East Denbighshire», Pays de Galles.

Les groupes de pompage, d'une puissance unitaire de 380 ch, sont entraînés par des moteurs électriques verticaux à courant triphasé, de 440 ch chacun, fournis par l'ancienne «Société d'Electricité Alioth».

**Expériences d'exploitation sur des pompes d'irrigation Sulzer.** En 1905, la Maison Sulzer Frères fournit au «Consorzio Irriguo Carlo Mazzucchelli», à Cameri (Province de Novare, Italie) quatre pompes centrifuges à basse pression, avec bâches spirales, pour des pressions de 5,5 à 6 m et pour des débits échelonnés entre 800 et 1500 l/s. Jusqu'à ces derniers temps, ces pompes étaient entraînées, par courroies, par des moteurs à courant triphasé de 42 périodes. La récente modernisation et normalisation apportées aux services électriques portèrent de 42 à 50 Hz la fréquence du courant, élevant ainsi de 19% la vitesse des moteurs, de sorte qu'il fallut modifier en conséquence la commande par courroies. Les entretiens qu'eut à ce sujet l'ingénieur-conseil du «Consorzio Mazzucchelli» avec les représentants de Sulzer à Milan, incitèrent ces derniers à écrire comme suit à la maison de Winterthur.

«Monsieur M., ingénieur, nous prie de vous exprimer sa sincère admiration pour ces pompes qui ont travaillé 45 ans.

machines, aucun dispositif de remplissage n'est nécessaire. Pour le moment, les pompes sont encore commandées à la main, à partir d'un tableau de couplage composé de quatre panneaux. Le premier, panneau d'entrée, porte le disjoncteur principal. Il est suivi des deux panneaux de démarrage portant, chacun pour l'un des groupes, un relais de terre et un déclencheur intervenant au cas où le refoulement n'atteindrait pas la hauteur suffisante; le quatrième panneau comprend les appareils nécessaires pour l'éclairage.

Un dispositif de signalisation pneumatique indique la hauteur de l'eau dans le bassin fermé, tandis que des manomètres donnent la pression dans la conduite de refoulement principale, à laquelle sont raccordés directement quelques points de consommation voisins du tracé.

**Pompes Sulzer remarquables par leur endurance: Installation d'épuisement des Mines de l'Union Sidérurgique Lorraine - Sidelor.** En 1903, une pompe centrifuge Sulzer, à haute pression, à 2 étages, a été livrée à cette Société, qui s'appelait, à l'époque, la Société Lorraine des Acieries de Rombas (Moselle).

Au premier plan de la figure 42, on distingue cette pompe qui se trouve installée dans la Salle des Pompes de la Mine

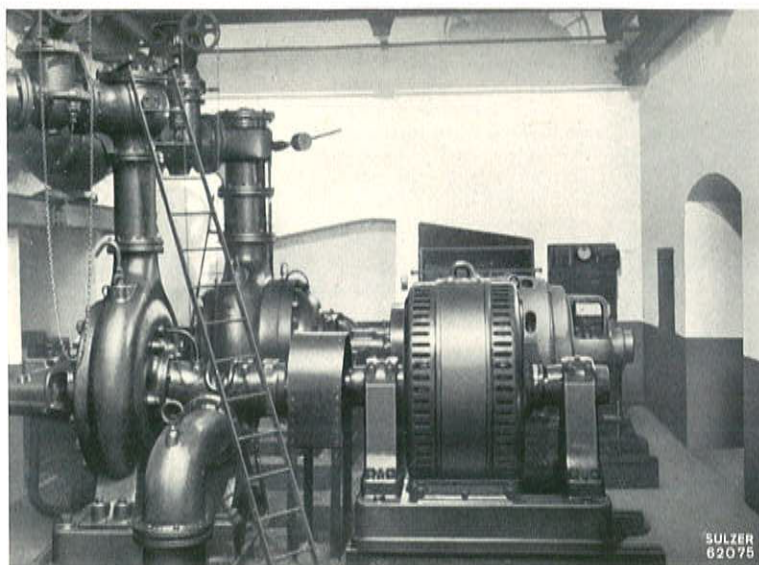


Fig. 42. Salle des Pompes Sulzer de la Mine Pauline de l'Union Sidérurgique Lorraine-Sidélor. (Anciennement Société Lorraine des Acieries de Rombas, à Rombas, Moselle).

Pauline. Cette pompe débite 117 l/s à la hauteur manométrique de 100 m, en tournant à 960 tr/mn et en absorbant une puissance de 215 ch.

Le même local abrite encore deux pompes de même grandeur, ainsi qu'une pompe à haute pression Sulzer, à deux étages, que l'on distingue à l'arrière-plan de la figure. Cette pompe tourne à la vitesse de 975 tr/mn, débite 217 l/s à la hauteur manométrique de 107 m et absorbe une puissance de 407 ch. Elle se trouve en service depuis 1910.

Les 9 et 10 mars 1949, la Compagnie de Construction Mécanique Procédés Sulzer, a procédé à des essais de ces pompes. On mesura les mêmes débits que ceux garantis au moment de la livraison, ce qui constitue un résultat assez remarquable, si l'on tient compte que la plus ancienne de ces unités aura bientôt un demi-siècle de service et que les autres ne sont pas beaucoup plus récentes.

L'installation comprend encore une pompe Sulzer plus petite, à dix étages, assurant la distribution d'eau de la Commune de Rombas, installée en 1916 et, en outre, deux pompes à haute pression à un étage, pour l'alimentation des Acieries d'Homécourt de l'Union Sidérurgique Lorraine.

Ces dernières unités ont été livrées par la Compagnie de Construction Mécanique Procédés Sulzer à Paris en 1927 et peuvent être branchées à volonté en parallèle ou en série. Cha-

cune d'elles débite, à la vitesse de 1460 tr/m, 117 l/s à la hauteur manométrique de refoulement de 90 m et absorbe une puissance de 188 ch.

**L'alimentation en eau potable de la ville de Saint-Raphaël-sur-Mer.** En collaboration avec la Société des Eaux du Littoral Varois, la Compagnie de Construction Mécanique Procédés Sulzer, à Paris, a réalisé, de concert avec les Etablissements Ferrer-Auran à Marseille, l'alimentation en eau potable de la ville de Saint-Raphaël-sur-Mer. La station de pompage (figure 43) est située non loin de la rive gauche de l'Argens, au lieu dit «Le Fournel» à proximité de la route de Fréjus à Roquebrune. Une conduite de refoulement de 13 kilomètres de longueur établie en tuyaux de fonte de 300 mm à joints Gibault amène l'eau au réservoir supérieur de Saint-Raphaël-sur-Mer. Ce réservoir situé à la cote +80,00 permet d'alimenter les conduites secondaires et particulières à une pression moyenne de 2 kg/cm<sup>2</sup>.

Chacune de ces pompes débite 30 l/s à la pression manométrique de 120 m, tournant à 1450 tr/mn. Les moteurs d'entraînement, du type asynchrone triphasé, 220 volts, ont chacun une puissance de 90 ch. Comme chaque pompe n'absorbe que 75 ch, l'installation dispose d'un excédent de puissance



Fig. 43. La station de pompage par pompes centrifuges Sulzer de la ville de St-Raphaël-sur-Mer.



assez abondant. Cette mesure a été prise en prévision des variations assez importantes qui se produisent dans les niveaux des puits d'aspiration.

En été, le débit journalier des pompes est de 2200 m<sup>3</sup> en moyenne, il excède ce chiffre aux plus fortes chaleurs, lorsque les deux groupes fonctionnent en parallèle.

**Le désintégrateur Sulzer dans la nouvelle installation zurichoise d'épuration, sur la Glatt (Suisse).** Le principe et la construction du désintégrateur Sulzer pour installations d'épuration des eaux-vannes ont été décrits par la Revue Technique Sulzer No. 1, 1947, dans un article relatant aussi les résultats pratiques donnés par l'exploitation de cette machine à la station du Werdhölzli (ville de Zurich). Cette dernière traite les eaux usées en provenance des quartiers de Zurich et de quelques villages avoisinants, situé les uns et les autres dans le bassin de la Limmat. Une nouvelle station d'épuration (fig. 44), inaugurée sur la Glatt en octobre 1949, traite les eaux-vannes en provenance des quartiers dont les égouts se déversent dans le bassin de ce cours d'eau, soit principalement des anciennes communes d'Oerlikon, de Schwamendingen, de Seebach et d'Affoltern. L'installation entière a cependant été étudiée de façon à pouvoir en tout temps recevoir aussi les eaux usées des communes de Wallisellen, Dubendorf et Wangen, appartenant au même bassin.

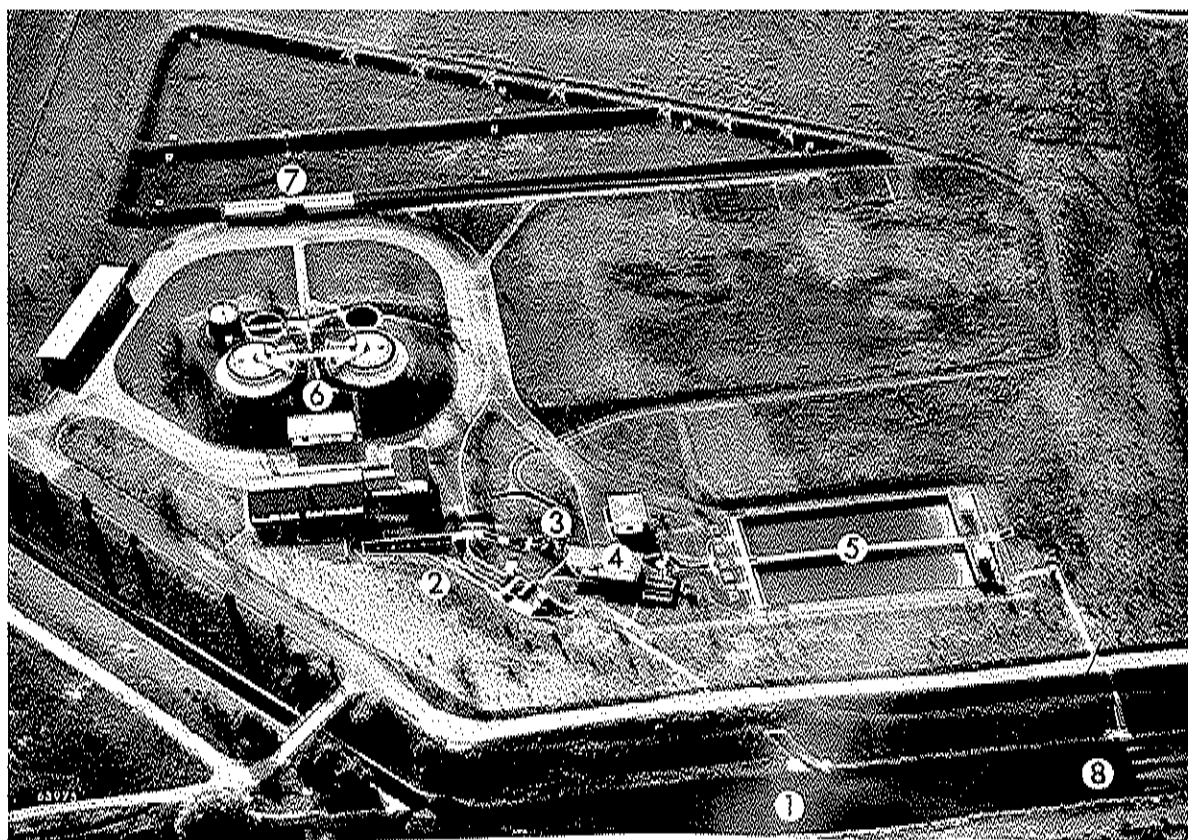
Dans ces deux installations, les eaux-vannes ne subissent, pour le moment, qu'une épuration mécanique, qui sera complétée ultérieurement, tant au Werdhölzli qu'à la Glatt, par le

traitement biologique, afin de ne pas imposer aux deux cours d'eau, la Limmat et la Glatt, un afflux d'eau polluée dépassant leur capacité d'épuration naturelle.

Les lignes suivantes donnent quelques détails sur l'installation d'épuration de la Glatt, étudiée et réalisée par une maison spécialiste en la matière, et pour laquelle la Maison Sulzer Frères a fourni le désintégrateur.

En construisant la nouvelle installation sur la Glatt, dont la disposition, visible sur la figure 44 où les bassins d'épuration sont faciles à distinguer, a suscité l'intérêt de milieux étendus, on a mis à profit toutes les plus récentes expériences acquises dans ce domaine. Elle a été projetée pour desservir une population d'environ 60 000 habitants, mais les terrains avoisinants sont libres pour les extensions éventuelles ultérieurement nécessaires. Pour déterminer les débits probables, on admit une consommation journalière de 300 litres d'eau par habitant, ce qui, pour une population de 60 000 personnes, correspond à 18 000 m<sup>3</sup> d'eau usée par jour; une majoration de 50%, doit comprendre l'afflux supplémentaire des eaux industrielles et souterraines, comme des infiltrations et des ruisseaux. En supposant que cet afflux se répartit normalement sur 16 heures, on obtient par temps sec un débit moyen de  $27\,000/16 \approx 1\,687$  m<sup>3</sup>/h ou 470 l/s en chiffres ronds. Pour tenir compte des crues provoquées par les longues périodes de pluie, on donna aux installations des dimensions suffisantes pour absorber 1440 l/s, soit le triple de l'afflux calculé par temps sec.

Pour pouvoir faire face aux fortes crues proprement dites, le canal d'amenée à la station d'épuration, suffisant pour un débit de 2500 l/s, est précédé d'une chambre de décharge. Un



#### LÉGENDE:

- |  |  |   |
|--|--|---|
| 1 Rivière la Glatt                           | 5 Deux bassins de décantation, longs de 44 m                     | 7 Champs d'épandage avec quai de chargement des boues   |
| 2 Ouvrages d'entrée, avec décharge des crues | 6 Bâtiment du chauffage, avec les deux cheminées de purification | 8 Les quatre orifices de décharge, répartissant l'eau épurée sur toute la largeur de la Glatt |
| 3 Dégrilleur mécanique                       |  |   |
| 4 Bâtiment du désintégrateur Sulzer          |  |   |

Fig. 44. La nouvelle station pour l'épuration des eaux de la ville de Zurich, sur la Glatt (Suisse). Vue prise d'avion.

(Photographie obligeamment prêtée par la Maison de Roll.

autre dispositif d'évacuation, avec canal de secours aménagé dans les ouvrages d'entrée 2 (fig. 44), doit avant tout empêcher l'inondation des installations.

A leur arrivée, les eaux-vannes traversent premièrement une grille de 30 mm d'écartement, où s'arrêtent les matières solides telles que papier, chiffons, morceaux de bois, etc., qui, relevées par un dégrilleur mécanique, sont ensuite déversées dans des wagonnets. Une fois par jour, ces débris sont déchiquetés dans un désintégrateur Sulzer, construit pour traiter environ 2 m<sup>3</sup> de matières solides par heure. A cet effet, le contenu des wagonnets est déversé, au niveau du sol, sur une plateforme où un triage grossier à la fourche écarte les corps étrangers tels que pierres, pièces de fer ou morceaux de bois, etc., pour éviter leur passage dans la machine. Le reste des débris est jeté dans un caniveau où un abondant courant d'eau brute l'emporte au désintégrateur. Ce dernier, entraîné par un moteur électrique de 26 ch des Ateliers de Construction Oerlikon, est une sorte de pompe spéciale à eau sale avec couteaux hâcheurs. L'eau mélangée des débris déchiquetés rejoint, en aval de la grille, l'arrivée d'eau sale, de sorte que les déchets en suspension se déposent avec la boue brute dans les bassins de décantation 5 et passent ensuite avec elle aux chambres de putréfaction.

Après décantation dans les bassins 5, l'eau s'écoule dans la Glatt par le canal de fuite et les canaux d'évacuation, disposés de façon à répartir l'eau épurée sur toute la largeur de la rivière.

Cette façon d'évacuer les débris de grille a donné les meilleurs résultats au Werdhölzli, la première station d'épuration de la ville de Zurich, où ce traitement a notablement augmenté la production de méthane.

La station d'épuration de la Glatt est équipée, comme celle du Werdhölzli, de tous les dispositifs nécessaires au traitement et à l'évacuation des boues. La nouvelle station a produit, en un peu plus de huit mois, près de 8000 m<sup>3</sup> de boue fraîche, tout en fournissant environ 132000 m<sup>3</sup> de gaz des marais d'un pouvoir calorifique de 6550 cal/m<sup>3</sup>.

**L'épuration des eaux-vannes à Pfäffikon (Canton de Zurich, Suisse).** L'afflux toujours plus abondant d'eaux usées dans les cours d'eau naturels en provoque l'encrassement, aussitôt que leur capacité d'épuration biologique ne suffit plus, de sorte que même des localités peu importantes peuvent se voir obligées d'établir des installations pour le traitement des eaux d'égout. Celle de la commune zurichoise de Pfäffikon est un exemple intéressant d'une installation de ce genre, pour

laquelle la Maison Sulzer Frères a fourni les pompes et qui est décrite sommairement ci-dessous.

Le projet fut établi pour une population de 4000 habitants et une consommation d'eau journalière de 500 l par tête, y compris les eaux industrielles, ce qui correspond à un débit de 2000 m<sup>3</sup> par jour ou, réparti sur 15 heures, de 37 l/s. La situation locale imposait, pour l'écoulement de l'eau épurée, son déversement dans le lac de Pfäffikon (fig. 45) qui, relativement petit, n'aurait cependant pas été à même d'assimiler complètement, c'est-à-dire sans un encrassement croissant, de grandes quantités de matières étrangères. Il s'avéra donc nécessaire de compléter par une épuration biologique la clarification habituelle mécanique dans des bassins de décantation.

Toute l'installation (fig. 46 et 47) devait, d'après les projets primitifs, être érigée au bord du lac. Mais le relevé géologique du sous-sol décela un certain danger d'affaissement, de sorte qu'on décida de reporter les constructions à environ 400 m de la rive, sur un sol plus stable. L'emplacement choisi, légèrement surélevé, présentait trop peu de pente pour l'écoulement des eaux à épurer; pour y remédier, on construisit à l'ouest du village de Pfäffikon une station de pompage pour les eaux résiduaires.

La station de pompage, établie pour un débit triple de l'afflux en temps sec, c'est-à-dire pour 111 l/s, refoule les eaux-vannes de la localité jusqu'à l'installation d'épuration, surélevée de 5,5 m et distante d'environ 500 m. Les eaux usées de la localité parviennent premièrement dans le puisard de la station, où, pour éviter l'obstruction des pompes par des corps étrangers grossiers, tels que chiffons, papier, etc., elles traversent une grille avec 5 cm d'écartement, nettoyée chaque jour par le surveillant, puis un canal dessableur, long de 22 m et établi d'après les plus récentes expériences de l'Institut spécial annexé à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich. C'est là que se dépose tout le sable provenant des rues et des places du village.

Pour éviter le dégagement d'odeurs désagréables, on a logé la grille et le dessableur dans un bâtiment fermé de toutes parts et aéré par l'aspiration d'un ventilateur, disposé à son extrémité ouest. Avant d'être refoulé à l'extérieur, l'air traverse un filtre à charbon, qui absorbe tous les gaz malodorants.

Le bâtiment des machines (fig. 46) contient trois pompes verticales Sulzer à eaux résiduaires (fig. 48 et 49), construites chacune pour un débit de 44 l/s à une hauteur de refoulement manométrique de 5,5 m et à la vitesse de 720 t/mn. Chaque pompe est directement entraînée par un moteur à bride vertical à courant triphasé, des Ateliers de Construction Oerlikon.

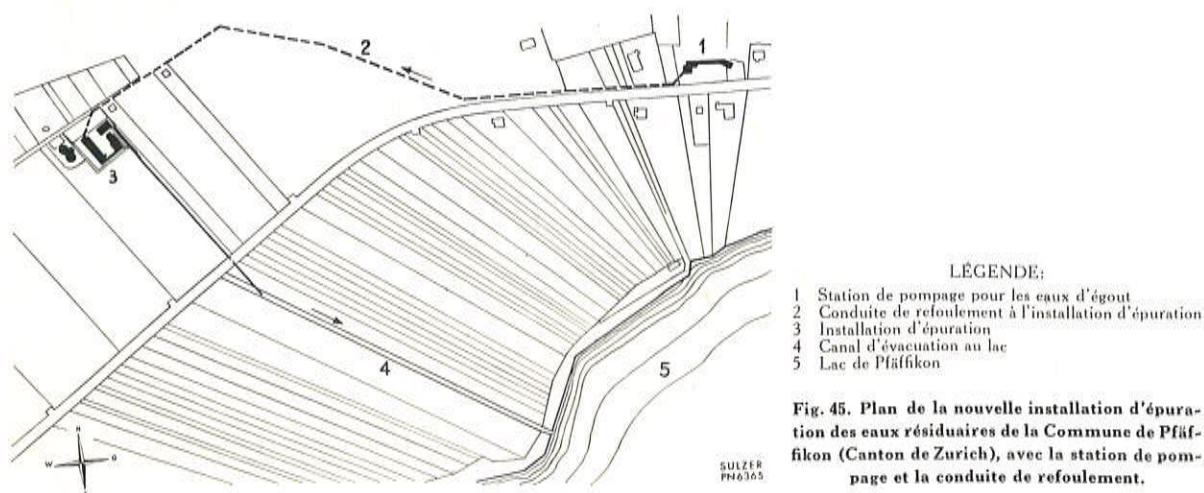
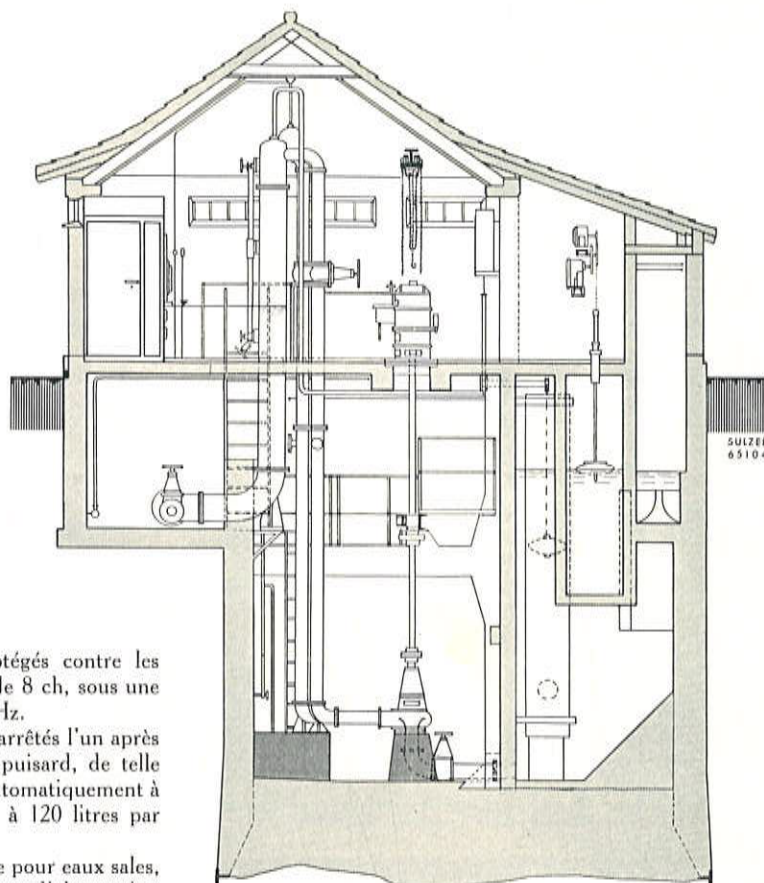




Fig. 46. Coupe transversale par la station de pompage pour la nouvelle installation d'épuration d'eaux-vannes de Pfäffikon.



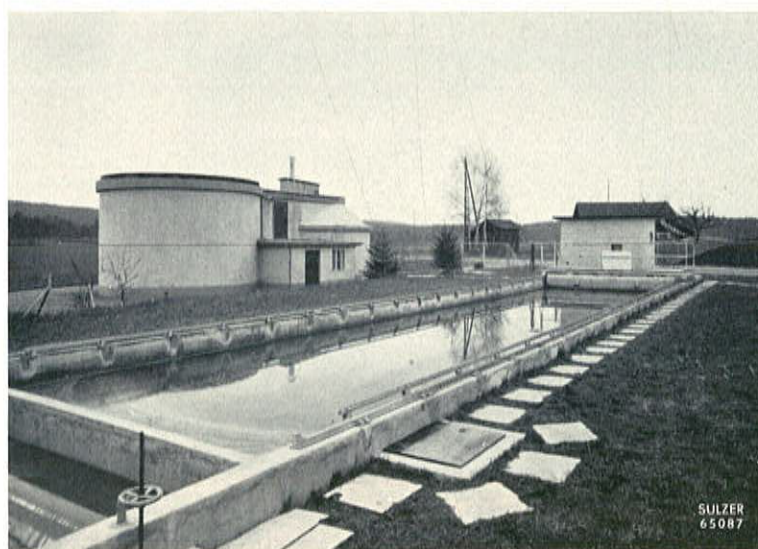
Ces moteurs, à démarreur centrifuge, protégés contre les gouttes d'eau, ont une puissance nominale de 8 ch, sous une tension de 500 volts et à la fréquence de 50 Hz.

Les trois groupes sont mis en marche et arrêtés l'un après l'autre, suivant le niveau de l'eau dans le puisard, de telle façon que le débit de l'installation, adapté automatiquement à l'afflux d'eau, varie entre les limites de 30 à 120 litres par seconde.

On sait que, dans une station de pompage pour eaux sales, la grille ne bannit pas complètement le danger d'obstruction pour les pompes et surtout les risques d'inétanchéité pour les vannes et les clapets de retenue, disposés dans les conduites d'aspiration et de refoulement. Pour y obvier dans la mesure du possible, on remplaça les organes obturateurs des conduites, — à part les vannes de montage intercalées à l'entrée et à la sortie de chaque pompe —, par une sorte de cheminée d'équilibre disposée dans la station de pompage et assez haute pour assurer par gravité l'écoulement jusqu'à l'installation d'épuration, par la conduite de 560 m de long. Les conduites de

refoulement des trois pompes débouchent, à sa partie supérieure, à une hauteur toujours supérieure au niveau d'eau, quelles que soient les conditions d'exploitation, ce qui empêche le reflux de l'installation d'épuration vers les pompes, à l'arrêt de ces dernières. Dans ce cas, la conduite de refoulement se vide, jusqu'au haut de la cheminée, à travers la pompe et provoque momentanément un bref dévirage, en même temps que ce reflux nettoie la roue des corps étrangers qui pour-

Fig. 47. Bassin de décantation avec racleur mécanique, dans la nouvelle installation pour l'épuration des eaux-vannes de la Commune de Pfäffikon. A gauche, au fond, les chambres de putréfaction.





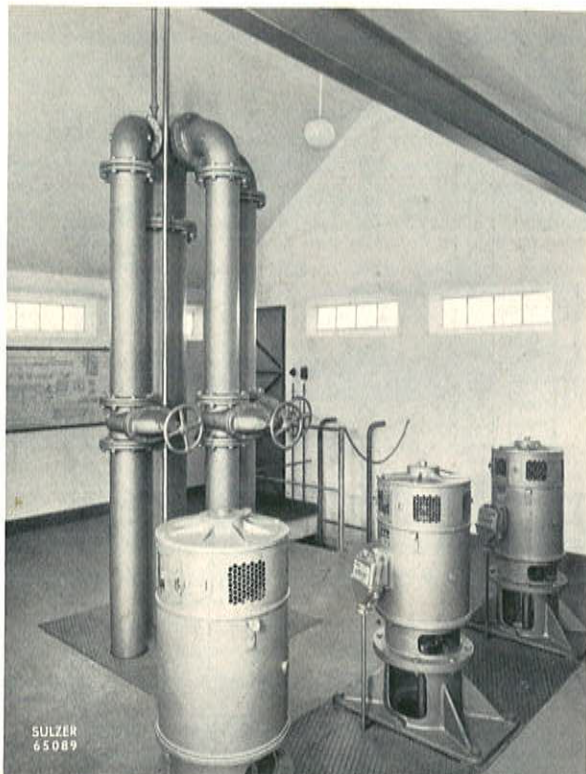


Fig. 48. Salle des machines de la station de pompage, pour l'épuration des eaux résiduaires de la Commune de Pfäffikon.

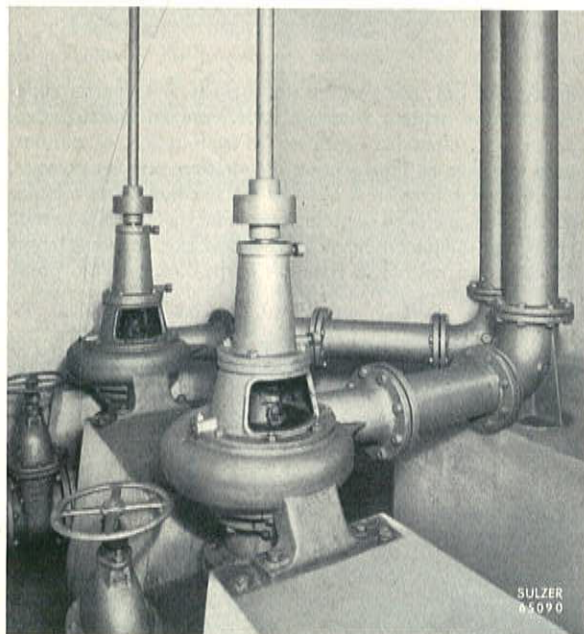


Fig. 49. Deux des trois pompes à eaux résiduaires, refoulant 44 l/s à 5,5 m de hauteur manométrique, à la vitesse de 720 t/mn, dans l'installation de pompage d'eaux-vannes à Pfäffikon.

raient y être restés. Les conduites d'aspiration et de refoulement sont raccordées en plusieurs endroits au réseau d'eau propre sous pression, pour permettre de rincer et de nettoyer les pompes et les divers tronçons de conduite, suivant les besoins.

Un puisard séparé, collectant les eaux résiduaires de quelques maisons du voisinage, contient une pompe Sulzer verticale à eaux sales, sensiblement plus petite, qui les refoule dans le puisard principal.

La station de pompage est précédée d'un puits avec bassin de décantation pour les eaux de pluie. Le canal collecteur principal est de dimensions suffisantes pour évacuer sans aucun risque de reflux les crues les plus abondantes qui aient jamais été enregistrées, soit jusqu'à un afflux de 2700 l/s. Mais il est évident que l'installation d'épuration, établie pour un débit sensiblement moindre, ne saurait traiter des quantités aussi considérables. C'est pourquoi l'eau de pluie, généralement peu souillée, est évacuée par un déversoir immédiatement avant la station de pompage, et s'écoule au lac par un canal spécial. Pour éviter le plus possible, dans ce cas aussi, la pollution du lac, ces eaux traversent, jusqu'à un débit de 300 l/s, le bassin de décantation où se déposent la plupart des matières solides.

Les eaux sales, arrivant par la conduite dans la station d'épuration, traversent tout d'abord lentement un bassin de décantation de 200 m<sup>3</sup> (fig. 47) où, en une heure et demie à peu près, environ 95% des matières en suspension se déposent. Un racleur mécanique ramasse périodiquement la vase accumulée au fond du bassin pour l'élever jusqu'à une trémie d'où elle est pompée dans les chambres de putréfaction.

Débarassée des matières relativement lourdes, c'est-à-dire épurée mécaniquement, l'eau passe ensuite par deux bassins d'aération biologique, de 66 m<sup>3</sup> chacun, disposés en parallèle. En une heure environ, l'eau y abandonne par précipitation les substances organiques qu'elle contient en suspension ou en solution. Cette précipitation est provoquée par l'introduction périodique, en quantités convenables, de boues activées, composées principalement de flocons d'amiante abritant en grandes quantités des colonies de micro-organismes, agents essentiels de l'épuration biologique. L'eau s'écoule de ces bassins d'aération dans deux grandes cuves d'épuration complémentaire de 110 m<sup>3</sup> chacune, en entraînant les boues activées qui, en une heure et demie environ, se déposent à leur tour avec les substances organiques dans la trémie du fond. Ce dépôt se compose en plus grande partie de boues activées qui sont ramenées, par pression statique et à l'aide de deux roues à godets, dans le bassin d'aération biologique, où le cycle recommence.

L'eau clarifiée par le traitement biologique se déverse, par-dessus le bord des bassins d'épuration complémentaire, dans un canal de jaugeage, puis dans une rigole d'aération en éternite ondulée, entretenant des remous qui favorisent l'absorption d'oxygène. De cette rigole, l'eau s'écoule par un canal au lac, où elle ne peut plus causer aucun dommage.

La vase extraite du bassin de décantation et l'excédent de boues de l'installation biologique sont pompés dans l'installation de putréfaction, composée de deux chambres fermées, de 170 et 182 m<sup>3</sup> de capacité, entre lesquelles se trouve un petit bâtiment de service. Cette putréfaction est nécessaire pour éliminer l'odeur fétide dégagée par la boue fraîche, et qui disparaît entièrement après cette opération.

La boue et l'eau putréfiée qui la recouvre sont d'excellents engrais que les agriculteurs des environs viennent volontiers chercher.

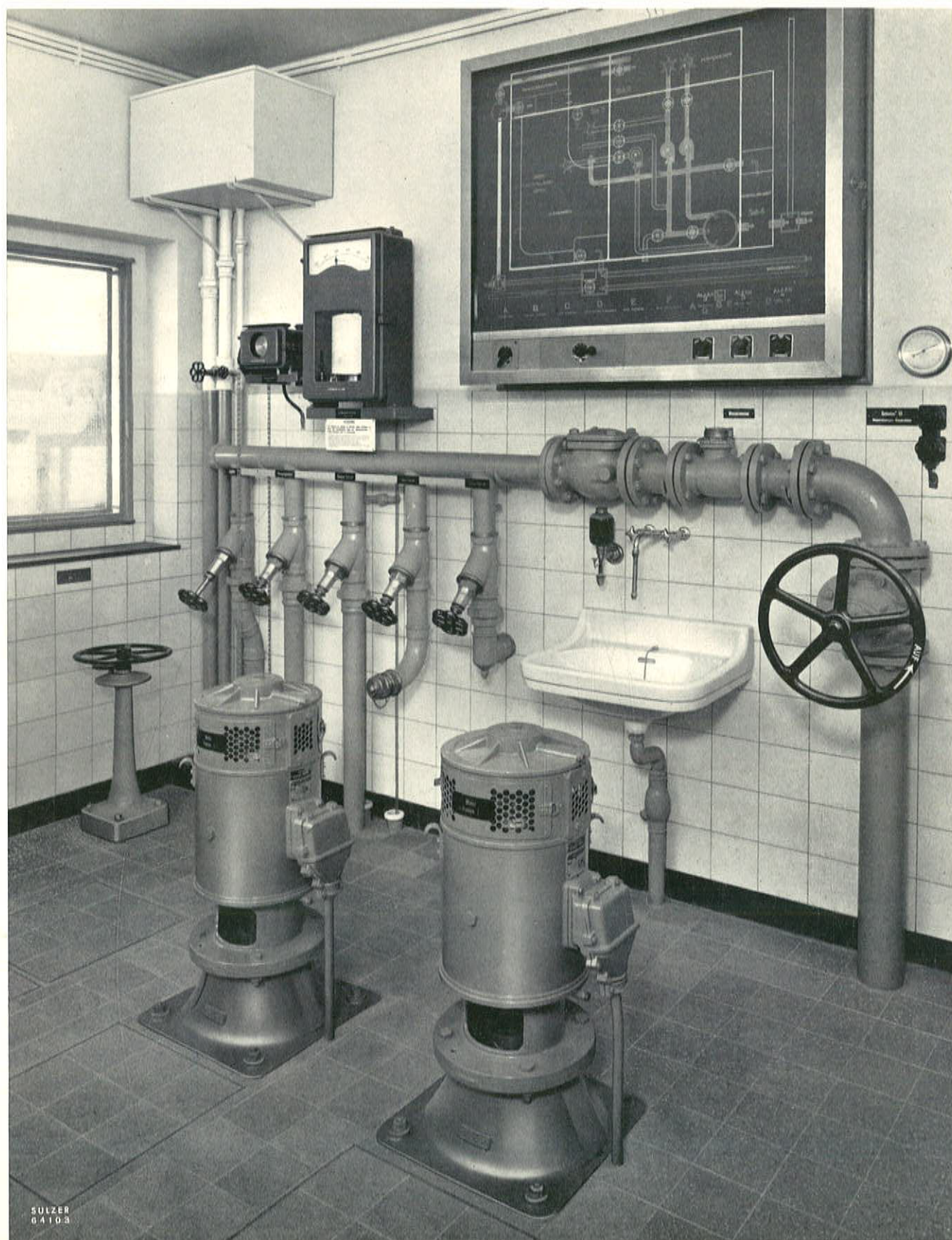
L'installation produit annuellement à peu près 1000 m<sup>3</sup> de boue putréfiée, d'une qualité correspondant sensiblement à celle d'un bon fumier d'étable. Si, par la suite, le projet de chauffer les chambres de putréfaction se réalise, on peut s'attendre à une production annuelle d'environ 30000 m<sup>3</sup> de méthane, gaz de grande valeur.

Sulzer Frères, Société Anonyme, Winterthur, sont représentés dans les pays suivants:

FRANCE - ALLEMAGNE - BELGIQUE - LUXEMBOURG - ITALIE - PAYS-BAS - GRANDE-BRETAGNE - IRLANDE - ESPAGNE  
PORTUGAL - DANEMARK - NORVÈGE - SUÈDE - FINLANDE - YUGOSLAVIE - GRÈCE - TURQUIE - ÉGYPTÉ - ALGÉRIE  
TUNISIE - MAROC FRANÇAIS ET ESPAGNOL - UNION SUD-AFRICAINE - RHODÉSIE - CONGO BELGE - SÉNÉGAL ET AFRIQUE  
OCCIDENTALE FRANÇAISE - IRAK - IRAN - SYRIE - LIBAN - ISRAËL - INDE - PAKISTAN - CEYLAN - MALAISIE BRITANNIQUE  
THAÏLAND - INDOCHINE - PHILIPPINES - JAPON - CANADA - ÉTATS-UNIS - MEXIQUE - COLOMBIE - VÉNÉZUELA - BRÉSIL  
ARGENTINE - URUGUAY - CHILI - PÉROU - BOLIVIE - AUSTRALIE ET NOUVELLE-ZÉLANDE

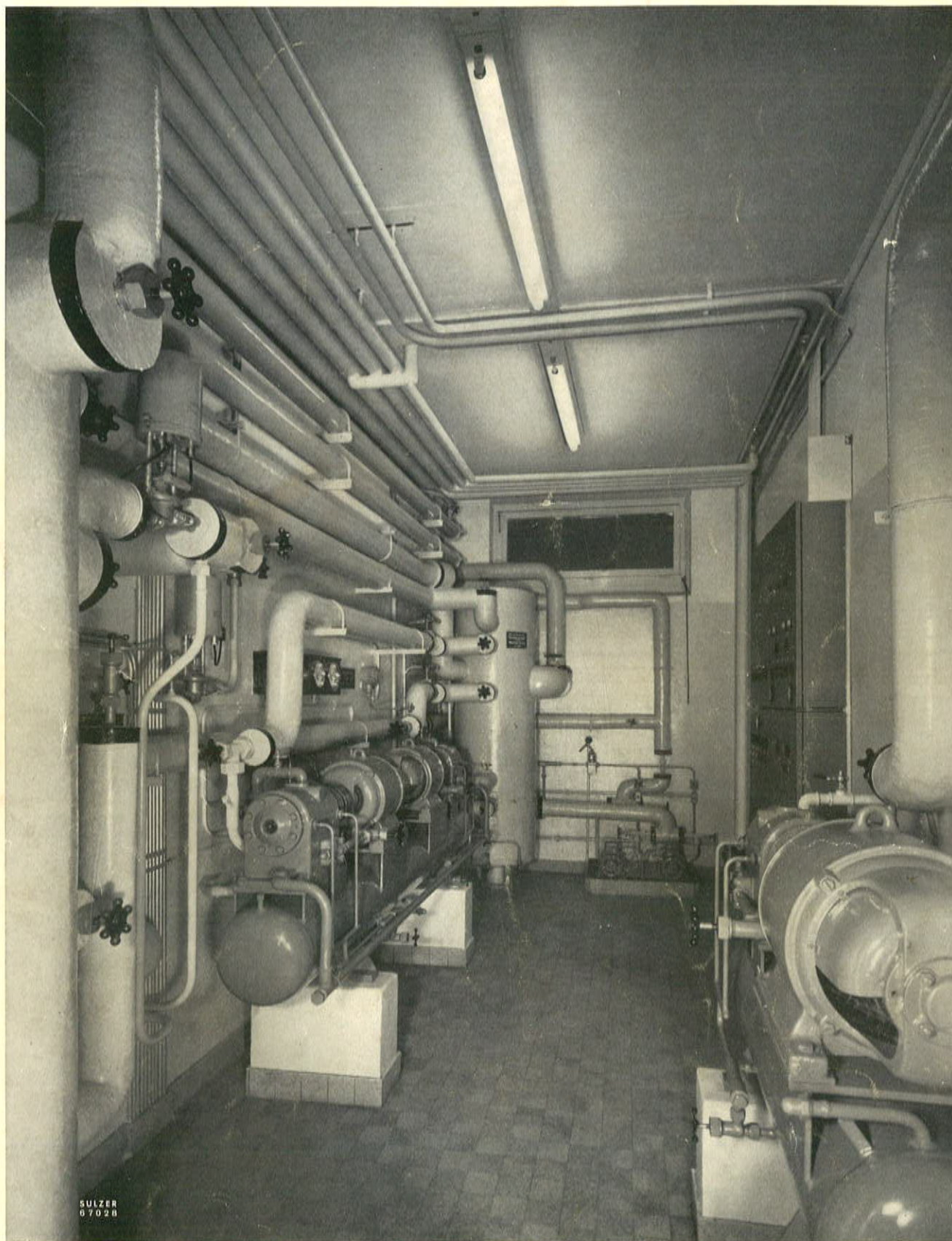
La Maison Sulzer est, sur demande, prête à donner les adresses de ses représentants.





**SULZER** POMPES A EAUX RÉSIDUAIRES. Station de pompage pour eaux résiduaires de la ville de Soleure; deux pompes hélicoïdales verticales, à commande automatique, débitent chacune 40 l/s à une hauteur manométrique de 6 m.





**SULZER** MACHINES FRIGORIFIQUES. Deux compresseurs rotatifs, d'une puissance frigorifique totale de 35 000 frig/h, et un compresseur «booster» de 10 000 frig/h, servant au refroidissement de locaux dans un entrepôt suisse.