

**La nouvelle usine génératrice thermique**  
**dite « Saint-Denis II » de la Société d'Électricité de Paris**

PAR

**Lucien BESNARD,**  
Ingénieur civil I. D. N.

---

Facsimile by urban-resources.net



EDITEUR

12, Place de Laborde, 12  
(PARIS VIII<sup>e</sup>)

1933

80

**La nouvelle usine génératrice thermique**  
**dite « Saint-Denis II » de la Société d'Électricité de Paris**

PAR

**Lucien BESNARD,**  
Ingénieur civil I. D. N.

# La nouvelle usine génératrice thermique dite « Saint-Denis II » de la Société d'Électricité de Paris

*Le présent article décrit de façon détaillée la nouvelle usine génératrice que la Société d'Électricité de Paris a édifiée à Saint-Denis, à côté de son usine primitive. « Saint-Denis II » destinée à fonctionner comme usine de base, contribuera notamment à l'alimentation de quatre grands services publics de la région parisienne : Compagnie du Chemin de fer Métropolitain, Société des Transports en Commun, Compagnie parisienne de Distribution d'Électricité, Nord-Lumière. La puissance installée qui est en première étape, de 150 000 kW en 3 groupes de 50 000 kW pourra être portée ultérieurement à 400 000 kW. Les chaudières à 70 kg/cm<sup>2</sup> avec chambres Bailey et à conduite automatique, les turbines admettant à 54 kg/cm<sup>2</sup>, 450° C. les alternateurs de 72 000 kV-A à 3 000 t : mn constituent une réalisation digne d'être relevée et qui marque une étape dans la technique des usines génératrices thermiques.*

**I. Historique.** — C'est en 1903 que la Société d'Électricité de Paris fut créée pour alimenter le réseau de traction de la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris et celui de la Compagnie des Tramways du Nord-Parisien. Une usine fut édifée dans ce but sur le quai de Saint-Ouen, à Saint-Denis, et quatre groupes turboalternateurs de 5 000 à 6 000 kw tournant à 750 t : mn furent installés. Par suite du développement de la consommation de l'énergie électrique et en raison de l'entente avec la Compagnie continentale Edison, en 1905, et l'Union des Secteurs parisiens, en 1907, la Société d'Électricité de Paris dut envisager de nouvelles extensions : six nouveaux groupes de 5 000 à 6 000 kw furent installés avec les chaufferies correspondantes et en deux ans la puissance passa de 20 000 à 50 000 kw. En 1911, on installa encore un groupe turboalternateur de 12 500 kw et une nouvelle chaufferie.

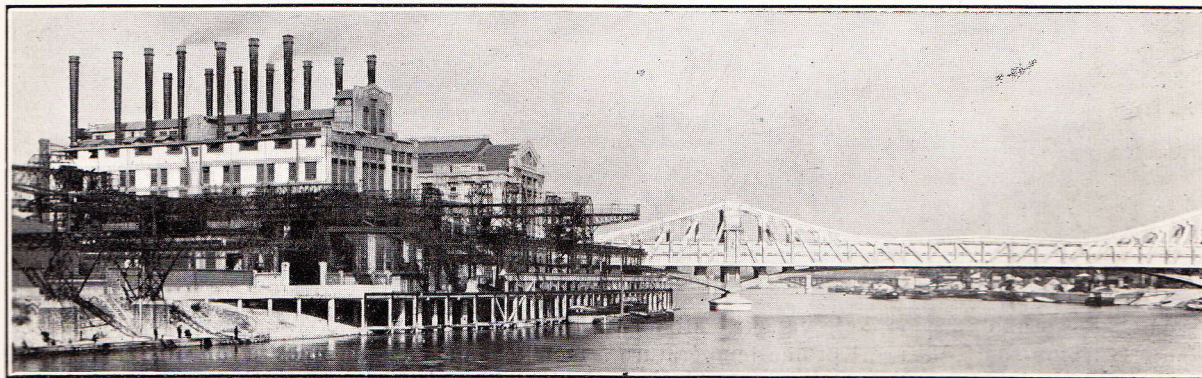
En 1924, la Société d'Électricité de Paris, chargée de remplacer l'usine de Bercy de la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris, décidait, pour maintenir le principe de deux sources d'alimentation séparées du réseau de traction, d'édifier une seconde usine génératrice au sud de Paris et en confiait le soin à sa filiale, la société « Electricité de la Seine ».

Poursuivant son développement, la Société d'Électricité de Paris mettait en service une quatrième chaufferie de huit chaudières de 1 000 m<sup>2</sup> de surface de

chauffe, pouvant fournir la vapeur à une pression de 22 kg/cm<sup>2</sup> et à une température de 400°C et utilisant comme combustible le charbon pulvérisé fourni par une centrale de pulvérisation. Cette chaufferie sert à alimenter cinq groupes turboalternateurs dont deux de 20 000 kw et trois de 15 000 kw tournant à 3 000 t : mn, la puissance disponible utile atteignant alors 130 000 kw. On trouve, à ce moment, dans l'usine génératrice, des unités utilisant la pression de 22 kg/cm<sup>2</sup> et d'autres, celle de 17 kg/cm<sup>2</sup>; les canalisations de vapeur à pressions différentes sont reliées entre elles au moyen d'un détendeur et d'un désurchauffeur système Arca.

Malgré l'appoint de l'usine génératrice d'Ivry comportant cinq groupes turboalternateurs de 15 000 kw, les moyens mis en œuvre seraient devenus insuffisants pour faire face aux demandes supplémentaires pendant les années à venir et la Société d'Électricité de Paris étudia alors la possibilité de construire une nouvelle usine génératrice. Entre temps, se constituait le consortium des trois sociétés : Société d'Électricité de Paris, société « Electricité de la Seine », Union d'Électricité, consortium qui prenait en gérance les usines de la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité, à Saint-Ouen et à Issy-les-Moulineaux, cette compagnie devenant essentiellement distributrice.

De très importantes demandes d'énergie électrique conduisant la Société d'Électricité de Paris à donner



Photographie Samara

Vue d'ensemble de l'Usine d'Ivry de la société « Electricité de la Seine » et de la passerelle des câbles Ivry-Charenton.

une plus grande ampleur à son nouveau programme, son conseil d'administration décida l'édification, à Saint-Denis, à côté de l'ancienne usine, d'une grande station génératrice dénommée usine de « Saint-Denis II », dont la puissance pourra dépasser 400 000 kw et qui est destinée à fonctionner comme usine de base.

Cette nouvelle usine génératrice alimentera en parallèle avec l'usine de Saint-Denis I et l'usine d'Ivry de la société « Electricité de la Seine », les réseaux suivants : 1° le réseau de traction de la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris ; 2° le réseau de traction de la Société des Transports en Commun de la Région Parisienne ; 3° le réseau de distribution de la Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité ; 4° le réseau de distribution de la société Nord-Lumière.

L'usine est reliée au réseau général à 60 000 v de la région parisienne par les postes de Charenton et de Saint-Ouen ; de même par l'intermédiaire du poste de Villejuif, elle est reliée au réseau à 220 000 v de la Société pour le Transport de l'Énergie Électrique du Massif Central à Paris.

La première tranche de l'installation comporte une puissance de 150 000 kw pour les machines principales et de 10 000 kw pour les machines auxiliaires. La distribution d'énergie aux services publics ne pouvant tolérer de défaillance, l'étude de cette usine a été élaborée tout particulièrement dans ce sens.

La Société d'Electricité de Paris, après des études approfondies en vue d'obtenir un rendement élevé, a

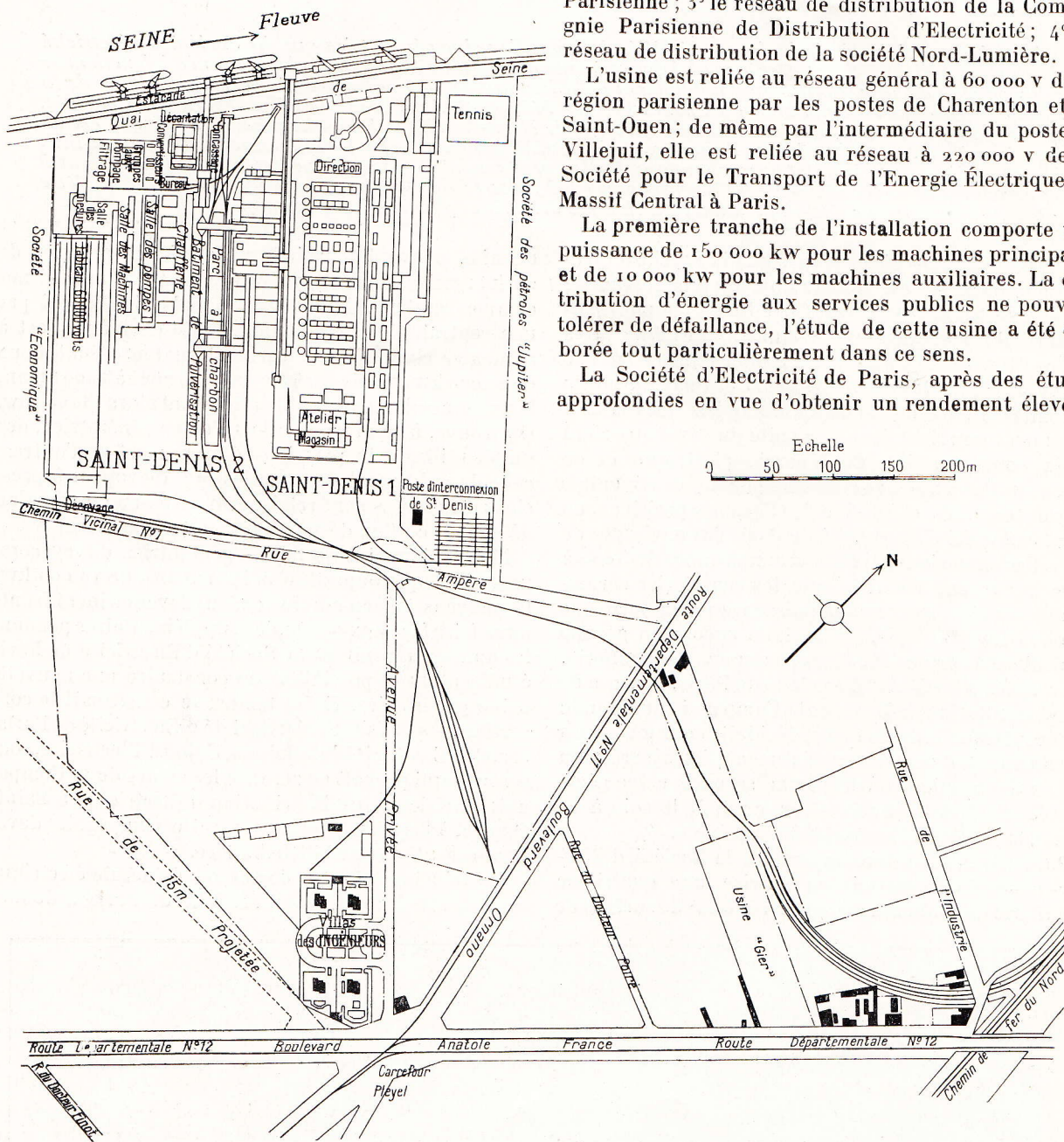


Fig. 1. — Plan d'implantation des usines « Saint-Denis I » et « Saint-Denis II ».

fixé son choix sur une pression de la vapeur d'alimentation des turbines de 54 kg/cm<sup>2</sup> et une température de cette vapeur de 450°C. La vitesse des turbines a été choisie égale à 3 000 t/mn, leur puissance, à

50 000 kw ou 72 000 kv-A. Ce sont, à ce jour, dans le monde entier les turbines à un seul axe les plus puissantes qui ont été construites pour cette vitesse de rotation et qui sont déjà en service.

**II. Implantation de l'usine.** — La nouvelle usine génératrice a été édiflée sur un terrain rectangulaire de 400 m environ de longueur et de 150 m de largeur, limité par le quai de Saint-Ouen, les bâtiments de la Société économique des Pétroles, la rue Ampère et l'usine de Saint-Denis I. Ses bâtiments sont disposés parallèlement à ceux de l'ancienne usine génératrice et en amont de celle-ci par rapport à la Seine, dont elle est séparée par le quai de Saint-Ouen; les axes des divers bâtiments font un angle de 80° environ avec le fleuve, comme le montre le plan d'implantation représenté en figure 1.

L'usine est établie sur un terrain argileux. Les forages exécutés ont révélé à la cote de + 37 m de la terre végétale et remblais, entre + 30 m et + 37 m une couche d'argile et de calcaire, entre + 20 m et + 30 m une couche de calcaire dur, silex et argile plastique, entre + 6 m et + 20 m une couche de sable, limon et blocs erratiques, entre + 0 m et + 6 m un conglomérat calcaire. Avant l'exécution des travaux, il a fallu procéder à des terrassements très importants qui furent confiés à l'entreprise Vandewalle.

Le taux de travail du terrain a été pris égal à 2 kg : cm<sup>2</sup>. Des difficultés imprévues, dues à la présence d'eaux séléniteuses, ont nécessité l'emploi de ciment « supercilor » pour l'établissement du cuvelage général sur une épaisseur de 50 cm; au-dessus de ce cuvelage, les massifs ont été réalisés en béton de ciment fer.

Les sous-sols de l'usine sont à la cote de + 30 m; l'usine se trouve de ce fait à l'abri des inondations (la

crue de 1910 ayant atteint la cote + 29,85 m). D'autre part, étant donné les travaux importants exécutés par les services de la Navigation en vue de l'évacuation

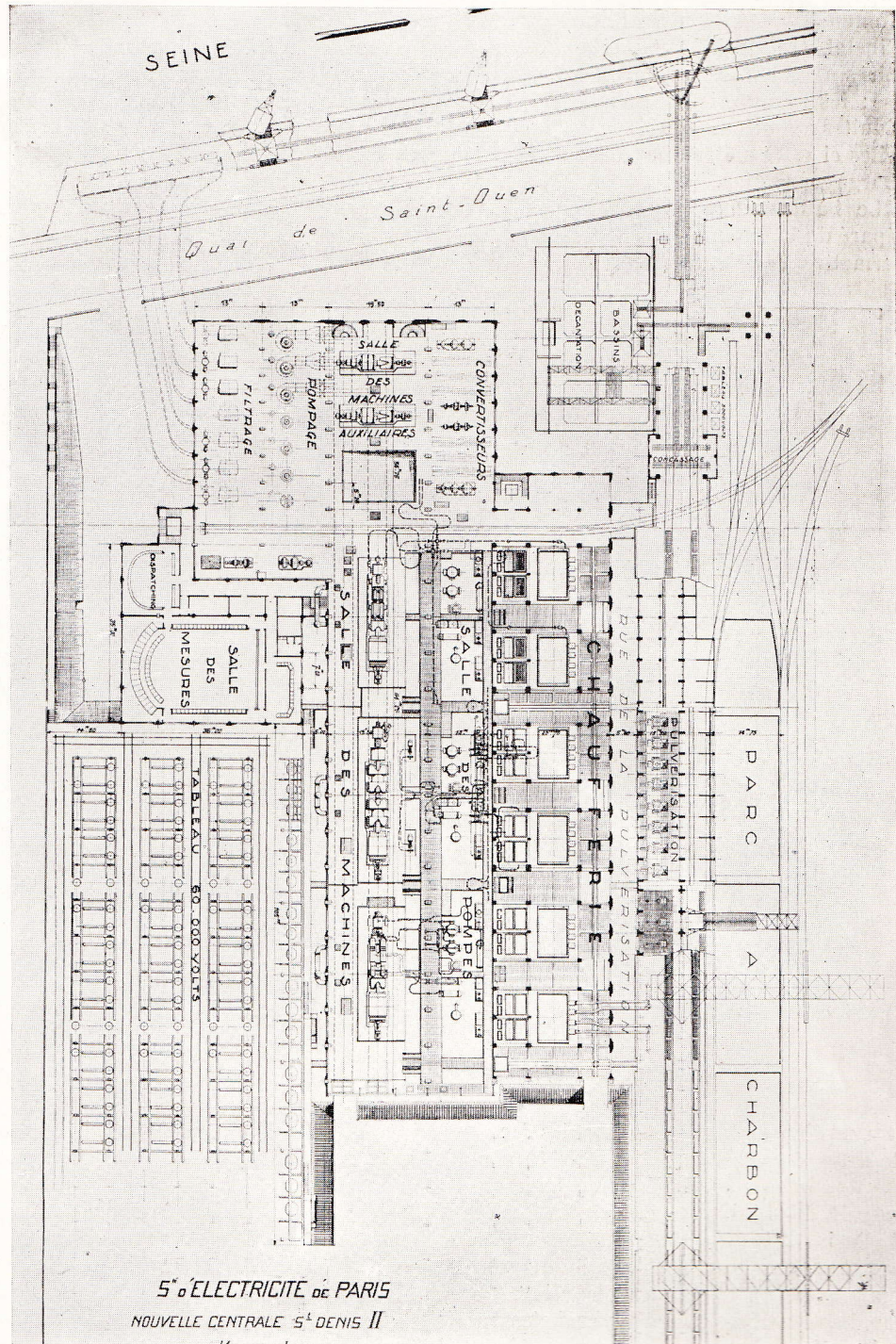


Fig. 2. — Plan général d'ensemble de la nouvelle usine génératrice thermique Saint-Denis II.

rapide des crues du fleuve, il faut espérer que la cote de 1910 ne sera plus jamais atteinte.

L'implantation en longueur de l'usine est la conséquence de la disposition des unités principales, turbo-alternateurs, chaudières, etc.; elle a également été imposée par la forme allongée du terrain disponible afin d'obtenir l'utilisation maximum de la surface (fig. 2). L'installation logique et méthodique de tous les accessoires a été réalisée et il n'existe pas d'espace mal utilisé; les tuyauteries de vapeur ont eu leurs longueurs réduites au minimum et, de ce fait, les sections de celles-ci ont pu être diminuées eu égard aux pertes de charge consenties.

Le bâtiment de la centrale de pulvérisation est séparé du bâtiment de la chaufferie par une rue, afin de permettre l'éclairage naturel de ces bâtiments et leur

ventilation. Le bâtiment de la chaufferie est accolé à celui renfermant les appareils de réchauffage, de dégazage, de distillation et d'alimentation des chaudières qui, lui-même, fait corps avec la salle des machines proprement dite; à côté de la salle des machines sont placés le bâtiment de filtrage et de pompage et celui du répartiteur auquel fait suite le poste d'appareillage à haute tension. La plupart des travaux de génie civil ont été exécutés par la Société anonyme des Anciens Etablissements Zublin et Perrière, les travaux hydrauliques, par la société Nord-France, la charpente métallique, par les Forges et Ateliers de Constructions Électriques de Jeumont, Usines de Feignies.

Ainsi qu'on peut le voir sur la figure 3 représentant

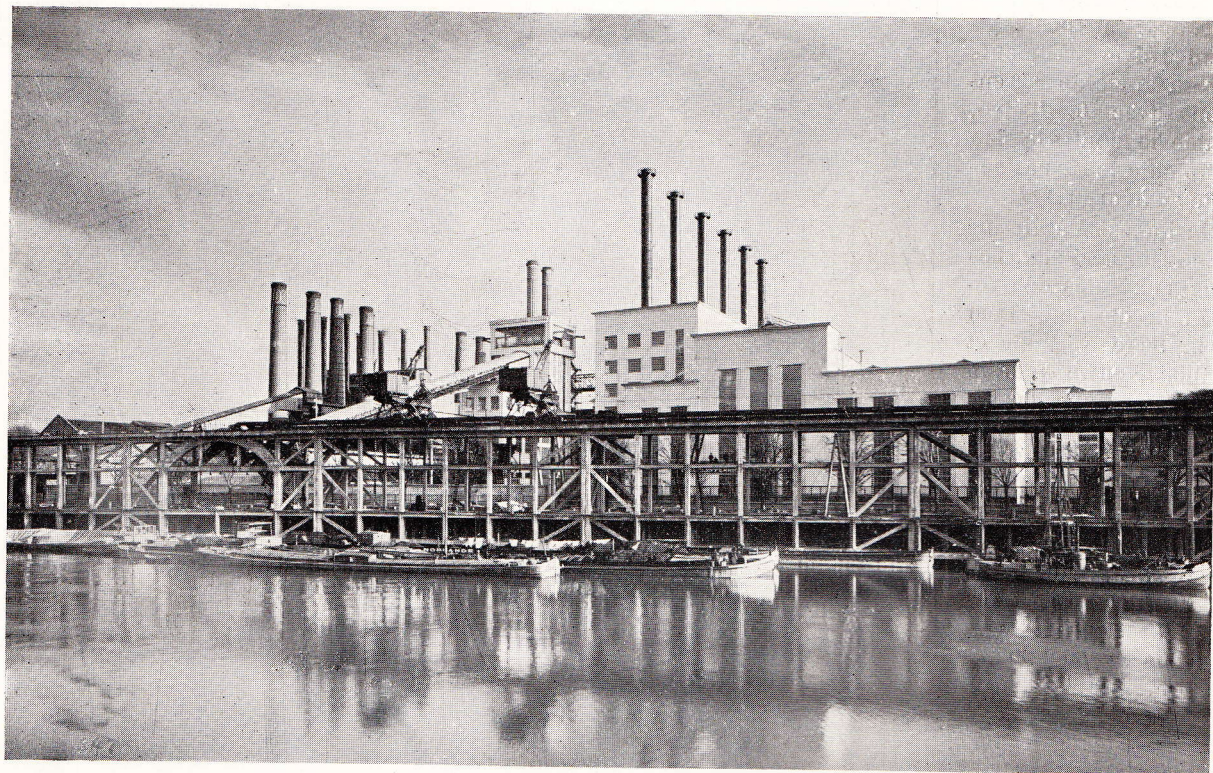


Fig. 3. — Vue d'ensemble des usines génératrices de Saint-Denis : à droite, la nouvelle usine de Saint-Denis II; à gauche, celle de Saint-Denis I.

la vue d'ensemble de l'usine, les façades principales de cette dernière sont d'architecture moderne et ont été dessinées par M. Umbdenstock en collaboration avec M. Nicolini, directeur de la Société d'Electricité de Paris, et les ingénieurs de cette société. Elles sont remarquables par la sobriété de leurs lignes et les grandes baies vitrées leur confèrent une ligne harmonieuse tout en gardant le cachet caractéristique des usines thermiques; l'élégance se dégage de la masse importante du bâtiment. Ces façades peuvent être considérées comme un modèle du genre. Signalons également que dans tous les bâtiments on s'est efforcé à conserver le même niveau pour les divers planchers. Ceci a été parfaitement réalisé pour les planchers

principaux de service (cote de 37 m) et ceux des sous-sols (cote de 30 m) (fig. 18 et 19).

**III. Consistance des aménagements de l'usine.** — Les ouvrages d'adduction d'eau ont été exécutés immédiatement pour la puissance de 400 000 kw, tandis que l'aménagement de l'usine a été réalisé pour une première tranche de 150 000 kw. Ces aménagements comprennent : 1° une estacade en Seine permettant le déchargement du combustible arrivant par voie fluviale, le combustible amené par voie ferrée étant directement déchargé dans le parc à charbon; 2° un parc à charbon; 3° un poste central de concassage et une salle de préparation de charbon pulvérisé; 4° la chaufferie

automatique; 5° une installation d'enlèvement des suies et mâchefers; 6° les installations d'adduction d'eau, la salle de pompage et de filtrage; 7° la salle des machines où sont installés les services auxiliaires et les trois groupes turboalternateurs de 50 000 kw, les condenseurs et les pompes d'extraction; 8° la salle des pompes d'alimentation renfermant les pompes alimentaires des chaudières, les appareils de réchauffage, de dégazage et de distillation et leurs tuyauteries, réservoirs d'eau et pompes auxiliaires; 9° la salle de contrôle et de commande ainsi que celle du répartiteur; 10° le poste extérieur à 60 000 v; 11° le bâtiment de décuivage; 12° le poste d'interconnexion de Saint-Denis situé en bordure de la rue Ampère, qui permet le

fonctionnement en parallèle des trois usines de Saint-Denis I, de Saint-Denis II et d'Ivry.

**IV. Installation de déchargement du charbon.** — La quantité prévue de charbon à manutentionner pour l'usine lorsqu'elle sera complètement installée, est de 3000 t par journée de 12 heures de travail, y compris les déplacements d'appareils, soit un débit moyen de 250 t:h. Ce charbon arrive, soit par voie fluviale, soit par voie ferrée.

1. ARRIVAGES PAR VOIE FLUVIALE. — L'installation comporte une estacade d'une longueur de 180 m, construite en béton armé dans le prolongement de celle de l'usine

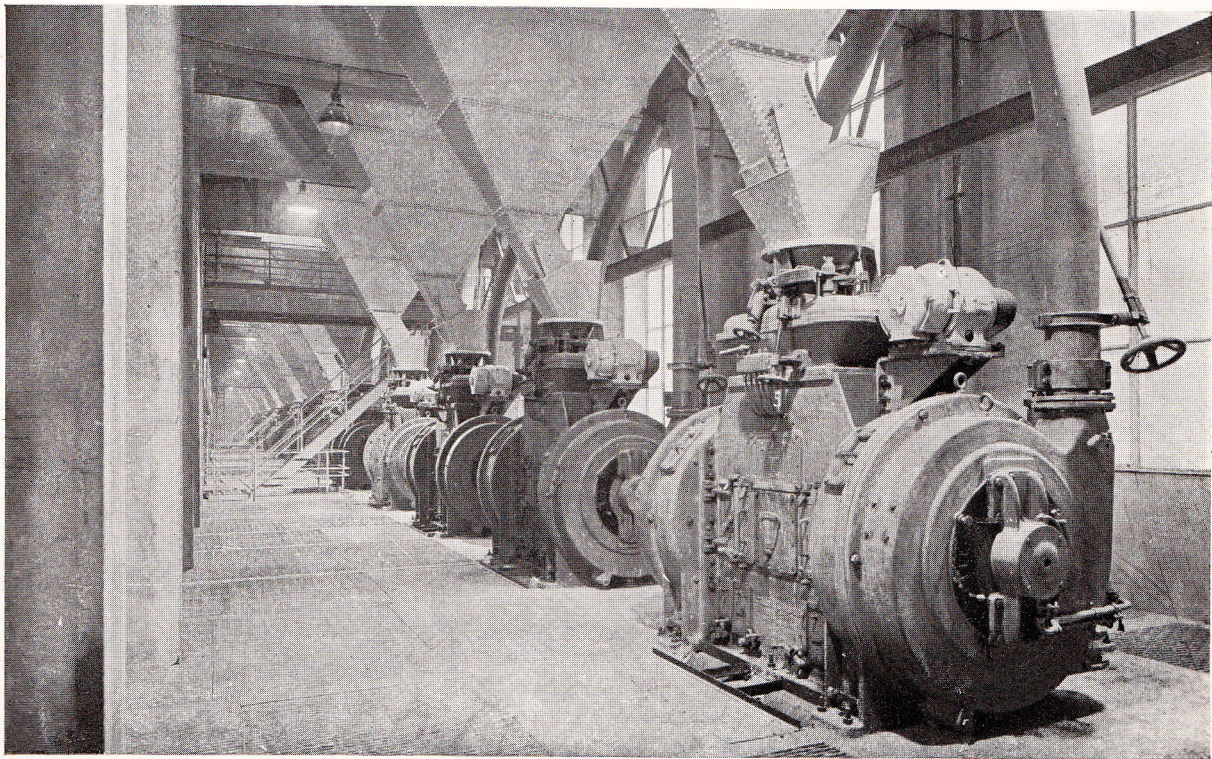


Fig. 4. — Vue de la salle de la pulvérisation du charbon.

de Saint-Denis I. Elle a été fondée sur 200 pieux en béton, d'une longueur de 8 m et d'une force portante de 50 t. Ces pieux, recépés à la cote de + 25,50 m, sont réunis par des poutres horizontales; au niveau de la chaussée (+ 29,05 m), ils supportent un premier plancher de 12 m de largeur; à la cote de + 39,40 m existe un deuxième plancher présentant un encoffrement au-dessus de la Seine.

Sur la plate-forme supérieure de l'estacade est situé le chemin de roulement sur lequel circulent actuellement deux portiques avec grue fixe et pivotante à benne automatique d'une capacité de 2 000 litres. Ces grues, d'une force de 4 t, se trouvent à l'une des extrémités du portique et déversent le charbon dans une trémie située dans le pied opposé.

Entre les pieds des portiques se trouve un tapis roulant métallique, d'une longueur de 115 m et de 1,50 m de largeur, qui reçoit le charbon des trémies des portiques par l'intermédiaire de distributeurs à va-et-vient commandés électriquement. Ce tapis, dont le débit horaire est de 250 t, est constitué par une série de palettes en tôle de 4 mm d'épaisseur avec rebords se recouvrant; il alimente, au moyen d'une trémie, un transporteur à courroie, incliné, qui amène le combustible au poste de concassage et le déverse dans les trémies à fines ou dans la trémie à tout-venant. Cette installation pourra être doublée par la suite.

2. ARRIVAGES PAR VOIE FERRÉE. — L'usine est raccordée par un embranchement particulier au réseau de la

Compagnie du Chemin de fer du Nord, ce qui lui permet de recevoir, par voie ferrée, les trains de charbon. A cet effet, le parc à charbon est constitué par une série de silos en béton surplombés par deux voies ferrées de 195 m de longueur environ, chaque voie pouvant contenir une rame de 640 t de charbon constituée, soit par des wagons trémies qui peuvent se décharger automatiquement en quelques minutes par des trappes latérales, soit par des wagons ordinaires à fond plat qui peuvent être déchargés par les bennes preneuses des portiques. Le charbon peut être alors emmagasiné dans le parc ou versé dans des trémies solidaires des portiques de reprise pouvant alimenter les trémies automotrices. Ce sont ces der-

nières qui font office d'organe de liaison des différents postes : parc, concassage ou remplissage des silos de fines.

**V. Parc à charbon.** — Le parc à charbon est constitué par une fosse de 190 m de longueur et de 18 m de largeur, sectionnée en six compartiments par des cloisons en ciment armé permettant ainsi le classement des charbons. Le radier est établi à la cote de + 28 m. Ce parc est perpendiculaire aux silos de l'usine Saint-Denis I et, grâce à l'agencement des portiques, on peut assurer, en cas de nécessité, l'alimentation d'une usine avec le charbon provenant du parc de l'autre usine.

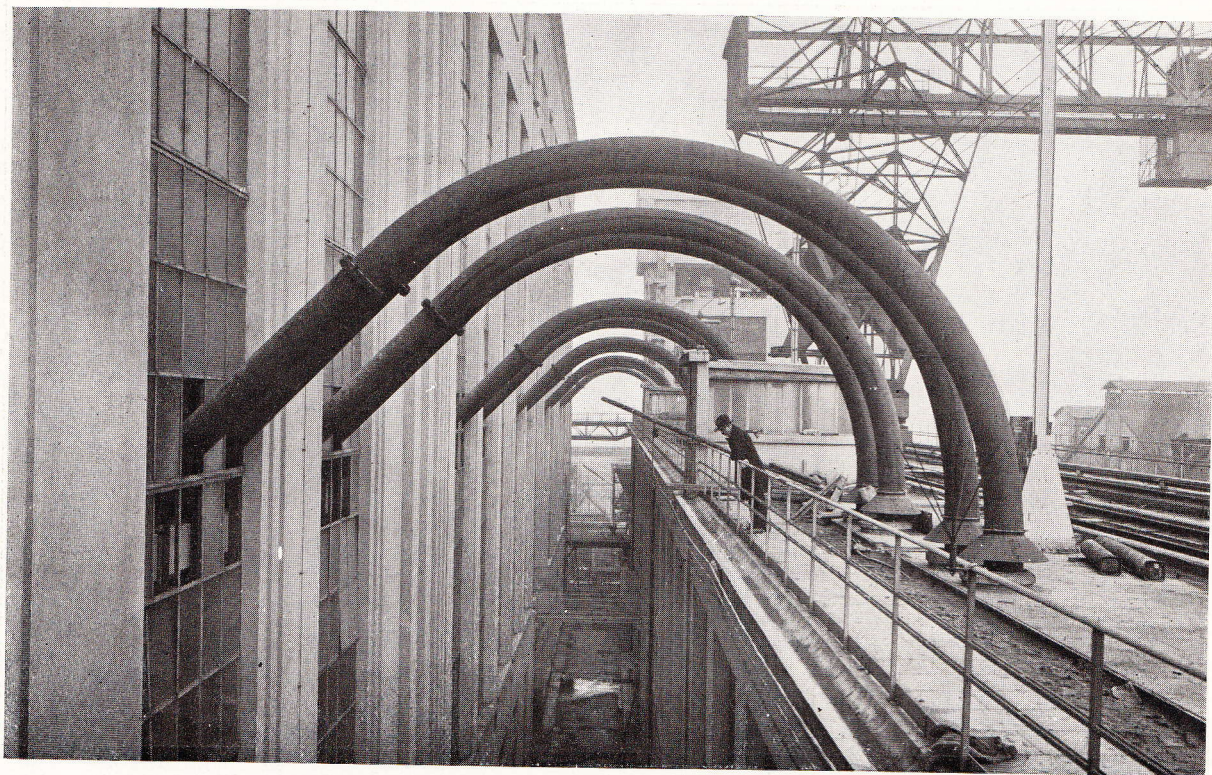


Fig. 5. — Vue des tuyauteries d'amenée de charbon pulvérisé à la salle de chauffe et de la plate-forme des trémies automotrices au-dessus de la salle de pulvérisation.

La voie ferrée est située à la cote de + 37 m et l'entre-axe des deux voies est de 14,750 m. Deux portiques de reprise, d'un débit horaire de 125 t chacun, enjambent les voies et le parc au-dessus d'un portique répartiteur; les voies de roulement de ces portiques sont à des niveaux différents, l'un des pieds roule sur le bâtiment de la pulvérisation à la cote de + 46,25 m et l'autre, sur le sol au niveau des voies ferrées; ils portent, de ce dernier côté, un avant- bec de 12,50 m de longueur destiné à puiser dans les silos de l'usine Saint-Denis I. Un chariot treuil, à benne automatique de 3 000 litres, circule sur chaque portique et assure, soit le déchargement des wagons, soit la reprise du

stock et le chargement des trémies automotrices. A cet effet, se trouve encastrée dans le pied du côté de la salle de pulvérisation du charbon, une trémie d'une capacité de 20 t, à deux orifices permettant de charger l'une ou l'autre des trémies automotrices.

Le portique répartiteur est constitué par un portique roulant comprenant une poutre caisson à l'intérieur de laquelle circule un transporteur à courroie. La poutre repose, du côté du bâtiment de pulvérisation, par deux galets sur un rail à la cote de + 36,85 m, situé extérieurement à la voie des wagons. Le portique, du côté sommier, porte une trémie pouvant recevoir le contenu d'une benne automatique circulant



au-dessus d'elle. Un distributeur, commandé par le transporteur, assure l'alimentation de ce dernier, lequel transporte le charbon au-dessus des silos et le déverse en leur milieu. Les appareils de manutention du charbon ont été construits par la Société de Construction et de Locations d'Appareils de Levage (Applevage).

**VI. Poste central de concassage et salle de préparation du charbon pulvérisé. — 1. POSTE CENTRAL DE CONCASSAGE. —**

Le poste central de concassage a une hauteur de 55 m au-dessus de ses fondations descendant à la cote de + 20,20 m. L'ossature est en béton et comprend de haut en bas : les trémies à fines, les voies des trémies automotrices, la trémie à tout-venant, les concasseurs.

Le cycle du charbon est le suivant : les trémies à fines alimentent les trémies automotrices ; la trémie à tout-venant alimente un concasseur situé à la cote de + 30 m par l'intermédiaire d'un distributeur à courroie et d'un trieur magnétique.

Le concasseur, entraîné par un moteur de 50 ch, est constitué par deux rangées de cylindres formés par une série de disques ; le charbon est broyé à l'état de fines 0/15. Ces fines sont recueillies par un convoyeur à godets qui les élève et des cames de basculement permettent de déverser ces fines

dans l'une ou l'autre des trémies à fines et de là, dans les trémies automotrices. Les voies de roulement de

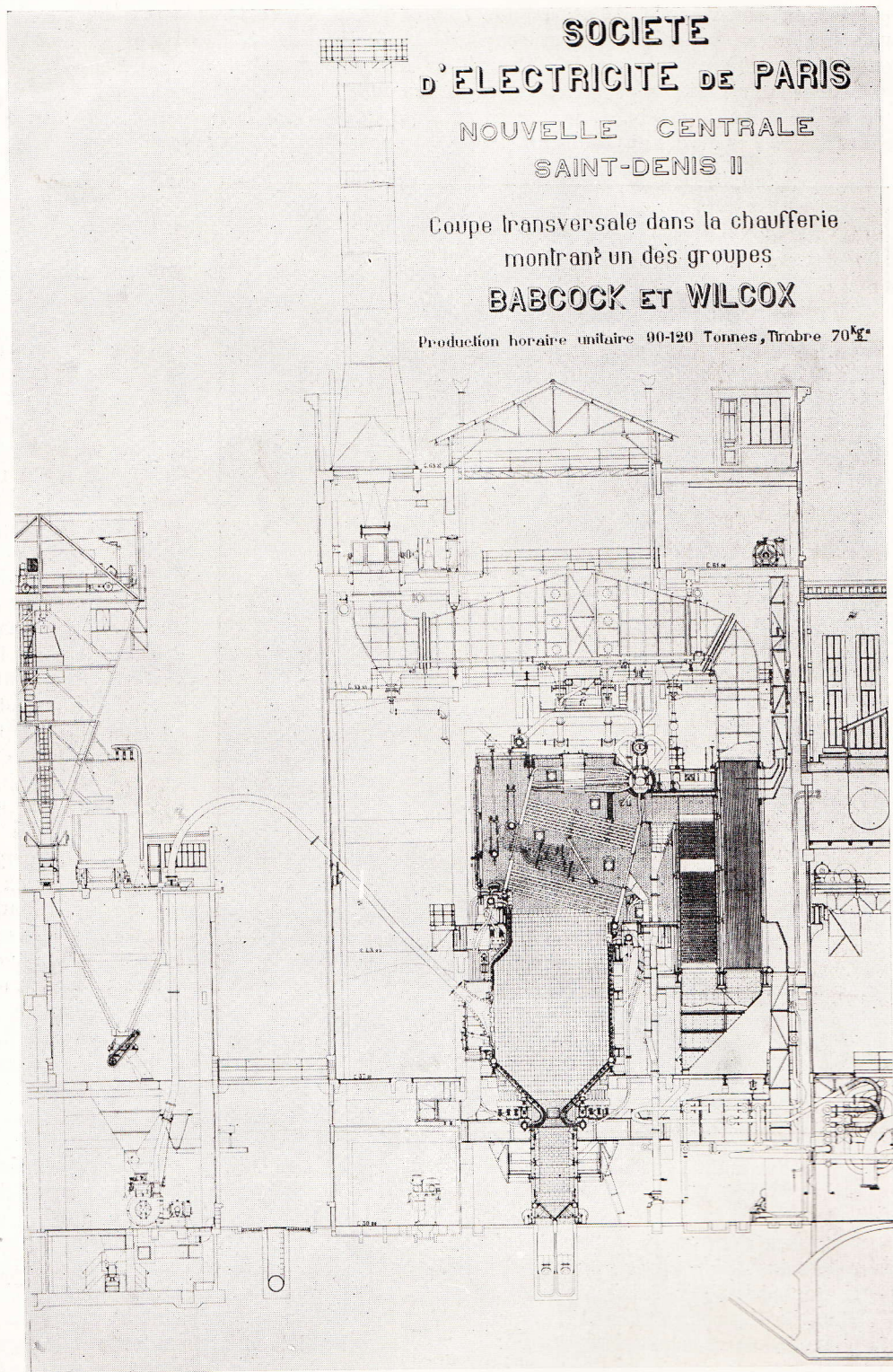


Fig. 6. — Coupe transversale dans la chaufferie montrant une des chaudières Babcock et Wilcox timbrée à 70 kg/cm<sup>2</sup> et produisant 120 t de vapeur par heure.

ces trémies sont situées sur le bâtiment de la centrale de pulvérisation, l'une d'elles étant en porte-à-faux au-dessus du parc à charbon. Un transbordeur permet, en cas d'avarie, de passer une trémie d'une voie sur l'autre. Les trémies ont une capacité de 16 m<sup>3</sup> et se déplacent à une vitesse de 13 km : h en charge.

Le charbon refusé par les pulvérisateurs est ramené, par un élévateur à godets, dans une bascule, puis au concasseur. Les divers appareils du poste de concas-

ment spécial, construit en ciment armé, parallèle à celui de la chaufferie dont il est séparé par une rue de 5,50 m de largeur. Cette disposition évite la transmission du ronflement des pulvérisateurs dans le reste de l'usine. Sur le toit roulent les trémies permettant de remplir les silos, d'une contenance de 40 t de charbon concassé. Ce charbon tombe dans les bascules, puis dans les pulvérisateurs. Actuellement, vingt-quatre pulvérisateurs et vingt-quatre bascules automatiques

sont installés correspondant aux six chaudières et chaque appareil alimente un brûleur (fig. 4).

Les pulvérisateurs sont du type «Atritor» pouvant pulvériser 5,500 t de charbon à l'heure; ils sont entraînés chacun par un moteur de 100 ch. Le débit de charbon à l'admission dans l'appareil est réglé sur le plateau au moyen d'une table tournante actionnée par un moteur dont la vitesse est réglée automatiquement selon la quantité de vapeur absorbée par la turbine. Cet appareil est muni d'un séparateur de métaux basé sur la différence de densité des corps par rapport aux combustibles.

Le charbon tombe dans un couloir divisé par un volet mobile; des ventilateurs aspirent ce charbon qui entre dans une première chambre de broyage, d'où il est rejeté au travers d'une couronne perforée fixe dans la deuxième zone de pulvérisation; cette couronne est constituée par un disque mobile portant plusieurs rangées de broches et un diaphragme à plusieurs rangées de broches placées en quinconce avec celles du disque mobile. Le charbon pulvérisé est amené par des tuyauteries de la salle de pulvérisation aux brûleurs. La figure 5 montre ces tuyauteries sortant du bâtiment de pulvérisation et pénétrant dans le bâtiment de la chaufferie.

Le séchage est effectué à l'intérieur des cages de broyage par aspiration d'air chaud prélevé à la sortie des réchauffeurs d'air. Un collecteur d'air chaud permet la mise en service d'une chaudière froide avec le charbon mouillé.

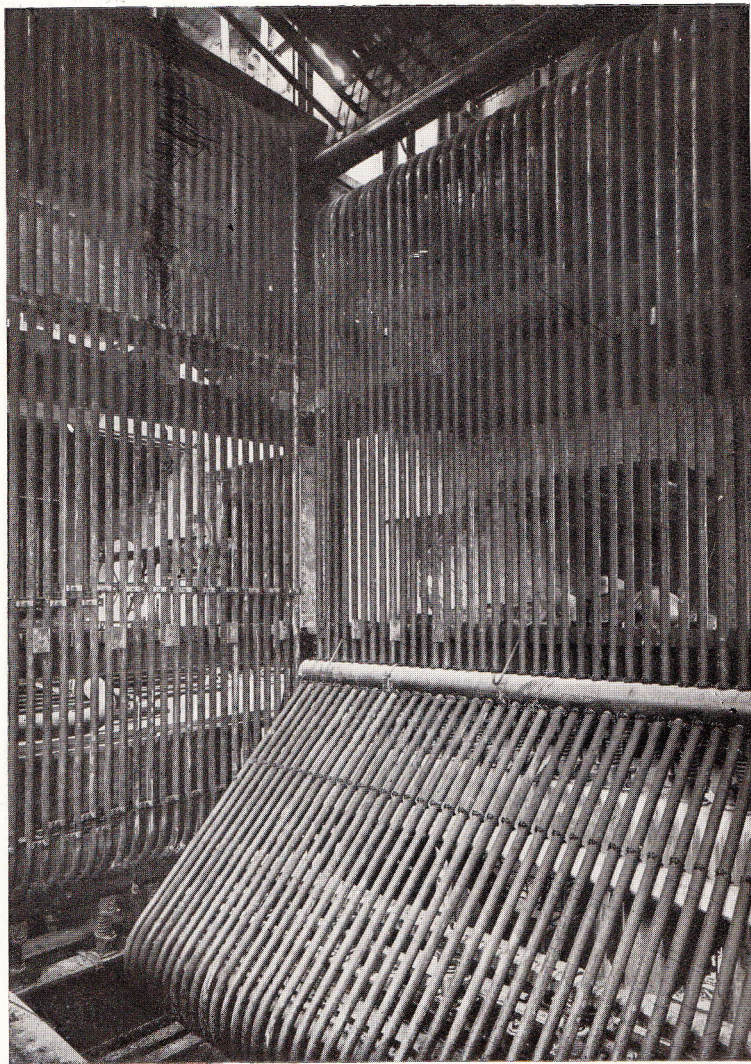


Fig. 7. — Vue intérieure d'une chambre de combustion système Bailey, à tubes écrans.

sage ont un débit moyen de 125 t : h, sauf l'élévateur de refus qui est prévu pour un débit de 30 t : h.

Le transporteur à courroie inclinée amenant le charbon de l'estacade aboutit à la partie supérieure du poste de concassage.

2. SALLE DE PULVÉRISATION DU COMBUSTIBLE. — Tous les appareils de pulvérisation ont été réunis dans un bâti-

VII. **Chaufferie.** — Le bâtiment de la chaufferie a actuellement une longueur de 112 m et une largeur de 22,70 m. Il a été fondé sur des piliers à très larges semelles; le radier est à la cote de +30 m et toute l'ossature du bâtiment est en ciment armé. L'éclairage se fait par la partie supérieure, au moyen d'un lanterneau vitré s'étendant sur toute la longueur et par de grandes baies vitrées disposées dans le pignon latéral du côté de la pulvérisation et sur les façades. Tous les planchers et passerelles de service sont en caillebotis

métalliques prévus pour des efforts de surcharge, variant de 250 à 1500 kg par mètre carré. Un pignon provisoire, en tôle ondulée, ferme le bâtiment du côté prévu pour les extensions. Deux monte-charge et un ascenseur permettent d'accéder aux diverses passerelles de la chaufferie.

1. CHAUDIÈRES. — L'équipement actuel de la chaufferie comprend six chaudières Babcock et Wilcox. Elles sont chauffées au charbon pulvérisé et disposées sur une seule ligne parallèle au bâtiment de la salle des machines.

En principe, dans la nouvelle usine génératrice, chaque turbine est alimentée par deux chaudières correspondantes, mais les collecteurs peuvent être reliés entre eux, si besoin est, au moyen de vannes qui, en service normal, sont fermées. Chaque chaudière, dont la figure 6 représente une coupe transversale dans la chaufferie, est composée de : une chambre de combustion système Bailey pour la chauffe au charbon pulvérisé; une chaudière Babcock et Wilcox à réservoir transversal avec surchauffeur; un économiseur vaporisateur Babcock et Wilcox à tubes d'acier et à coudes; un réchauffeur d'air tubulaire Babcock et Wilcox; une cheminée à tirage mécanique assurant l'évacuation des fumées qui traversent au préalable un dépoussiéreur par voie humide. Les caractéristiques de la chaudière sont les suivantes :

Débit maximum de vapeur. . . . .	120 t/h
Timbre de la chaudière . . . . .	70 kg/cm <sup>2</sup>
Pression en marche normale, environ . . . . .	65 kg/cm <sup>2</sup>
Température moyenne de la vapeur à la sortie du surchauffeur, environ . . . . .	465°C
Surface du faisceau tubulaire. . . . .	910 m <sup>2</sup>
Surface du surchauffeur . . . . .	450 m <sup>2</sup>
Surface de l'économiseur vaporisateur . . . . .	1 000 m <sup>2</sup>
Surface du réchauffeur d'air tubulaire . . . . .	5 200 m <sup>2</sup>

1° *Chambre de combustion Bailey.* — Les parois (fig. 6 et fig. 7) sont constituées par des blocs de composition différente, selon la place occupée dans la chambre de combustion. Ces blocs sont, soit en fonte, soit en fonte et matière réfractaire. Ils sont usinés et agrafés par des boulons sur des tubes constituant l'armature du foyer dans lequel circule l'eau et font corps avec le tube grâce à un mastic spécial. Les tubes d'eau sont alimentés directement par le réservoir de la chaudière et la vapeur qu'ils produisent se dégage dans ce réservoir; les collecteurs inférieurs et supérieurs dans lesquels sont mandrinés ces tubes sont réunis entre

eux par des tubes de recirculation extérieurs à la chambre.

Les chambres Bailey se dilatent en général vers le bas, les collecteurs supérieurs reposent sur des appuis fixes; les collecteurs inférieurs sont supportés par des ressorts. Les chambres se terminent à la partie inférieure par des trémies destinées à permettre l'évacuation des cendres qui tombent dans une trémie double fermée à sa partie supérieure par des portes en V, les-

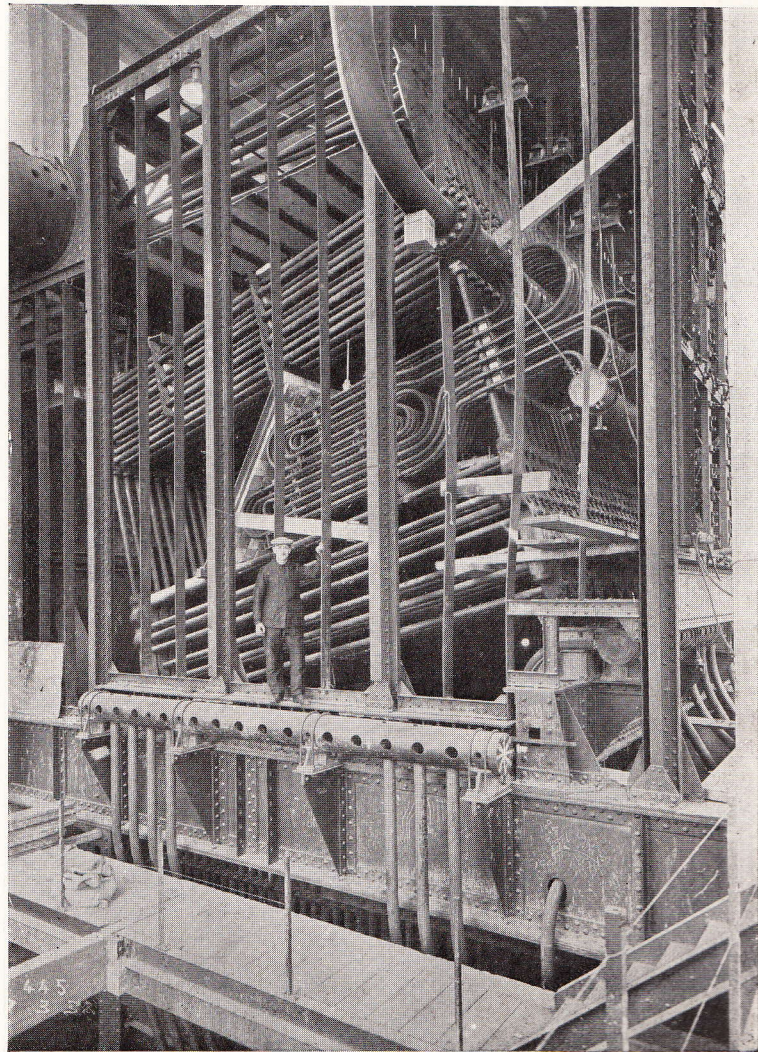


Fig. 8. — Vue d'une des chaudières en cours de montage.

quelles commandées par deux volants s'ouvrent au-dessus des caniveaux d'enlèvement hydraulique des mâchefers. Les brûleurs sont du type Calumet; leur axe est dirigé vers le bas et incliné à 45° sur l'horizontale; ils débouchent dans la chambre par une fente rectangulaire très allongée (1,60 m). Le mélange d'air et de charbon pulvérisé arrive par cette ouverture et la répartition égale du charbon tout le long du brûleur se fait en disposant à l'entrée du brûleur des chicanes

dont la position est réglée une fois pour toutes. L'allumage à la mise en route se fait au moyen de brûleurs à mazout. Avec du charbon d'un pouvoir calorifique de 6500 calories par kilogramme, la consommation de charbon prévue est d'environ 14 250 kg par heure.

2° *Chaudière Babcock et Wilcox.* — Certaines modifications ont été apportées à la chaudière à la suite d'essais faits aux Etats-Unis d'Amérique. Elle possède 46 sections et est divisée en deux parties. La partie

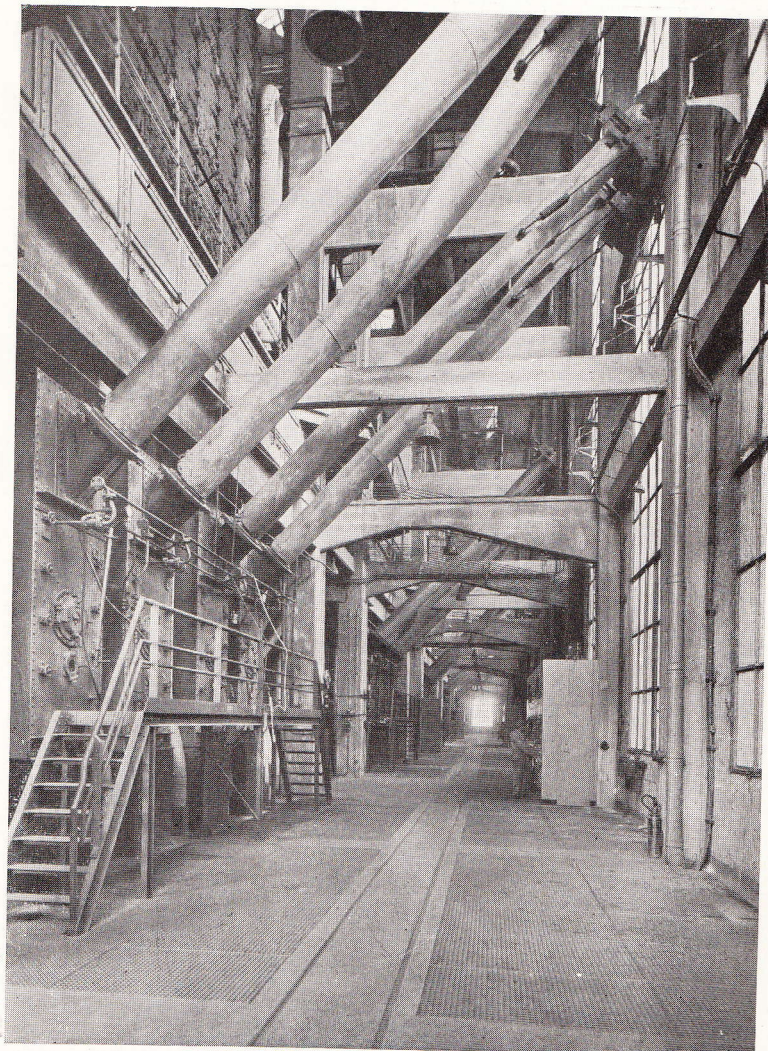


Fig. 9. — Vue de la rue de chauffe.

inférieure ayant cinq ou six tubes, la partie supérieure, huit tubes. Chaque tube a 5,50 m de longueur et 82,5 mm de diamètre intérieur.

En raison de la valeur élevée de la température de surchauffe et de la valeur élevée de la chaleur spécifique de la vapeur, on a dû, pour éviter un surchauffeur de surface trop considérable, placer celui-ci au contact des gaz à très haute température en l'intercalant entre les tubes d'eau. D'autre part, dans les pre-

mières nappes de tubes, on a doublé l'écartement normal, de telle sorte que le surchauffeur reçoit la chaleur par rayonnement et par convection.

Des orifices sont ménagés entre les collecteurs du faisceau inférieur pour permettre le nettoyage de ces tubes; ce faisceau inférieur ne rencontre aucune chicane, alors que le faisceau supérieur en comporte deux. Étant donné le taux de vaporisation élevé, on a prévu trois tubes de dégagement qui réunissent chaque collecteur au réservoir. Le réservoir principal cylindrique a 1,20 m de diamètre intérieur, 11,80 m de longueur et une épaisseur de 70 mm. Un ballon de prise de vapeur a été placé au-dessus du réservoir principal.

Le surchauffeur, placé entre les deux groupes de tubes de vapeur, comporte quatre passages de vapeur et les collecteurs de vapeur sont placés à l'extérieur du parcours des fumées. L'entrée et la sortie de la vapeur se font aux deux extrémités du collecteur supérieur. Les tubes sont baignés par des gaz à la température moyenne de 1000°C; la vapeur circule à une vitesse de 12 à 18 m : s. Les tubes des deux derniers passages ont été construits en sicromal 8, qui est un acier au chrome, au molybdène et à l'aluminium, inoxydable à environ 1000°C.

La figure 8 représente une des chaudières en cours de montage et la figure 9, une vue de la rue de chauffe.

3° *Economiseur.* — L'économiseur est installé à la suite de chaque chaudière; il est du type Babcock et Wilcox à tubes d'acier; sa surface est de 1000 m<sup>2</sup> et comprend 48 nappes horizontales composées de seize tubes divisés en quinconce.

Ces nappes traversent des plaques verticales formant paroi latérale et sont soutenues en leur milieu par des pièces de fonte. Les tubes sont réunis par des coudes en acier forgé assemblés avec les tubes droits au moyen de brides. L'économiseur a été divisé en deux parties constituant, chacune, un économiseur parcouru par la moitié de la quantité d'eau à vaporiser.

4° *Réchauffeur d'air.* — Ce réchauffeur, du type Babcock et Wilcox, se compose de tubes verticaux disposés en quinconce et mandrinés dans des plaques tubulaires. D'une surface totale de 5200 m<sup>2</sup>, ce réchauffeur comprend 2048 tubes de 60 mm de diamètre extérieur et ayant une longueur de 9,84 m, disposés sur vingt-sept files verticales, chacune étant composée de 104 tubes. Les gaz chauds sortant de l'économiseur circulent dans les tubes et l'air à réchauffer, autour des tubes. L'air froid est refoulé par deux ventilateurs placés au-dessus du groupe; il quitte le réchauffeur à la partie inférieure

par deux gaines symétriques se réunissant en façade et aboutissant aux quatre caissons d'air secondaires des brûleurs Calumet. De chacune de ces gaines partent des conduites amenant, au sous-sol, l'air chaud aux broyeurs.

Les ventilateurs ont les caractéristiques suivantes :

Poids d'air débité.....	86 500 kg:h
Pression totale au refoulement, évaluée en hauteur de colonne d'eau de pression équivalente.....	208 mm
Puissance absorbée sur l'arbre.....	95 ch
Vitesse.....	1 125 t:mn

Les moteurs actionnant ces ventilateurs sont à collecteur et à vitesse réglable de 595 à 1 125 t:mn par

décalage des balais. La variation de vitesse est obtenue automatiquement en fonction du régime du générateur de vapeur.

5° *Dépoussiérage des fumées.* — Des dépoussiéreurs hydrauliques à ruissellement, du type Modave-Hanrez, sont placés avant les ventilateurs de tirage. Ils sont prévus pour un débit de gaz de 300 000 m<sup>3</sup>:h; la consommation d'eau est de 80 000 l:h; la perte de charge correspond à la pression d'une colonne d'eau de 15 mm de hauteur; le rendement garanti est de 90 pour 100.

Les poussières sont entraînées par l'eau, recueillies dans une bache placée à la base des appareils et évacuées dans les caniveaux à cendres. Les suies accumulées dans les trémies disposées au point bas des carnaux de gaz

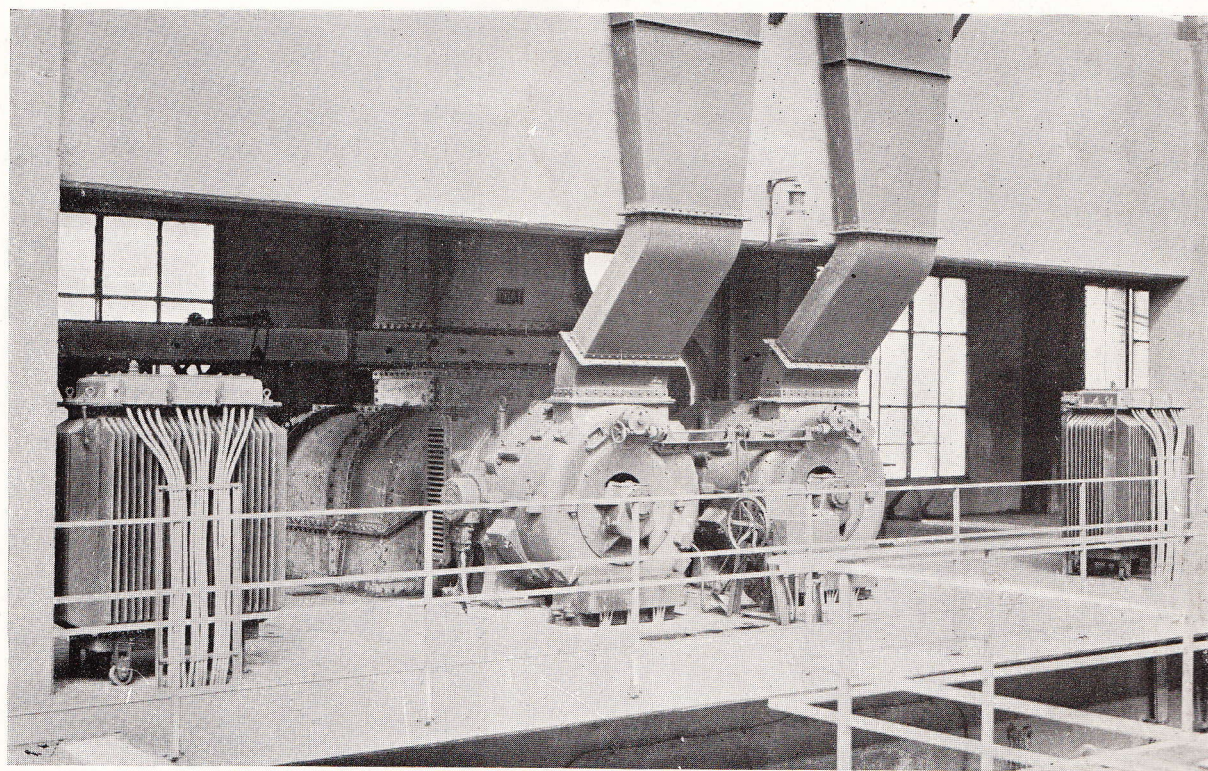


Fig. 10. — Vue des deux ventilateurs de tirage d'une chaudière et de leurs moteurs; entre les moteurs, on distingue le dispositif de réglage automatique de tirage.

sont elles aussi évacuées par l'eau. Les suies de la chaudière sont évacuées pneumatiquement. La succion aux bouches d'aspiration est obtenue au moyen de pompes à vide rotatives.

6° *Ventilateurs de tirage.* — Ces appareils, du type Prat, sont au nombre de deux par chaudière, leurs caractéristiques sont les suivantes :

Poids de gaz débité.....	110 000 kg:h
Température.....	108°C
Dépression nécessaire à l'aspiration du ventilateur, évaluée en hauteur de colonne d'eau de pression équivalente.....	225 mm
Puissance absorbée sur l'arbre.....	165 ch
Vitesse.....	1 020 t:mn

Comme les ventilateurs précédents, ces ventilateurs sont à variation de vitesse et fonctionnent automatiquement.

Les cheminées sont en tôle et reposent à la base sur une infrastructure en béton; elles ont une hauteur de 45 m, le diamètre à la partie supérieure étant de 2,60 m. La figure 10 représente les ventilateurs et leurs moteurs installés à la base des cheminées.

7° *Evacuation des cendres et des suies.* — Le ramonage des chaudières est effectué avec de l'air comprimé à 10 kg:cm<sup>2</sup> par souffleurs à effacement; l'enlèvement des suies, par système pneumatique. Toutes les eaux chargées de suies tombent dans un caniveau rectiligne, disposé dans le sens longitudinal de la

chaufferie et par un canal sont déversées dans un bassin de décantation. Les cendres et mâchefers tombent dans un second caniveau et sont entraînés par une chasse d'eau intermittente de  $1\,500\text{ m}^3/\text{h}$  dans un bassin d'égouttage. La surface totale des bassins de décantation et d'égouttage est de  $550\text{ m}^2$  environ. Les cendres et suies décantées sont reprises par un pont roulant à benne preneuse automatique spéciale, pour être chargées dans des trémies qui alimentent ensuite des transporteurs à courroie, fournis par Kainiscop, lesquels évacuent les cendres soit par bateaux, soit par wagons.

8° *Tuyauteries de vapeur à haute pression.* — Les tuyauteries de vapeur à  $70\text{ kg/cm}^2$ , construites par

la Compagnie de Fives-Lille sont en chromesco, acier au chrome et au molybdène, travaillant à chaud ( $500^\circ\text{C}$ ) sous charge permanente et présentant un coefficient de sécurité largement suffisant ( $1,5$  au minimum pour limite d'écoulement à  $500^\circ\text{C}$ ). Il permet l'emploi de tuyaux n'ayant pas une épaisseur exagérée, pouvant être cintrés, usinés et refoulés.

Les tuyauteries, ne pouvant être fixées comme dans les installations à basse pression, sont suspendues par l'intermédiaire de ressorts afin de pouvoir subir les déformations dues aux dilatations. Les joints sont du type Sarlun. Les extrémités des tubes sont refoulées et les divers éléments assemblés par des brides libres maintenues par de forts boulons de serrage en

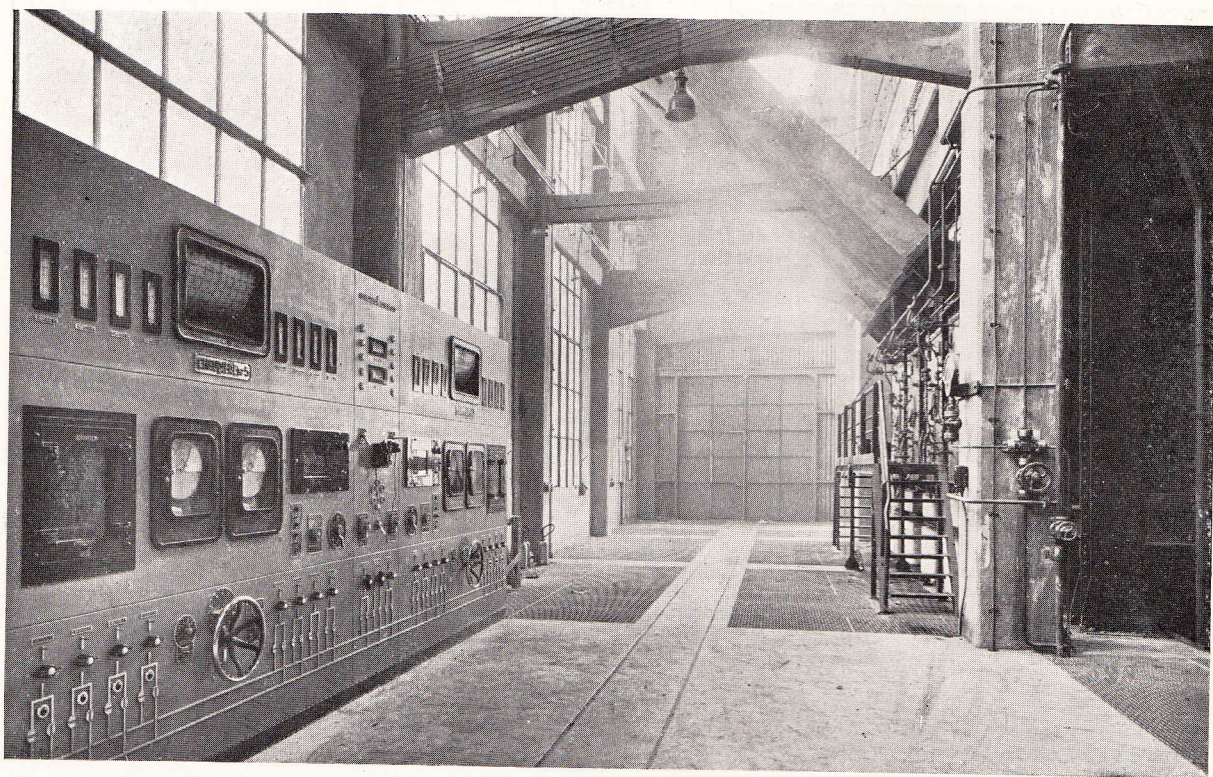


Fig. 11. — Vue du tableau de réglage automatique de deux chaudières.

acier DFO Schneider. Les joints sont exécutés métal sur métal par contact des surfaces rectifiées et, afin d'obtenir une garantie supplémentaire d'étanchéité du joint, un point de soudure est prévu. Dans le calcul des diamètres, on a tenu compte de la vitesse maximum admissible pour éviter l'usure; de plus, des dispositifs antivibrateurs ont été prévus.

Le schéma (fig. 25) est conçu pour alimenter normalement, avec chaque groupe de deux chaudières, le groupe turboalternateur de  $50\,000\text{ kw}$  correspondant. Chaque chaudière d'un groupe est reliée au séparateur de vapeur de la turbine; deux tuyauteries d'équilibre, constituant une boucle, réunissent les tuyaux de sortie de chaudière entre eux et permettent d'alimenter

un groupe avec deux chaudières quelconques. Ce collecteur bouclé se prolonge jusqu'aux groupes turboalternateurs auxiliaires et une dérivation les alimente après passage dans un séparateur. Des vannes à commande électrique permettent d'interrompre rapidement à distance l'alimentation de la turbine. Les vannes placées sur le tuyau de sortie de chaque chaudière sont également commandées électriquement.

Les tuyauteries sont disposées avec pentes et des purges sont prévues, ce qui permet d'avoir de la vapeur très sèche à l'entrée des turbines.

Toutes les tuyauteries de vapeur, d'air ou d'eau véhiculant de la chaleur ont été soigneusement calori-

fugées pour que soient réduites au minimum les pertes calorifiques.

3° *Robinetterie.* — Les vannes, construites par les Etablissements Seguin, sont à sièges parallèles et sont construites en aciers spéciaux D F O. Schneider et Imphy (marque 1691) au nickel, chrome et molybdène. Les pièces de mécanisme sont en acier A T V. La réalisation des ressorts intérieurs nécessaires à l'appui des opercules sur leur siège s'est révélée particulièrement délicate et il a été employé des alliages de fer-nickel et chrome. Les clapets automatiques sont du type à section de passage annulaire. Les cerceles de portage sont constitués en acier durci par nitruration des surfaces.

Les vannes des chaudières peuvent être commandées

à la main, ou à distance, au moyen de la commande électrique Seguin. Cette dernière commande permet une manœuvre rapide des vannes et s'effectue au moyen d'un levier dont l'index est déplacé sur le cadran d'un combinateur en regard de plots qui correspondent aux positions d'ouverture. Les manœuvres sont contrôlées par des lumières de couleurs différentes apparaissant sur le cadran du combinateur pendant le déplacement des obturateurs. Les vannes peuvent, avec ce système, être manœuvrées à partir de plusieurs postes et commandées, simultanément, par un combinateur unique placé dans le bâtiment de commande et de contrôle et quelle que soit la position des autres combinateurs.



Fig. 12. — Vue intérieure de la prise d'eau en Seine montrant les grilles de protection.

La vanne est verrouillée électriquement lorsque le combinateur est laissé dans une position de manœuvre et tout essai de manœuvre à la main déclenche un interrupteur qui provoque le débrayage du volant et fait tourner le moteur actionnant la vanne dans le sens voulu pour la ramener à sa position primitive.

2. INSTALLATION DE COMMANDE ET DE CONTRÔLE DE LA CHAUFFERIE. — 1° *Généralités.* — L'amélioration de l'économie dans la chauffe réside dans la possibilité d'adapter la conduite du foyer aux variations de charge. Le soin de cette adaptation est confié à des appareils de commande automatique, fournis par la Société d'Usinage de Matériel électrique, qui secondent le personnel de la chaufferie.

Les variations de la charge dans une usine génératrice thermique entraînent des variations correspondantes de la charge sur les chaudières. Ces variations exigent un réglage plus ou moins fréquent du débit du combustible, de la vitesse des ventilateurs, de la position des registres. Dans le système Bailey, qui a été adopté à l'usine de Saint-Denis II, l'allure de la marche de la chaudière est modifiée par une action simultanée sur l'admission du combustible et sur celle de l'air, sans qu'il soit tenu compte du changement de rapport des débits de combustible et d'air. Les appareils de réglage mesurent les changements de débit qui se sont produits et y apportent, automatiquement, les corrections nécessaires pour les ramener aux proportions

voulues. Le système automatique satisfait aux conditions de chauffe, à savoir : 1° le maintien de la pression de vapeur à une valeur constante; 2° le réglage du débit d'air de façon à obtenir les meilleures conditions de combustion; 3° le maintien de l'équilibre entre le tirage et le soufflage afin d'obtenir la dépression voulue dans la chambre de combustion; 4° la répartition selon le mode le plus économique de la charge totale entre les différentes chaudières.



Fig. 13. — Vue de la salle de filtrage et de pompage.

Les appareils de commande automatique comprennent : 1° les appareils de réglage automatique destinés à donner, automatiquement, les impulsions nécessaires pour assurer le retour aux conditions normales dès que la marche de l'installation s'en écarte; 2° les appareils de commande automatique agissant sur les moteurs; 3° les appareils auxiliaires : commutateurs, etc.

2° *Fonctionnement du réglage automatique.* — Dans

les appareils de réglage automatique, le contacteur principal de pression règle l'allure de marche de toutes les chaudières soumises à son action et maintient la pression constante; le contacteur différentiel de débit, intervient après le contacteur principal et le contacteur de dépression règle la dépression dans la chambre de combustion.

Les appareils de commande automatique comprennent tous les servomoteurs réglant les rhéostats d'excitation, la position des balais des moteurs à collecteur et le registre. Les servomoteurs sont incorporés dans un appareil de type unique (commande de réglage) comprenant deux embrayages actionnés par deux électroaimants; l'arbre d'entraînement tourne dans un sens ou dans l'autre sous l'action d'un moteur tournant sans arrêt dans le même sens.

Le contacteur principal de pression, les relais principaux et le contacteur interrupteur sont communs à toutes les chaudières reliées au même collecteur. Chaque chaudière est munie d'un contacteur différentiel de débit, d'un contacteur de dépression, d'une paire de relais différentiels et de trois commandes de réglage pour le tirage, le soufflage et le combustible.

Les impulsions électriques fournies par le contacteur de pression lors d'une variation de pression agissent sur les relais principaux qui les envoient simultanément à tous les relais différentiels; chaque relais différentiel agit en même temps sur toutes les commandes de réglage de la chaudière intéressée pour augmenter ou diminuer les débits d'air et de combustible. Pendant le fonctionnement des relais différentiels, un verrouillage électrique effectué par des contacts auxiliaires sur les relais différentiels empêche le fonctionnement du contacteur différentiel de débit et du contacteur de dépression. Dès que le contacteur de pression a cessé de donner une impulsion, les contacteurs de débit et de dépression peuvent agir sur les commandes de réglage du tirage et du soufflage afin de rétablir la proportion convenable entre le débit d'air et de combustible et de ramener à la valeur voulue la dépression dans la chambre de combustion.

Le contacteur principal de pression comprend essentiellement un manomètre à piston, doué d'un mouvement de rotation commandé par un petit moteur pour atténuer les frottements. Ce piston actionne une came de réglage déterminant la fermeture des contacts + ou —, reliés à des relais principaux d'où partent les câbles aboutissant à chaque panneau individuel.

Le contacteur différentiel de débit d'air et de vapeur agit sur la commande de tirage, tandis que le contacteur



de dépression installé à l'intérieur du panneau individuel de chauffe agit sur le soufflage. La commande de réglage d'arrivée de combustible entraîne le bras d'un rhéostat agissant sur le circuit d'excitation du moteur de la sole doseuse. Un verrouillage empêche d'augmenter le débit du charbon quand le tirage est au maximum. La commande du registre n'entre en jeu qu'au moment où la vitesse des moteurs est au minimum.

Un panneau de réglage individuel (fig. 11) de chaque chaudière comprend : les ampèremètres correspondant aux divers circuits dont le schéma synoptique est placé à la partie inférieure ; les indicateurs multiples de pression et de dépression ; un indicateur de température ; le chaudiètre ; le compteur d'eau ; les relais manométriques Ashcroft commandant la soupape de sûreté montée sur le surchauffeur, ainsi que divers appareils, relais d'alarme, indicateur de position de vanne d'alimentation, indicateurs de niveau d'eau.

Un poste central de chauffe situé en avant de la chaufferie sous les bureaux, du côté de la Seine, signale à distance la charge totale de l'usine, les débits et pressions de vapeur, la teneur en anhydride carbonique et en oxyde de carbone des gaz des foyers de chaque chaudière et permet la fermeture d'urgence des vannes de sortie de vapeur des chaudières.

**VIII. Adduction d'eau, salle de pompage et de filtrage. Evacuation des eaux des condenseurs.** — L'eau nécessaire aux divers services de l'usine provient de la Seine ; une prise d'eau (fig. 12) a été établie à l'extrémité amont de l'estacade et mesure 28 m de largeur sur une hauteur de 2,50 m. Les gros corps flottants sont arrêtés par une grille à barreaux rectangulaires écartés de 0,170 m ; cette grille est composée de onze éléments, dont neuf sont perpendiculaires à la chambre de prise d'eau et deux sont latéraux. Cette disposition a été adoptée pour permettre, en cas de fausse manœuvre d'une péniche, qu'elle ne soit entraînée par le courant créé par l'aspiration des pompes et appliquée contre les grilles, ce qui provoquerait l'arrêt d'une partie de l'usine. Trois galeries d'amenée indépendantes, d'une longueur de 30 mètres environ, partent de la prise d'eau ; elles ont une section ovoïde de 8 m<sup>2</sup> chacune et aboutissent à la station de pompage et de filtrage en s'épanouissant devant chaque grille, leur section ovoïde devenant rectangulaire.

La salle de pompage et de filtrage (fig. 13) est accolée à la salle des machines. La longueur de ce bâtiment est de 36,75 m, sa largeur, de 26 m et sa hauteur,

de 18,50 m ; il possède une toiture en terrasse avec lanterneaux vitrés. Le sous-sol est constitué par une cuve étanche en béton armé, dont le radier est à la cote de + 18 m, sauf le radier de la chambre des grilles qui est à la cote de 16,25 m. En cas de rupture d'une des conduites des pompes, la salle peut être entièrement noyée sans qu'il en résulte l'arrêt de l'usine : en effet, l'eau ne pourrait pénétrer dans les autres sous-

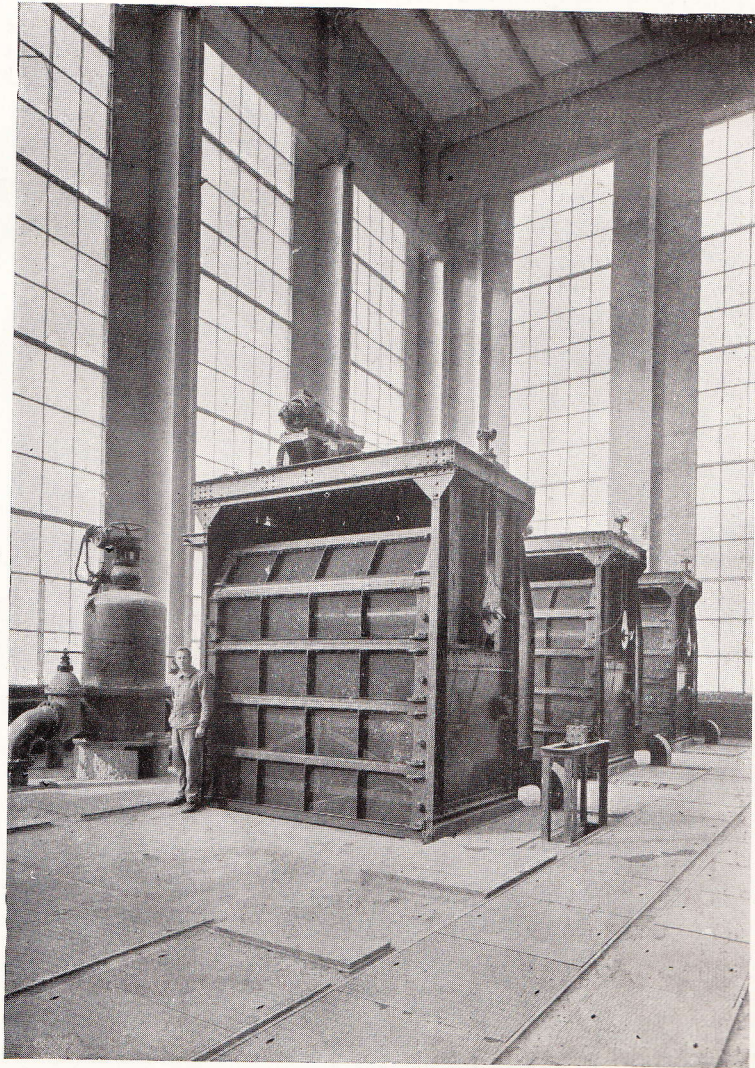


Fig. 14. — Vue des grilles filtrantes installées dans la station de pompage.

sols, car des orifices d'évacuation ont été prévus à la cote de 28 m.

Des cloisons transversales divisent la station de pompage en sept parties, chacune en communication avec une pompe principale et une pompe auxiliaire.

Les dimensions de cette salle sont très réduites du fait du choix des pompes à axe vertical aspirant directement dans un puisard prévu sous la salle et contigu à la sortie des alvéoles des grilles de nettoyage de

l'eau de Seine. La charpente métallique supporte deux ponts roulants, l'un de 20 tonnes destiné à la manutention des appareils de pompage, l'autre de 10 tonnes destiné à la manutention des appareils de filtrage. Ce bâtiment est prévu pour contenir sept grilles filtrantes, sept pompes de circulation principales et sept pompes de circulation des groupes auxiliaires et d'incendie (trois grilles et trois pompes principales sont déjà en service, de même que deux pompes de circulation des auxiliaires et trois pompes d'incendie).

Les appareils de filtrage de l'eau de Seine sont constitués par des grilles tournantes (fig. 14) éliminant les corps en suspension, de dimension supérieure à 6 mm. La grille est formée par un tablier sans fin constitué

de panneaux articulés descendant jusqu'au radier inférieur et montant au-dessus du sol supérieur. L'eau arrive extérieurement au tablier et en sort intérieurement. Les impuretés, restant contre le grillage, sont enlevées par un jet d'eau sous pression et retournent à l'égout. Chaque grille assure le nettoyage d'un courant d'eau d'un débit de 7 000 l:s sans perte de charge sensible.

Les eaux destinées aux divers services de l'usine passent à travers des tamis cylindriques, à trous de 0,6 mm, contenus dans des filtres sous pression et nettoyés de manière continue par des trompes suceuses qui balayent constamment la surface.

Les pompes de circulation (fig. 15) peuvent débiter

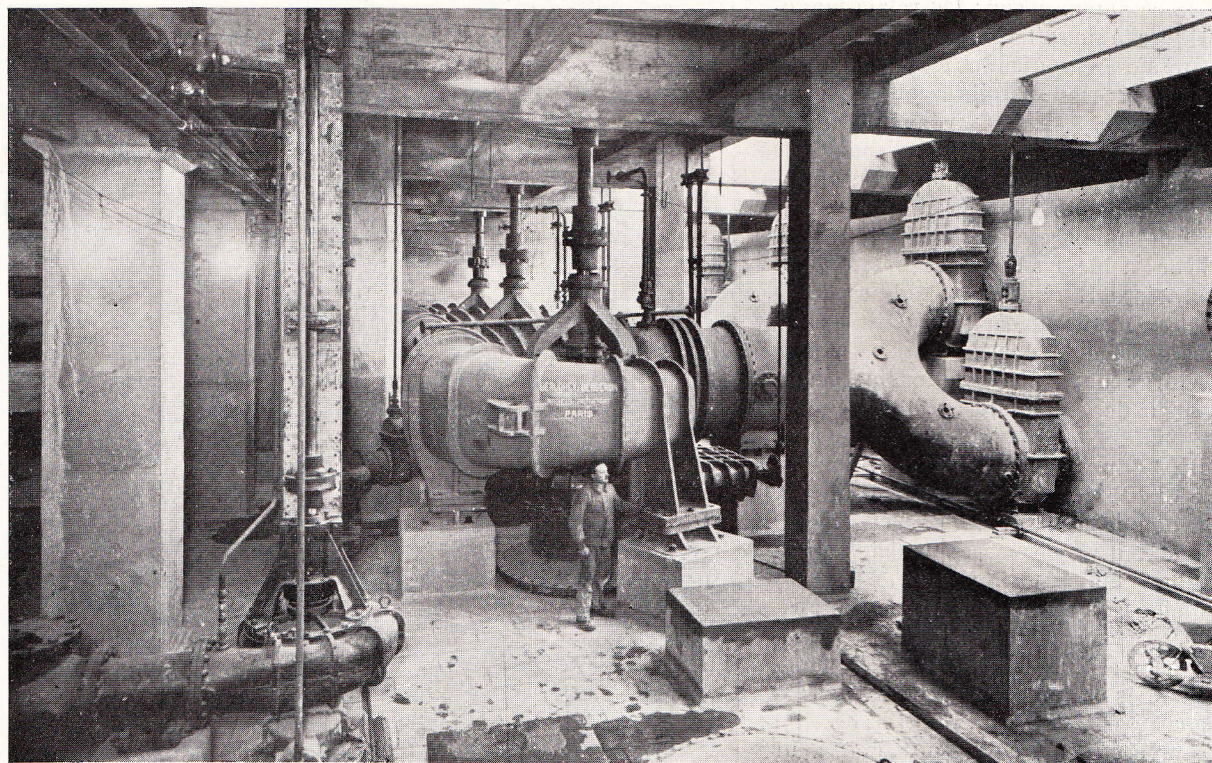


Fig. 15. — Vue des pompes de circulation et d'incendie.

4 000 à 5 000 l:s sous des hauteurs manométriques totales variant de 10,50 à 7,50 m; elles tournent à 250 t:mn. Chaque pompe refoule dans une culotte munie de deux vannes Seguin mues par des treuils électriques, dans les deux aqueducs de 9,60 m<sup>2</sup> situés sous la salle des machines et desservant les condenseurs. Entre la pompe et la culotte, un papillon s'ouvre automatiquement à la mise en route du moteur et se ferme automatiquement à l'arrêt, par l'intermédiaire d'un piston et par pression d'huile. Les trois pompes d'incendie, débitant 280 l:s à 71 mètres de hauteur manométrique totale, tournent à 1 450 t:mn et alimentent également les châteaux d'eau.

Toutes ces pompes ne sont en charge qu'en cas de

fortes crues de la Seine et normalement aspirent à une profondeur de plusieurs mètres. Aucune pompe n'a de clapet de pied; il faut donc faire le vide pour provoquer l'amorçage des pompes; à cet effet, toutes les pompes sont en communication avec un réservoir de grande capacité qui est, automatiquement, maintenu sous un vide suffisant pour qu'elles soient toujours amorcées.

Les groupes auxiliaires sont pourvus de pompes indépendantes qui sont reliées directement aux condenseurs.

L'évacuation des eaux des condenseurs des machines principales se fait dans une galerie double, parallèle à l'axe de la salle des machines et par une galerie simple

pour les machines auxiliaires. La galerie d'évacuation des machines principales a une longueur supérieure à 200 mètres au dehors de la salle des machines et une section de  $2 \times 7,50 \text{ m}^2$ ; elle passe sous les bâtiments de l'ancienne usine où elle se raccorde avec les gale-

ries existantes et débouche à l'aval de l'ancienne usine. L'étanchéité a été assurée au moyen d'un enduit intérieur au mortier de ciment appliqué au « ciment gun ».

La figure 16 montre le schéma des conduites d'eau et

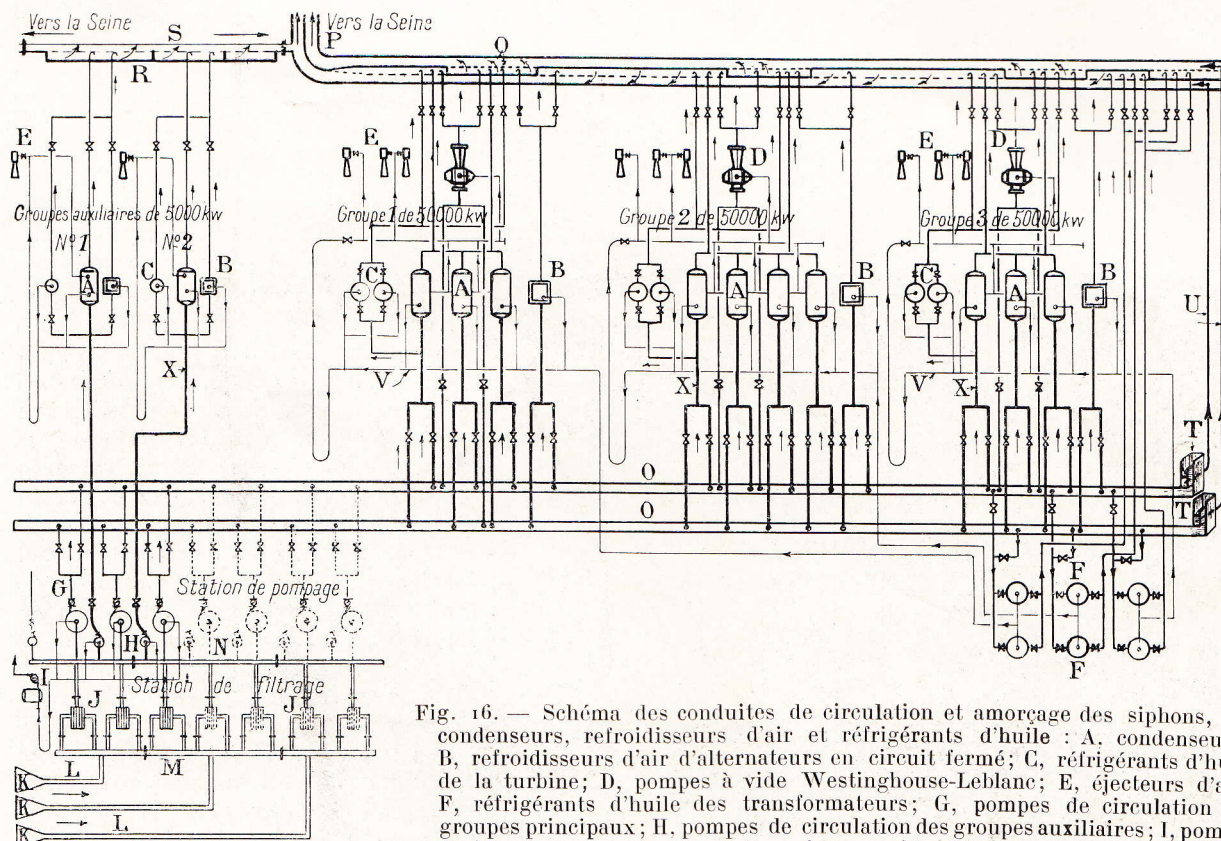


Fig. 16. — Schéma des conduites de circulation et amorçage des siphons, des condenseurs, refroidisseurs d'air et réfrigérants d'huile : A, condenseurs ; B, refroidisseurs d'air d'alternateurs en circuit fermé ; C, réfrigérants d'huile de la turbine ; D, pompes à vide Westinghouse-Leblanc ; E, éjecteurs d'air ; F, réfrigérants d'huile des transformateurs ; G, pompes de circulation des groupes principaux ; H, pompes de circulation des groupes auxiliaires ; I, pompes à vide pour amorçage avec réservoir sous vide ; J, grilles filtrantes rotatives ; K, prise d'eau en série avec grilles et batardeaux ; L, galeries d'amenée d'eau de  $8 \text{ m}^2$  ; M, collecteur avant grilles ; N, collecteur à l'aspiration des pompes ; O, conduites forcées d'amenée d'eau de  $9,60 \text{ m}^2$  ; P, galeries d'évacuation de  $7,50 \text{ m}^2$  ; Q, déversoirs, réservoirs des groupes principaux ; R, déversoirs, réservoirs des groupes auxiliaires ; S, galeries d'évacuation ; T, cheminée avec déversoir de trop-plein des conduites forcées ; U, conduites d'évacuation des trop-pleins des conduites forcées ; V, tuyauteries d'amorçage des siphons des condenseurs et réfrigérants ; X, tuyauteries de circulation d'eau vers condenseurs, refroidisseurs, réfrigérants.

d'amorçage des siphons des condenseurs, refroidisseurs d'air et réfrigérants d'huile. Cette disposition permet le démarrage immédiat de chaque groupe par la mise en route de l'éjecteur de vidange, qui provoque l'amorçage automatique permanent des pompes de circulation, l'amorçage simultané des siphons des condenseurs et des appareils de réfrigération, qui ont lieu en même temps que l'évacuation de l'air de l'enceinte du faisceau tubulaire des condenseurs.

**IX. Salle des machines. — A. Bâtiment. —** La première tranche comprend un bâtiment, d'une longueur de 152 m sur une largeur de 19,50 m et une hauteur de 20 m au-dessus du plancher des turbines, fondé sur un radier général. La grande superficie a nécessité l'emploi de joints dont la confection a présenté des difficultés, étant donné, d'une part, la présence d'eaux

séléniteuses, d'autre part, les pressions intérieures existantes dans les galeries d'amenée, et enfin leur grande longueur ; ces joints ont été réalisés au moyen d'une tôle de cuivre recouverte de deux épaisseurs de « mammoth ». L'ossature du bâtiment est métallique et constituée par des ferrures à arc encastrées avec les pieds des poteaux, à des niveaux différents. Le profil en caisson des poteaux et des ferrures donne à l'ensemble une ligne dégagée très élégante s'harmonisant avec la robustesse nécessaire pour résister aux efforts à laquelle cette charpente est soumise.

La salle des machines, dont la figure 17 montre la vue intérieure, a été étudiée pour être très claire et très aérée. L'éclairage est assuré par un lanterneau vitré régnant sur toute la longueur du bâtiment et la moitié de sa largeur ; les faces latérales sont également vitrées et munies d'ouvrants. Deux ponts roulants fonctionnent

côte à côte, pour desservir la salle : l'un a une force de 140 t et l'autre, de 40 t; les poutres de roulement sont du type caisson à rail Burbach assurant une grande rigidité dans le sens transversal.

Le plancher de la salle des machines, de plain-pied avec le terrain de l'usine, est à la cote de 37,00 m, ce qui permet d'amener directement les pièces sur wagon.

La figure 18 montre une coupe par le bâtiment des groupes auxiliaires et la station de pompage et de filtrage, tandis que la figure 19 est une coupe à travers le parc à charbon, le bâtiment de la pulvérisation,

la chaufferie, la salle des machines et le tableau de distribution.

Dans le hall se trouvent, du côté de la Seine, les groupes turboalternateurs auxiliaires disposés transversalement à la salle; suivent, du côté opposé, les trois groupes turboalternateurs de 50 000 kw qui sont disposés dans l'axe de la salle des machines.

**B. Groupes turboalternateurs principaux. —**

**1. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES.** — Ces trois groupes turboalternateurs principaux ont été livrés par la Société Générale de Constructions Electriques et Méca-

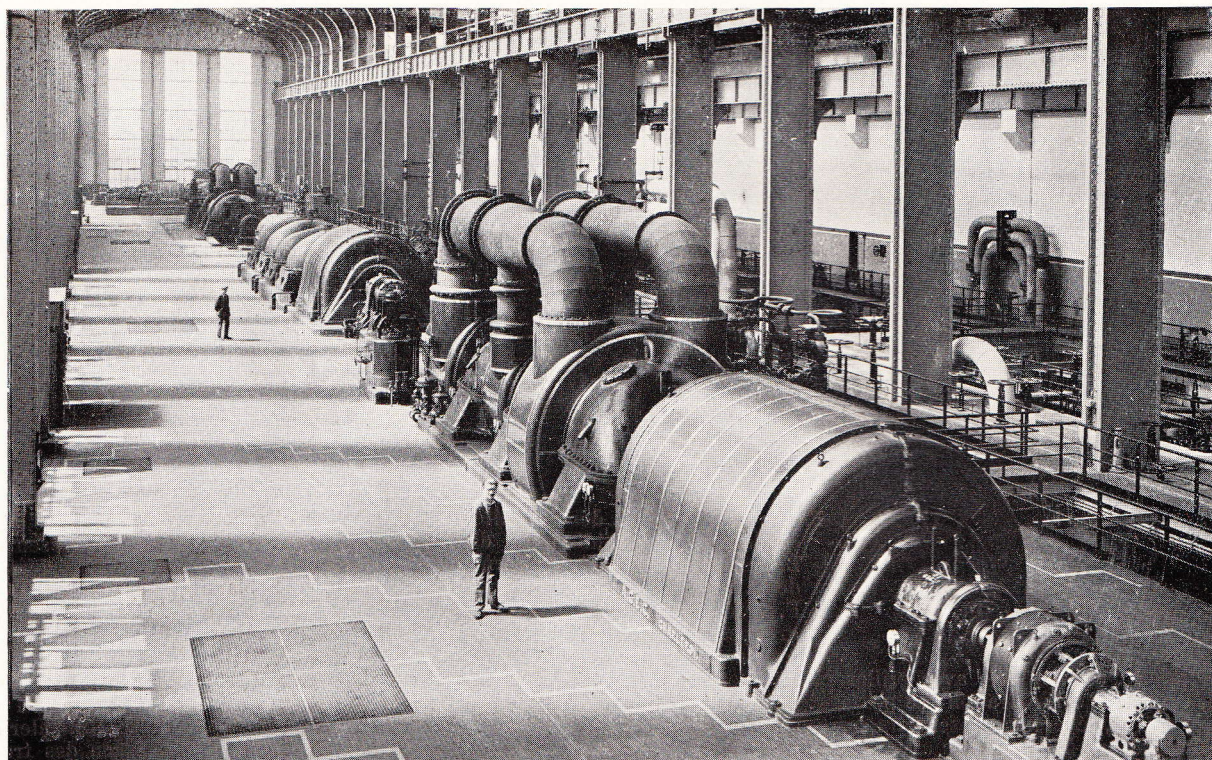


Fig. 17. — Vue intérieure de la salle des machines.

niques (Als-Thom), la Compagnie Electro-Mécanique et les Ateliers de Construction Oerlikon. Les caractéristiques communes de ces groupes sont les suivantes :

Puissance de chaque groupe .....	50 000 kw
Puissance économique.....	40 000 kw
Vitesse.....	3 000 t:mn
Pression à l'admission.....	54 kg:cm <sup>2</sup>
Température normale à l'admission...	450°C
Température maximum.....	480°C
Surface totale du condenseur.....	2 800 m <sup>2</sup>
Vide à pleine charge.....	96,8 pour 100

**2. TURBINES.** — 1° Turbine de la Société Générale de Constructions Electriques et Mécaniques (Als-Thom). — Cette turbine est à trois corps et à une seule ligne d'arbre. La partie à haute pression comprend douze

étages réunis dans le même corps d'un diamètre croissant de 650 à 730 mm. Le premier étage comporte une roue Curtiss à deux couronnes d'aubes. La partie à moyenne pression comprend six étages ayant un diamètre moyen croissant de 1 175 à 1 265 mm, le flux de vapeur sortant de l'étage à moyenne pression est divisé en trois, correspondant à trois étages à basse pression identiques, de diamètre moyen de 1 550 à 1 650 mm. Un de ces trois étages a été réuni dans le même corps que celui à moyenne pression, ce qui constitue le deuxième corps de la turbine; le troisième corps est formé par les deux autres groupes d'étages opposés l'un à l'autre. Le rotor de chaque corps est supporté par deux coussinets. L'arbre du rotor à haute pression est en acier spécial au molybdène, les deux autres, en acier au nickel chrome traité. Un manchon

d'accouplement rigide est placé entre les rotors à moyenne pression et à basse pression, ainsi qu'entre les rotors à basse pression et l'alternateur; un manchon d'accouplement à griffes, entre les rotors à haute pression et ceux à moyenne et à basse pression. La dilatation des corps se fait dans le sens longitudinal, de part et d'autre du point fixe choisi sur la boîte d'échappement à basse pression, du côté de la moyenne pression.

Le graissage s'effectue sous pression et l'huile est réfrigérée; une pompe spéciale fournit l'huile à la pression de 5 à 6 kg : cm<sup>2</sup> pour les organes de réglage.

L'enveloppe du corps à haute pression a été coulée en acier spécial.

La régulation se fait par simple laminage de la vapeur dans deux soupapes de réglage en parallèle, situées de part et d'autre du corps à haute pression;

entre la marche à vide et la marche économique, lorsque la charge dépasse 40 000 kw ou s'il y a baisse de pression, deux soupapes additionnelles à siège unique, commandées par des servomoteurs à huile, s'ouvrent automatiquement. Une vis sans fin commande le régulateur de vitesse et le tachymètre; deux régulateurs de sécurité sont placés à l'extrémité de l'arbre, du côté de la haute pression; en cas d'élévation anormale de la vitesse, ils assurent, par des leviers indépendants, la fermeture des soupapes de réglage et des robinets d'admission; un troisième dispositif de sécurité coupe l'admission de la vapeur en cas de baisse de vide au condenseur.

La condensation est assurée par trois condenseurs à surface Delas, reliés aux trois tubulures de sortie des corps à basse pression et installés dans le sous-sol

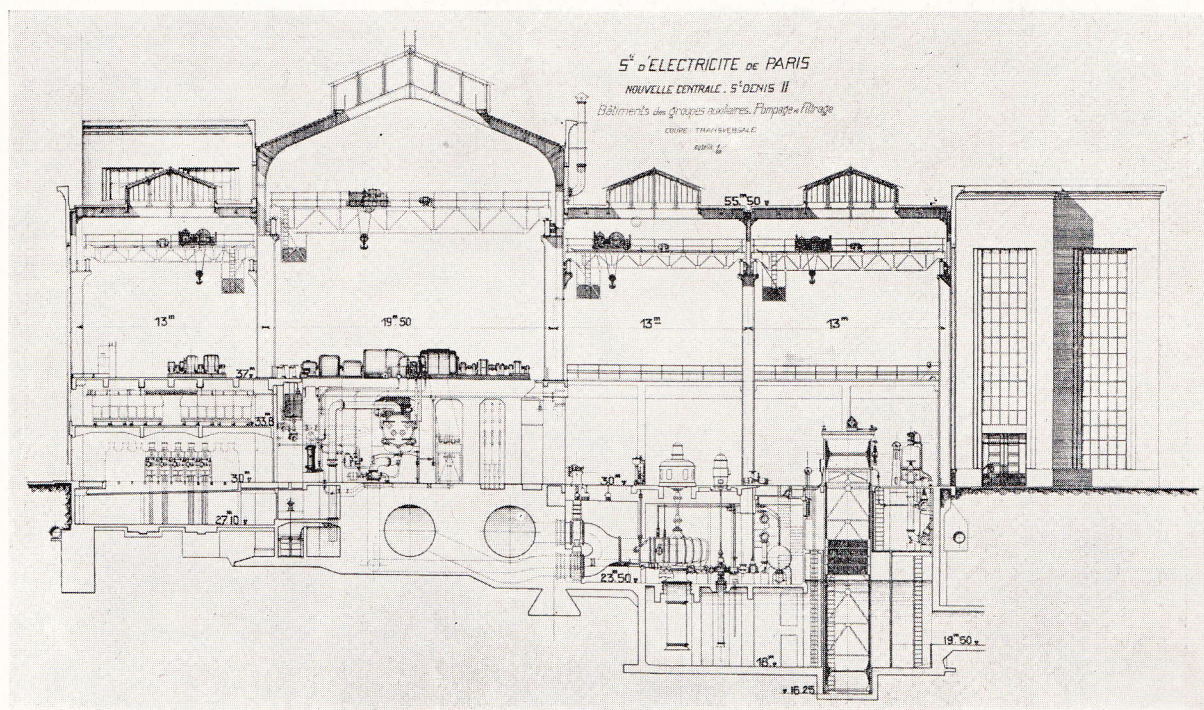


Fig. 18. — Coupe transversale des bâtiments de l'usine par la salle des groupes auxiliaires.

perpendiculairement à l'axe du groupe et horizontalement. La surface des trois condenseurs est de 2 800 m<sup>2</sup>; en marche normale, ils doivent assurer une condensation de 140 tonnes de vapeur par heure sous un vide de 96,8 pour 100 avec de l'eau à 15°C; le débit d'eau est de 15 600 m<sup>3</sup> : h. Chaque condenseur peut prélever l'eau nécessaire à son fonctionnement sur l'une ou sur l'autre des galeries par le jeu de vannes.

2° Turbine des Ateliers de Construction Oerlikon. — Elle est à quatre corps (fig. 20) disposés sur le même axe. Le premier corps à haute pression est à huit étages avec roues de 800 à 900 mm de diamètre; le deuxième corps à moyenne pression est à onze étages, de 900 à 1 100 mm de diamètre; les deux autres corps

à basse pression à deux flux chacun, comprenant cinq étages, de 1 200 à 1 500 mm de diamètre, correspondent à quatre condenseurs Delas.

Les conduites de vapeur sont placées sous le bâti de la turbine; leur dilatation est assurée par des tuyaux ondulés pour la partie à haute pression et à moyenne pression et des manchons à lentille pour la partie à moyenne pression et à basse pression. Chaque corps de turbine possède ses propres paliers dont l'un est à butée et les quatre arbres peuvent se dilater librement.

Trois régulateurs de sûreté empêchent de dépasser la vitesse maximum en produisant la fermeture de deux soupapes d'admission et la vanne de réglage

principale. De même, les soupapes se ferment en cas de manque de graissage, s'il y a échauffement exagéré des paliers de turbine ou si le vide au condenseur tombe au-dessous d'une certaine valeur.

3° *Turbine système Brown, Boveri et Cie.* — Cette machine, de la Compagnie Electro-Mécanique, est à quatre corps disposés sur le même axe. Le corps à haute pression comprend un étage à action de 750 mm de diamètre avec deux couronnes d'ailettes, vingt-trois étages à réaction d'un diamètre moyen d'environ 680 mm. Le corps à moyenne pression comprend douze étages à réaction d'un diamètre moyen de 1,20 m

environ ; celui à basse pression, à un flux, en comporte un à cinq étages à réaction, d'un diamètre moyen d'environ 1,72 m et celui à deux flux, deux à cinq étages à réaction d'un diamètre moyen d'environ 1,72 m fonctionnant en parallèle avec le corps à basse pression à un flux.

L'étage à action est prévu pour permettre un réglage à admission partielle. Les poussées axiales ont été annulées en raison du chemin suivi par la vapeur. La poussée axiale du corps à moyenne pression est compensée par celle du corps à haute pression et du cylindre à basse pression à un flux. La poussée du

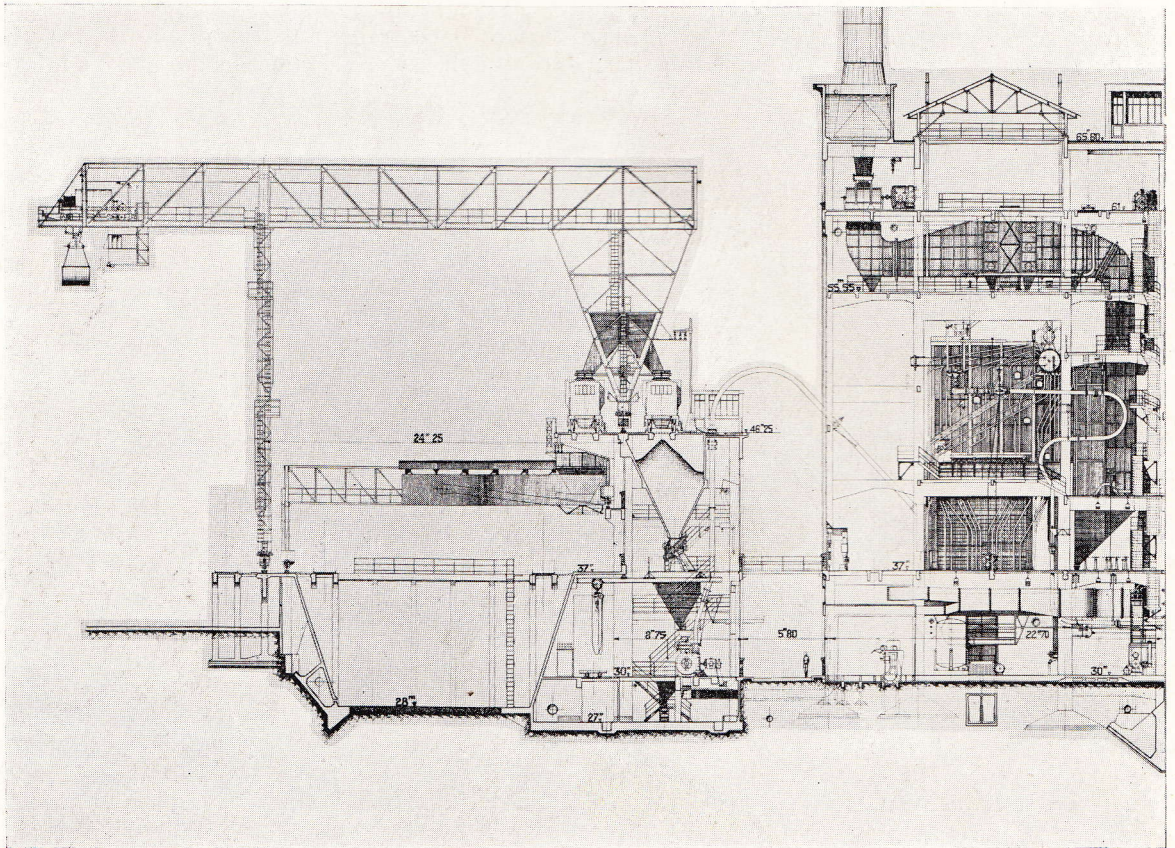


Fig. 19. — Coupe transversale des bâtiments de l'usine

corps à basse pression à double flux se compense par elle-même.

Le réglage est assuré par le nouveau dispositif Brown, Boveri et Cie à soupape principale commandée par huile sous pression, qui permet le démarrage ou l'arrêt par simple rotation du « petit volant à main » où toute fausse manœuvre est rendue impossible. Ce dispositif de sûreté présente, en cas de dépassement de la vitesse de déclenchement, une double sécurité ; pour un arrêt immédiat de la vapeur, le dispositif ferme en même temps la soupape d'admission principale, ainsi que toutes les soupapes des tuyères.

Deux régulateurs de sécurité indépendants sont

installés sur la machine. Trois condenseurs de la Société de Condensation et d'Applications Mécaniques sont reliés aux trois tubulures de sortie.

3. PROPRIÉTÉS COMMUNES AUX CONDENSEURS DES TROIS GROUPES. — Sur tous les condenseurs des trois groupes, deux soupapes automatiques à air libre fonctionnant en parallèle sont prévues sur le corps du condenseur de façon à empêcher toute élévation de pression et de température préjudiciable à la conservation du matériel si le vide venait à manquer.

Le vide aux condenseurs est assuré, d'une part, au démarrage, par un éjecteur spécial faisant le vide avant

l'ouverture des vannes d'admission de vapeur, un deuxième servant de réserve, d'autre part, au moyen d'un éjecteur principal pouvant fonctionner avec la vapeur à la pression de 40 à 70 kg : cm<sup>2</sup>, à une température de 500°C; enfin, par une pompe Leblanc à roue double actionnée par un moteur de 150 ch.

4. ALTERNATEURS. — Deux des alternateurs ont été livrés par les Forges et Ateliers de Constructions Electriques de Jeumont, le troisième, par la Société des Constructions Electriques de Charleroi sur les données des Forges et Ateliers de Constructions Electriques de Jeumont. Les trois alternateurs triphasés, à 50 p : s, sont munis d'excitatrice principale et d'excitatrice pilote.

Leurs caractéristiques sont les suivantes :

Tension aux bornes des alternateurs .....	10 500 volts
Puissance de chaque alternateur, pour	
cos φ = 1 .....	50 000 kw

Puissance de chaque alternateur, pour	
cos φ = 0,7 .....	71 200 kv-A
Poids du stator .....	105 t
Poids du rotor .....	32 t

Voici les rendements, en centièmes, de ces machines :

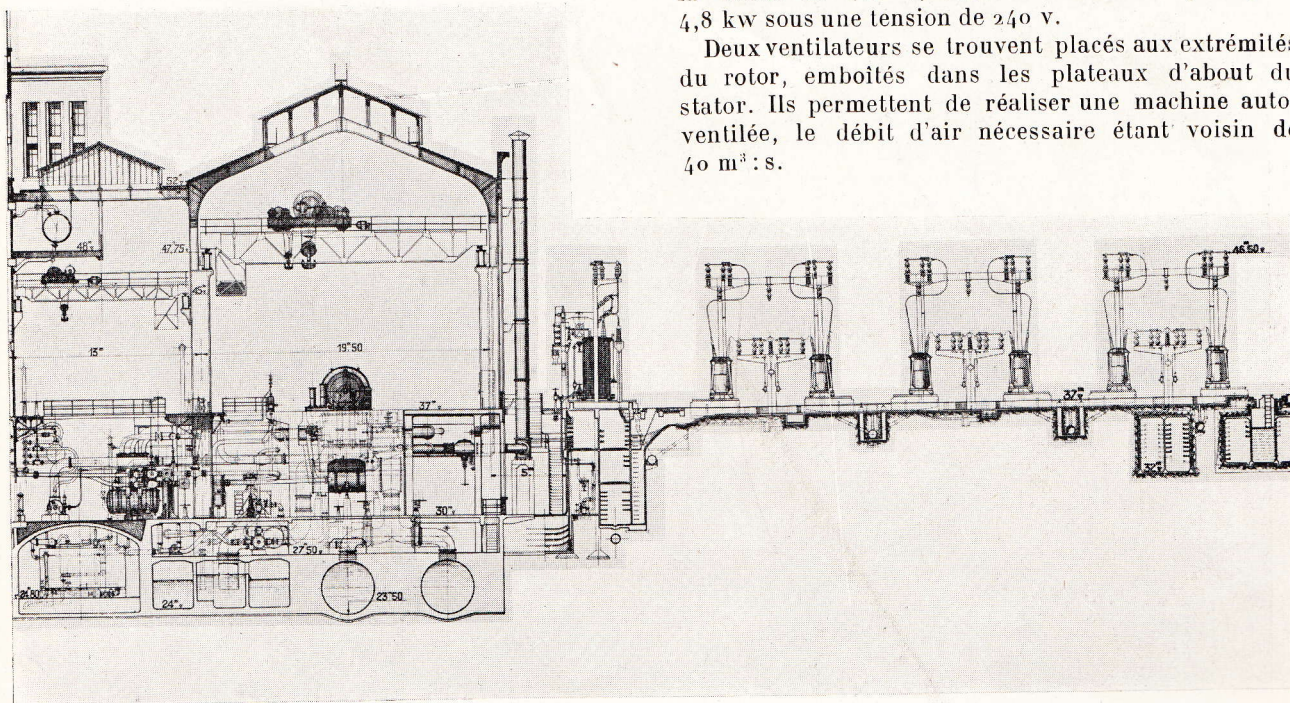
	Pour cos φ = 1	Pour cos φ = 0,7
10/10 de la charge normale....	97,8	97,2
8/10 de la charge normale....	97,4	96,9
6/10 de la charge normale....	96,6	96,2
4/10 de la charge normale....	95,2	94,9

L'élévation de la tension entre la marche en charge et la marche à vide pour une excitation constante est

pour cos φ = 1 .....	25 pour 100
pour cos φ = 0,7 .....	45 pour 100

La puissance de l'excitatrice principale est de 180 kw, la tension normale étant de 240 v et pouvant atteindre la valeur de 480 v; celle de l'excitatrice pilote, de 4,8 kw sous une tension de 240 v.

Deux ventilateurs se trouvent placés aux extrémités du rotor, emboîtés dans les plateaux d'about du stator. Ils permettent de réaliser une machine auto-ventilée, le débit d'air nécessaire étant voisin de 40 m<sup>3</sup> : s.



par la salle des machines principales.

Des formes spéciales ont été données aux spires des bobines inductrices; les conducteurs sont en aluminium isolés à la micanite et soumis à chaud à une pression supérieure à celle que fait apparaître la force centrifuge afin que soient évités leur tassement et le déséquilibre du rotor. Les têtes de bobines sont maintenues par des cales en métal aimantique et par les cales de fermeture des encoches, en bronze à haute résistance.

Le bobinage du stator est établi en barres lamellées, isolées au vernis émail à chaud. Les éléments formés sont assemblés en interposant du papier micaté. La barre établie est imprégnée au compound à la température de 220°C et la section, refroidie sous presse.

L'ensemble des têtes de bobines est enfermé dans un capot de protection dont la face est en métal aimantique.

La carcasse du stator a été exécutée en tôles et profils d'acier doux soudé et est recouverte de tôles polies. Le circuit magnétique est formé par des tôles de 0,4 mm d'épaisseur à coefficient de pertes de 1,4 w par kilogramme et pour une induction de 10 000 unités C.G.S, à 50 p : s. Les extrémités de l'armature sont établies en gradins pour réduire les pertes dues à la dispersion du flux.

La régulation de la tension est assurée par des régulateurs Westinghouse comportant une balance très sensible agissant sur des contacteurs qui insèrent une

grande résistance ou la supprime, selon qu'il faut réduire ou augmenter très rapidement la tension. Ce dispositif comporte un rhéostat d'excitation avec servomoteur commandé par les contacteurs du régulateur dont la position dépend du courant d'excitation moyen réglé. Ce servomoteur permet le passage de la régulation automatique à la régulation normale en commandant directement le servomoteur du rhéostat d'excitation. Un limiteur de courant agit lorsque la durée d'une surintensité de courant est supérieure à 2 secondes.

5. TABLEAU DES TURBINES. — En face de chaque turbine se trouve un tableau (fig. 21) où sont groupés tous les appareils indicateurs, totalisateurs et enregistreurs

permettant au personnel de suivre les variations des grandeurs en jeu et de contrôler le fonctionnement des divers organes à surveiller, ainsi que les commandes à distance des vannes de décharge, du déclenchement général des feeders et de la station de pompage. Voici la nomenclature des appareils : 1 grand wattmètre lumineux de 1 m d'échelle ; 1 indicateur de débit de vapeur à la turbine ; 1 indicateur de pression de vapeur à la turbine ; 1 indicateur de température de vapeur ; 1 indicateur de pression d'huile aux paliers ; 1 instrument de contrôle des condenseurs permettant de connaître à l'aide d'un commutateur à main le vide dans les condenseurs, la température de la vapeur à l'entrée des condenseurs, la température de l'eau à l'entrée et à la sortie des condenseurs et la température de l'eau

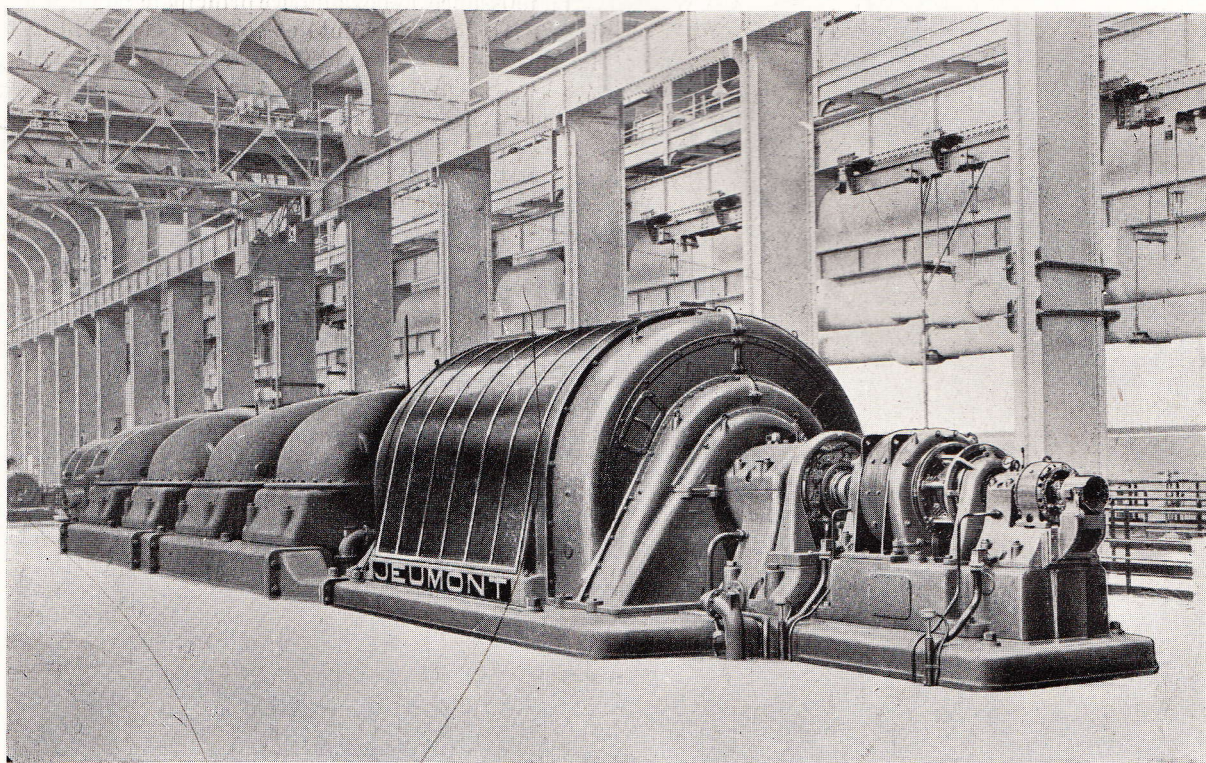


Fig. 20. — Vue du groupe turboalternateur Oerlikon-Jeumont, de 72 000 kv-A à 3 000 t : mn.

condensée ; 1 salinomètre commutable sur les trois ou quatre condenseurs ; 1 instrument de contrôle de chaque circuit de réfrigérant donnant la température de l'air et celle de l'eau à l'entrée et à la sortie du réfrigérant ; 1 enregistreur d'eau condensée après dégazeur.

C. Machines auxiliaires. — Les services auxiliaires ont fait l'objet d'une étude spéciale et c'est à dessein que l'on trouve, pour alimenter les divers services de l'usine, du courant continu, du courant alternatif à haute tension et du courant alternatif à basse tension.

Le courant continu à 230 v a été conservé pour le « système nerveux » de l'usine génératrice : il sert au contrôle thermique et à la conduite automatique de la chauffe, à la commande à distance des vannes, des interrupteurs, à l'éclairage de secours et aux moteurs de servitude des groupes auxiliaires de 5 000 kw. Le courant alternatif à 3 000 v a été adopté d'une façon générale pour tous les moteurs auxiliaires dont la puissance unitaire est, en principe, supérieure à 100 ch.

Le courant alternatif triphasé à 230 v est employé pour les appareils de manutention : portiques, grues, ainsi que pour les circuits d'éclairage.



Les machines auxiliaires sont les suivantes :

1° Deux turboalternateurs de 5000 kw composés chacun d'une turbine Escher Wyss à deux corps, tournant à 3000 t:mn, alimentée par la vapeur à la pression de 54 kg:cm<sup>2</sup> et à une température de 450°C à 475°C avec condensation indépendante. Le corps à haute pression a six étages; celui à basse pression, dix étages. Le rotor de la turbine est d'une seule pièce; les roues sont taillées dans la masse et les roues portant les aubes directrices sont encastrées les unes dans les autres. Cette turbine entraîne un alternateur des Forges et Ateliers de Constructions Electriques de Jeumont, de 4700 kw sous 3000 v, pour  $\cos \varphi = 0,7$  et 50 p:s et une génératrice à courant continu de 300 kw sous 230 v;

2° Deux groupes convertisseurs composés chacun d'un moteur asynchrone synchronisé à courant triphasé, 3000 v, 50 p:s, absorbant en marche continue 480 kw pour  $\cos \varphi = 1$ , à la vitesse de 1000 t:mn, à excitation séparée sous 230 v; d'une génératrice à courant continu d'une puissance de 400 kw sous 230 v; d'un survolteur à courant continu pouvant débiter 300 A sous 100 v et d'un autotransformateur de démarrage et d'alimentation du moteur;

3° Deux groupes convertisseurs comprenant chacun un moteur asynchrone à courant triphasé, 200 v/240 v, 50 p:s, 1450 t:mn, et une génératrice à courant continu de 50 kw, sous 220 v;

4° Quatre transformateurs triphasés à bain d'huile à refroidissement naturel par l'air, d'une puissance utile

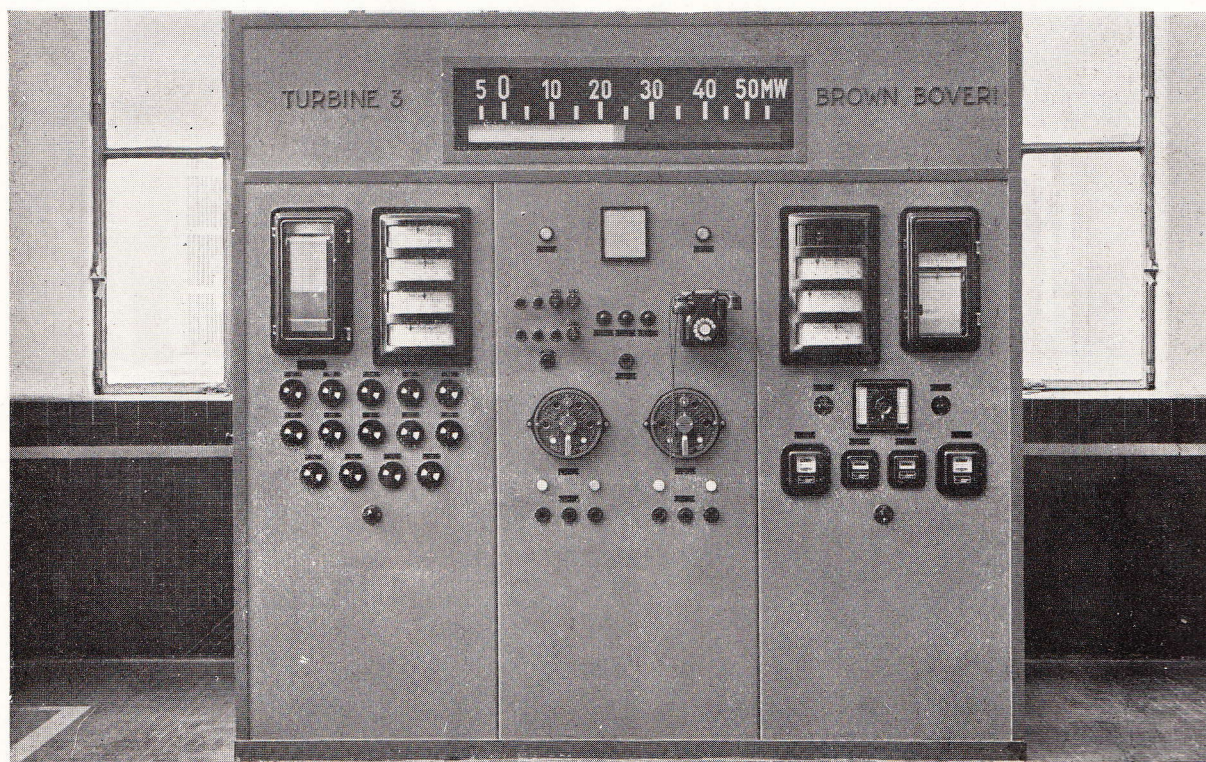


Fig. 21. — Vue du tableau de contrôle d'une turbine.

de 1200 kv-A, d'un rapport de transformation de 3000v/230 v;

5° Un groupe d'excitation de réserve pour les alternateurs de 50000 kw, composé d'un moteur asynchrone triphasé, de 280 kw à 3000 v et 50 p:s entraînant, à la vitesse de 3000 t:mn, une génératrice à courant continu et une excitatrice pilote;

6° Un groupe de mise sous tension progressive des câbles (fig. 22), composé d'un moteur asynchrone d'une puissance de 625 ch à 1970 ch, sous la tension de 3000 v, 50 p:s, entraînant à la vitesse de 750 t:mn un alternateur triphasé, d'une puissance apparente de 5300 kv-A pendant 30 minutes, lors des mises sous

tension des câbles à 60000 v et de 2350 kv-A pendant 30 s lors des essais à fort courant, sous 3300 v, pour la vérification des relais; deux excitatrices, dont une excitatrice pilote, sont montées en bout d'arbre du groupe;

7° Une batterie tampon d'une capacité de 3000 A-h pouvant assurer le démarrage de l'usine en cas de panne totale;

8° Deux groupes de trois transformateurs monophasés, du type extérieur, à bain d'huile et refroidissement de l'huile par radiateurs, d'une puissance, par groupe, de 7200 kv-A, d'un rapport de 60000 v/3000 v.

D. **Tableau des services auxiliaires.** — Le courant à 3 000 v provient de deux sources distinctes : les turbo-alternateurs auxiliaires ou les transformateurs alimentés par le réseau à 60 000 v. Le tableau principal à 3 000 v, du type blindé à simple jeu de barres, est divisé en quatre tronçons de cinq panneaux chacun, placés dans une salle différente, afin de limiter les risques. Deux tronçons reçoivent les arrivées des deux alternateurs à 3 000 v et sont reliés entre eux par des câbles et une cellule de sectionnement. Les deux autres reçoivent les arrivées des deux transformateurs à 3 000 v et sont reliés comme ci-dessus ; mais aucune liaison ne peut exister entre ces deux sources d'énergie. De chacun de ces tableaux partent des feeders alimen-

tant les tableaux particuliers au nombre de cinq et qui sont : le tableau de la station de pompage comprenant douze panneaux ; le tableau de la manutention ; les trois tableaux des auxiliaires des groupes de 50 000 kw n<sup>o</sup> 1, 2, 3 comprenant chacun vingt-six panneaux (fig. 23). Ces tableaux sont évidemment à double jeu de barres et permettent l'alimentation soit par les transformateurs, soit par les alternateurs. Des verrouillages électriques et mécaniques empêchent d'effectuer toute fausse opération et la manœuvre en charge des contacts de sectionnement. Tous les tableaux ont été fournis par la Société d'Usinage de Matériel Electrique, sauf le tableau n<sup>o</sup> 2 de la manutention, fourni par la société anonyme BACO (anciennement Baumgarten).

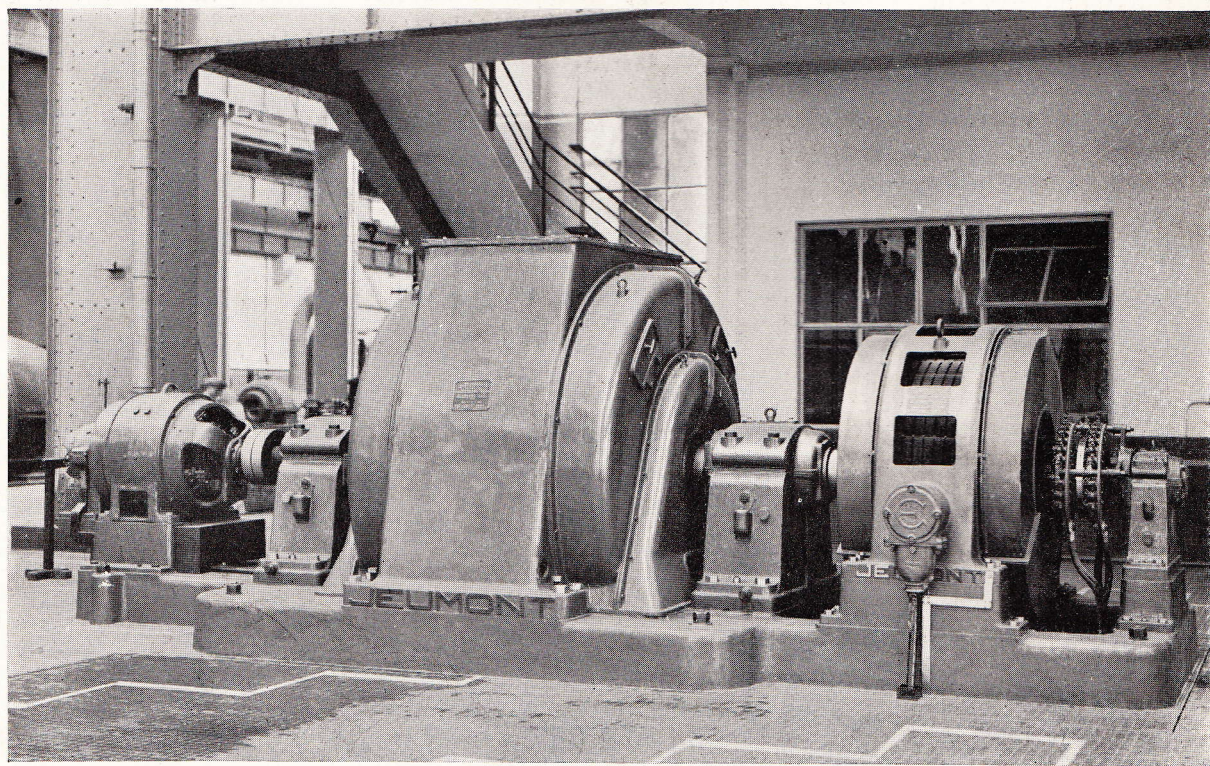


Fig. 22. — Vue du groupe moteur asynchrone et alternateur pour l'essai des câbles.

Normalement, les moteurs auxiliaires sont alimentés par moitié sur chacun des réseaux.

X. **Salle des pompes d'alimentation.** — Cette salle se trouve entre la chaufferie dont elle est isolée par un mur et la salle des machines avec qui elle semble faire corps ; elle mesure 114,25 m de longueur et 13 m de largeur.

La toiture, en terrasse, prend appui sur l'ossature en béton armé de la chaufferie et, d'autre part, sur les poteaux de la salle des machines. La libre dilatation, du côté de la chaufferie, a été assurée par l'interposition de plaques de glissement. L'éclairage est assuré par un lanterneau s'étendant sur une partie de la longueur du

bâtiment et des châssis ouvrants assurent l'aération. Des caillebotis métalliques permettent à la lumière solaire d'éclairer tous les sous-sols. Enfin un judicieux groupement des appareils a permis une utilisation rationnelle de l'emplacement réservé et de ménager de très larges dégagements.

Toutes les tuyauteries témoignent du souci d'ordre et de clarté qui a présidé à l'aménagement (fig. 24). Elles ont été livrées par les Forges, Chaudronneries et Tuyauteries de Ferrière-la-Grande.

Sur la terrasse se trouvent les épurateurs, six bâches tampons de 30 m<sup>3</sup> et de 45 t ; en outre, deux réservoirs d'eau filtrée de 30 m<sup>3</sup> sont accrochés aux poutres.

Un pont roulant de 20 t assure la manutention du matériel dans la salle.

1. CIRCUITS D'EAU D'ALIMENTATION DES CHAUDIÈRES. — Les tuyauteries d'eau d'alimentation des chaudières sont en acier doux étiré et assemblées au moyen de joints Sarlun ; leur schéma est donné par la figure 25 et est conçu de façon à alimenter normalement, avec chaque groupe constitué par un groupe turbopompe et deux groupes électropompes, les deux chaudières correspondant à une turbine de 50 000 kw. La tuyauterie d'eau d'alimentation se compose de branchements allant de chaque pompe à un collecteur général, lequel

alimente le réchauffeur à haute pression. A la sortie de celui-ci, l'eau peut circuler dans deux collecteurs longeant la salle des pompes, du côté de la chaufferie, et bouclés. De chaque collecteur partent des tuyaux se réunissant à un collecteur avec compteur et clapet automatique de régulation ; de ce clapet partent les deux branchements alimentant chacune des deux sections de l'économiseur de la chaudière.

La vapeur condensée est aspirée par la pompe d'extraction qui la refoule vers le réchauffeur à basse pression et le désaérateur ; l'eau est reprise à la sortie de cet appareil et est refoulée dans le réchauffeur à moyenne pression et ensuite dans les bâches

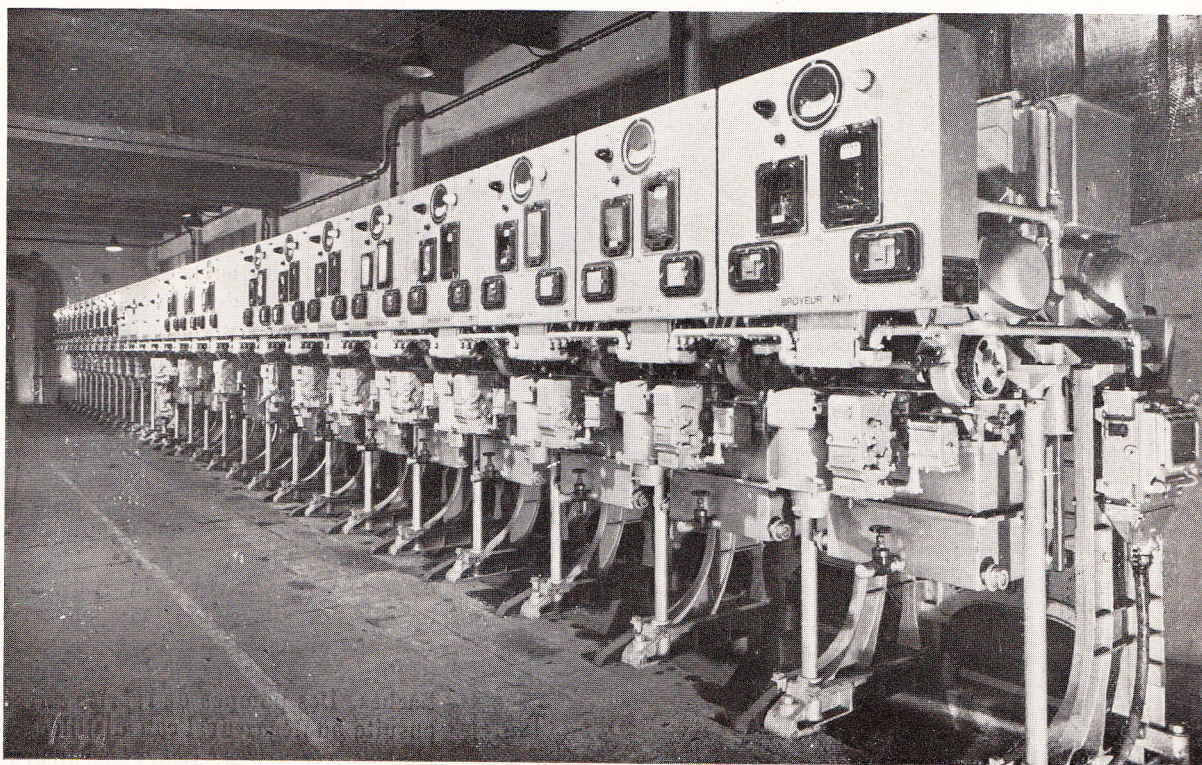


Fig. 23. — Vue du tableau à 3 000 v avec appareillage blindé pour l'alimentation des moteurs des services auxiliaires de deux chaudières et une turbine.

à eau chaude, d'une capacité de 30 m<sup>3</sup>, situées, en charge, sur les pompes d'alimentation ; la température est généralement maintenue à plus de 100°C pour empêcher l'aération de l'eau par des rentrées d'air. Deux groupes motopompe d'alimentation, d'un débit de 140 t : h, à la pression de 80 kg : cm<sup>2</sup>, refoulent, en définitive, l'eau aux chaudières à travers le réchauffeur à haute pression (quatrième étage de réchauffage). Un groupe turbo pompe d'alimentation de secours d'un débit de 250 t : h à la pression de 80 kg : cm<sup>2</sup> est alimenté par de la vapeur à la pression de 54 kg : cm<sup>2</sup>. Sept pompes d'alimentation ont été construites par la maison Klein, Schanzlin et Becker et deux par la Cie des Constructions Méca-

niques « Procédés Sulzer ». Elles sont réglées automatiquement pour donner une pression constante dans la conduite d'alimentation, afin de permettre le fonctionnement régulier du régulateur Bailey : un régulateur Askania est utilisé à cet effet, qui règle la vitesse de la pompe en fonction de la pression d'alimentation. Ce régulateur agit sur des résistances (1) pour les moteurs des pompes et sur les soupapes de vapeur pour les turbopompes.

Un poste de distillation, avec deux bouilleurs par groupe, est prévu pour assurer normalement une pro-

(1) G. WEYLAND: Pompes centrifuges d'alimentation pour chaudières à très haute pression. *Revue générale de l'Électricité*, 6 décembre 1930, t. XXVIII, p. 909-917.

duction égale à 3 pour 100 du poids d'eau condensée en circulation. Les bouilleurs sont des appareils à circulation forcée et fonctionnent normalement à double effet. L'eau distillée est introduite dans le circuit d'eau d'alimentation des chaudières avant le désaérateur.

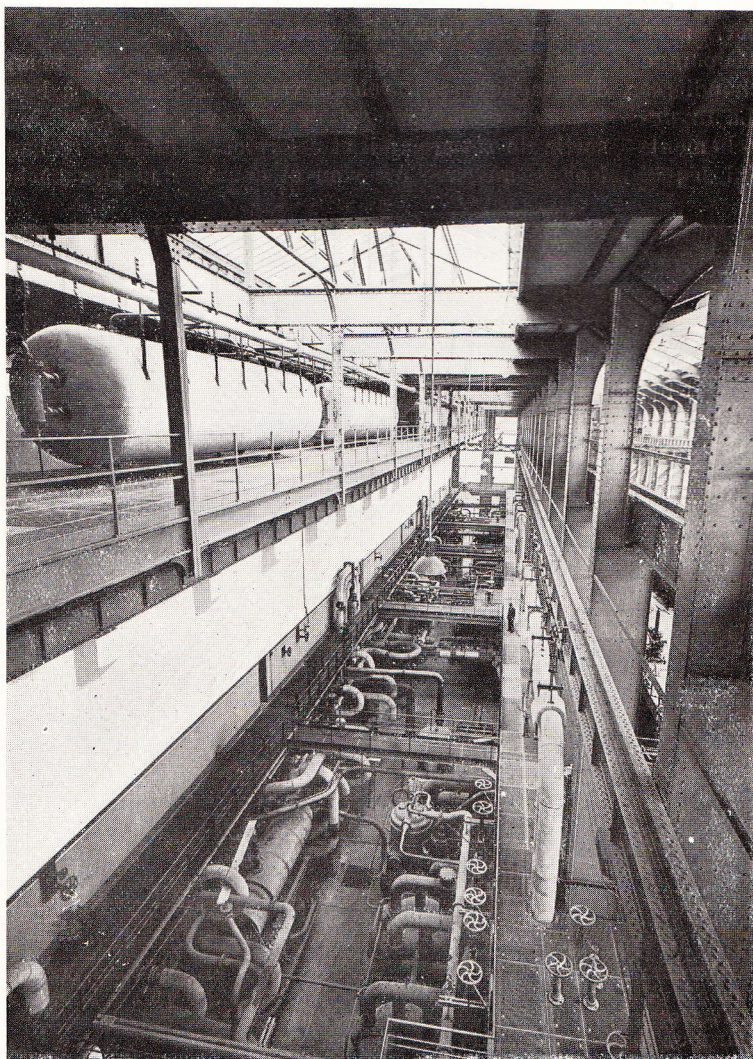


Fig. 24. — Vue de la salle des pompes d'alimentation des chaudières : au premier plan les installations de réchauffage, dégazage et distillation, les pompes alimentaires, les tuyauteries d'eau et de vapeur à haute pression ; à la partie supérieure, à gauche, les bâches d'eau chaude sous pression.

2. CIRCUIT D'EAU BRUTE ET FILTRÉE. — Ce circuit sert à l'alimentation des presse-étoupe des pompes à vide, des réfrigérants des rhéostats liquides, des pompes d'eau d'alimentation, etc. Il est prélevé sur les châteaux d'eau et sur le réseau des tuyauteries d'eau de Seine.

3. CIRCUIT AUXILIAIRE D'EAU DOUCE. — Un circuit d'eau distillée est prélevé sur le refoulement des pompes

d'extraction pour la circulation sur les clapets automatiques d'échappement à l'atmosphère, l'arrosage des presse-étoupe des vannes sous vide des pompes d'extraction, etc.

Des vannes et des bypass permettent d'isoler les tronçons de tuyauteries ou les appareils et d'assurer l'alimentation des chaudières en toutes circonstances. Les assemblages y sont ici également du type Sarlun ; les dilatations sont compensées par des lyres.

En principe, les circuits d'eau d'alimentation des chaudières sont disposés par groupes indépendants les uns des autres ; des liaisons permettent néanmoins l'intercommunication des conduites de refoulement des pompes d'alimentation, s'il y a lieu, et l'eau condensée provenant des groupes auxiliaires vient rejoindre celle provenant des groupes principaux avant l'entrée aux désaérateurs.

4. TUYAUTERIES DE PURGES. — Environ 150 tuyauteries de purges situées aux points bas des tuyauteries de vapeur à haute pression, des séparateurs, des surchauffeurs, des robinets à haute pression sont en communication directe, par vanne interposée, avec trois gros ballons détenteurs récupérateurs dans lesquels s'effectue la séparation de l'eau chaude et de la vapeur. L'eau chaude passe directement dans des bâches de 20 m<sup>3</sup> de capacité ; la vapeur est condensée dans des condenseurs à mélange alimentés par l'eau d'extraction des turbines et envoyée aux mêmes bâches. Des pompes de reprise envoient ensuite au dégazeur l'eau distillée et la chaleur récupérée. Les séparateurs de vapeur des turbines et les croix d'arrivée de vapeur des chaudières sont débarrassés de l'eau de purge par l'intermédiaire de purgeurs spéciaux à haute pression à tiroir, système Klein, Schanzlin et Becker, qui envoient ces purges aux ballons détenteurs.

#### 5. RÉCHAUFFAGE DE L'EAU D'ALIMENTATION.

— Les différents réchauffeurs d'alimentation sont alimentés par les soutirages de vapeur à haute pression, à moyenne et à basse pression effectués sur les turbines.

Chaque constructeur de turbine a indiqué les caractéristiques les plus appropriées de la vapeur de soutirage du groupe pour résoudre le problème posé et obtenir le meilleur rendement thermique. La température finale de l'eau d'alimentation est fixée à 180°C

environ pour la puissance économique de 40 000 kw; cette température correspond à environ 65 pour 100 de la température de saturation de la vapeur vive. A titre indicatif, pour arriver à cette température et obtenir un gain aussi grand que possible par le réchauffage de l'eau d'alimentation, la Société anonyme Brown, Boveri et Cie a prévu quatre étages de réchauffage. Une prise a été faite à la sortie du deuxième étage à basse pression pour drainer la plus grande quantité d'eau en suspension dans la vapeur. Les prises ont été faites également entre les corps à haute pression et à moyenne pression, au milieu du corps à moyenne pression, l'autre à la fin du corps à moyenne pression. La différence entre la température de l'eau condensée arrivant au premier réchauffeur et la température

finale est divisée sur les premier, deuxième, troisième et quatrième réchauffeurs respectivement de la façon suivante : 21 pour 100, 20 pour 100, 31 pour 100, 28 pour 100. D'autre part, un poste de distillation est introduit dans le circuit de réchauffage.

La figure 26 concerne le schéma des installations de dégazage, de réchauffage et de distillation dont les appareils ont été fournis par la Société de Condensation et d'Applications Mécaniques.

**XI. Salle de commande et de réglage et répartiteur.** — Le bâtiment de contrôle et de réglage et du répartiteur est accolé à la salle des machines et compris entre la salle de pompage et le tableau à 60 000 v.

Dans le bâtiment sont groupés l'ensemble des ser-

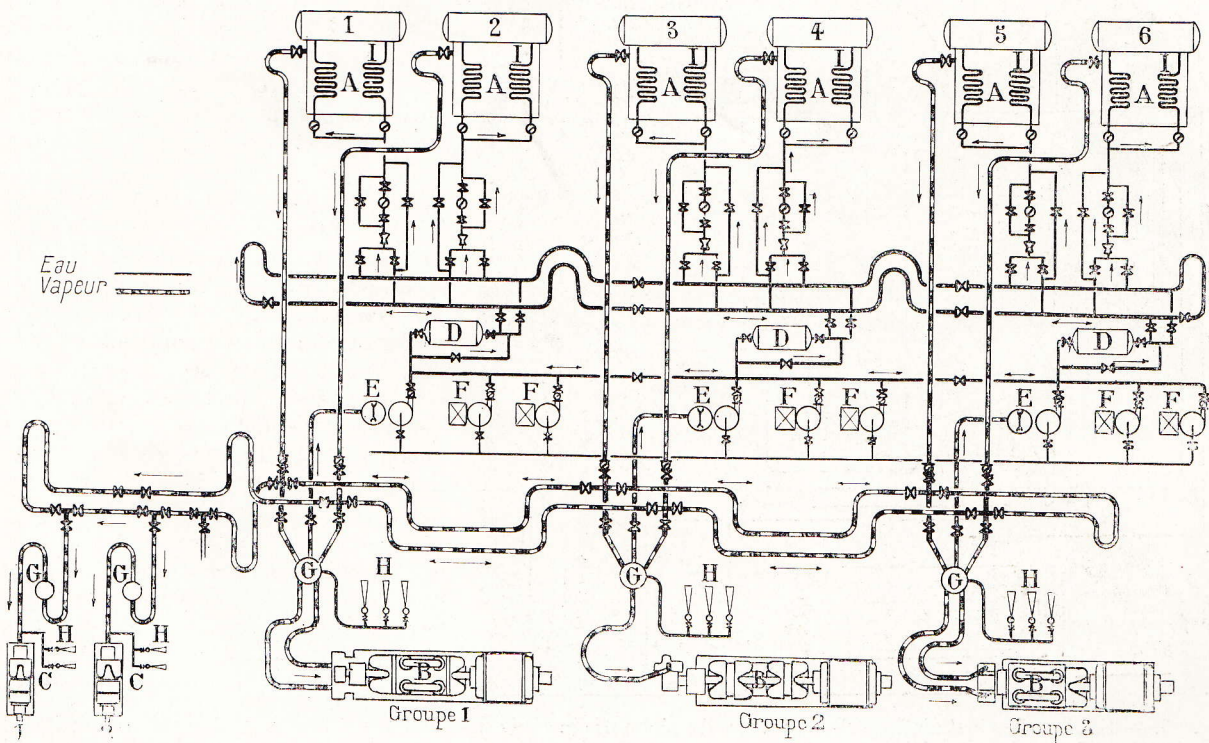


Fig. 25. — Schéma des tuyauteries d'alimentation en eau des chaudières et de celles d'alimentation en vapeur des turbines : A, chaudières; B, turbines principales; C, turbines auxiliaires; D, réchauffeurs à haute pression; E, groupes turbopompe d'alimentation; F, groupe motopompes d'alimentation; G, séparateurs d'eau et de vapeur; H, éjecteurs.

vices de contrôle et de commande des installations à haute tension de la nouvelle usine, ainsi qu'un service de répartition de la charge pour l'ensemble du réseau à 60 000 v des postes et usines de la Société d'Electricité de Paris et de la société « Electricité de la Seine ».

**1. SERVICE DE CONTRÔLE ET DE COMMANDE.** — Ces services sont répartis dans trois salles superposées, à la partie inférieure, la salle de répartition de la filerie, au premier étage, la salle des relais et des compteurs, au deuxième étage, la salle principale de commande (fig. 27) remarquablement disposée et éclairée.

En raison du grand nombre d'appareils nécessaires pour la commande, le réglage, les mesures, les signaux de position des interrupteurs et de la tension des machines, les appareils de mesure et de signalisation ont été placés sur des panneaux verticaux, alors que les appareils de commande se trouvent montés sur des pupitres placés à petite distance des tableaux des alternateurs. Les interrupteurs de signalisation et les coupleurs pour la commande des interrupteurs et sectionneurs sont liés par un schéma métallique. A chacun des coupleurs de commande et de signalisation du pupitre correspond un indicateur de position électro-

magnétique de tableau, de telle sorte que l'indication de position des interrupteurs et des sectionneurs est doublement marquée. Le schéma lumineux est monté au-dessous des instruments de mesure sur le tableau vertical.

La répartition de l'énergie est réglée et contrôlée par des appareils montés sur une autre série de panneaux avec un schéma lumineux à commande directe; les coupleurs pour la commande des interrupteurs et des sectionneurs sont montés à l'endroit correspondant à celui des interrupteurs et sectionneurs dans le poste extérieur.

Les coupleurs de commande et de signalisation combinés se composent de deux éléments manœuvrables

séparément et réunis concentriquement en un seul appareil. L'un des éléments sert à la commande préalable: si on le manœuvre l'interrupteur ne s'enclenche pas; mais les parties du schéma lumineux qui seraient mises sous tension par la fermeture de l'interrupteur s'allument et permettent de se rendre compte de l'effet de l'enclenchement de l'appareil.

Des verrouillages ont été prévus afin d'éviter toute fausse manœuvre sur l'enclenchement des sectionneurs et des interrupteurs du poste extérieur à 60 000 v.

La protection des alternateurs contre les défauts est, grâce à des relais, assurée contre les surintensités de courant de court-circuit, les surcharges, les courts-circuits entre enroulements de phase différente, les

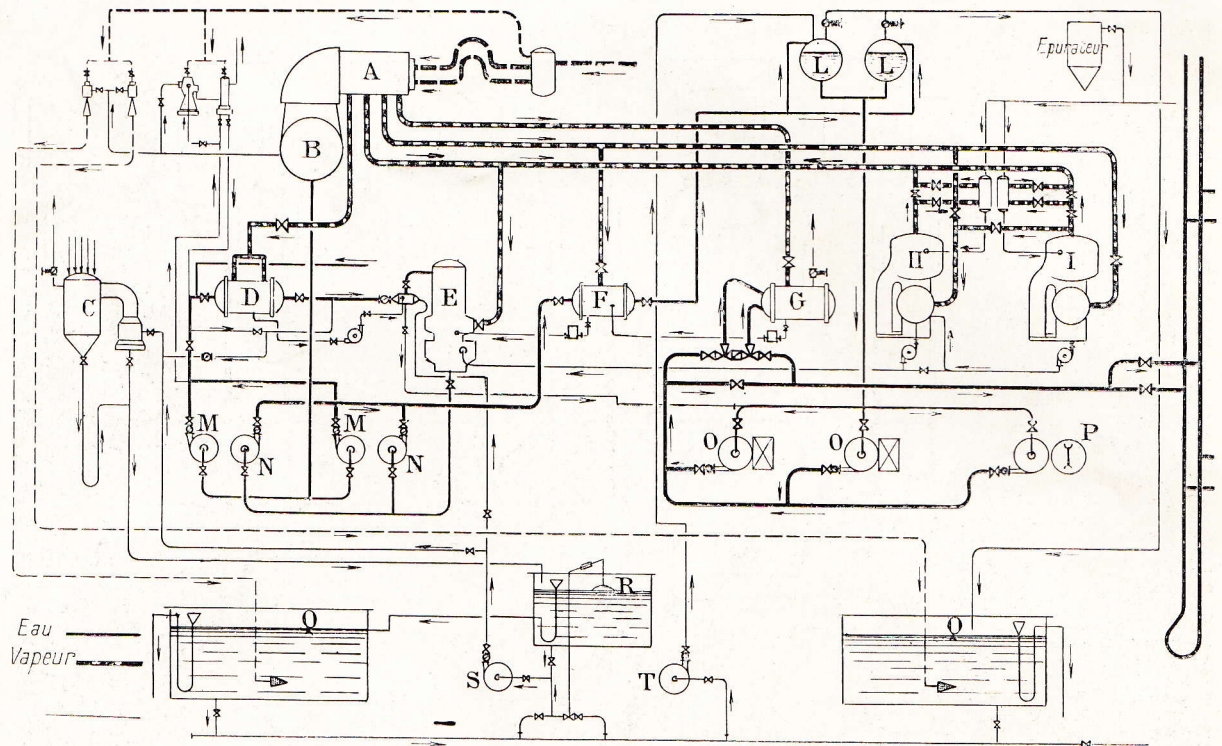


Fig. 26. — Schéma des installations de dégazage, de réchauffage et de distillation: A, turbine; B, condenseur; C, ballon détenteur de purges; D, réchauffeur à basse pression; E, désaérateur; F, réchauffeur à moyenne pression; H, bouilleur (2<sup>e</sup> effet); I, bouilleur (1<sup>er</sup> effet); L, bâches tampon; M, pompes d'extraction d'eau condensée; N, pompes d'extraction d'eau désaérée; O, groupes motopompes d'alimentation; P, groupes turbopompes d'alimentation; Q, réservoirs d'eau distillée; R, bêche d'eau chaude; S, pompe des purges; T, pompes d'appoint.

contacts à la terre, les courts-circuits entre spires de même phase. Le relais correspondant à l'un de ces défauts actionne un ou plusieurs des moyens de protection et, en outre, déclenche une signalisation (relais à deux voyants, avertisseur acoustique et signal lumineux). Des inscriptions lumineuses signalent la nature de l'incident survenu au groupe turboalternateur.

Tous les appareils enregistreurs sont groupés dans une salle particulière située au même étage.

Dans la salle des relais placée au premier étage se trouvent montés, sur des panneaux, les compteurs

d'énergie active et d'énergie réactive encliquetés dans l'un ou l'autre sens, les compteurs d'énergie active étant munis de dispositifs d'émission d'impulsions pour la totalisation par maxigraphes.

Dans la salle du répartiteur, voisine de la salle de contrôle et de commande, un schéma lumineux disposé sur les panneaux représente, à chaque instant, l'état de couplage du réseau dans lequel chaque partie sous tension du réseau apparaît éclairée. La transmission au schéma lumineux des ordres reçus par téléphone est effectuée au moyen de boutons poussoirs disposés sur le pupitre de la salle. En outre, dans cette salle se

trouve le panneau de totalisation et de télénregistrement des puissances. La plupart des fournitures et le montage ont été réalisés par la société Siemens-France.

**XII. Poste à haute tension. — 1. GÉNÉRALITÉS. —** Le poste à haute tension dont les vues générales et une vue partielle sont représentées en figures 28, 29 et 30 assure la liaison entre les groupes générateurs et le réseau de distribution en élevant la tension de 10 500 à 60 000 v. Il est du type extérieur à phases séparées, à deux jeux de barres principales et un jeu de barres de mise sous tension progressive, et comporte trois tranches distinctes, une par machine (fig. 31);

ce dispositif a été adopté, car il donne une plus grande sécurité d'exploitation. Ce poste comporte deux parties distinctes: 1° la travée des transformateurs; 2° le tableau de répartition proprement dit.

La travée des transformateurs comprend un ouvrage en béton armé cloisonné dont chaque cellule contient : 1° les câbles à 10 kv reliant l'alternateur aux bornes primaires du transformateur; 2° les câbles à 60 kv reliant le secondaire du transformateur aux jeux de barres à 60 000 v; 3° la filerie des appareils de commande, de contrôle et de protection; 4° les câbles à 3 kv venant des transformateurs des services auxiliaires de 60 000 v/3 000 v. Tous les transformateurs élévateurs de tension et les transformateurs auxiliaires

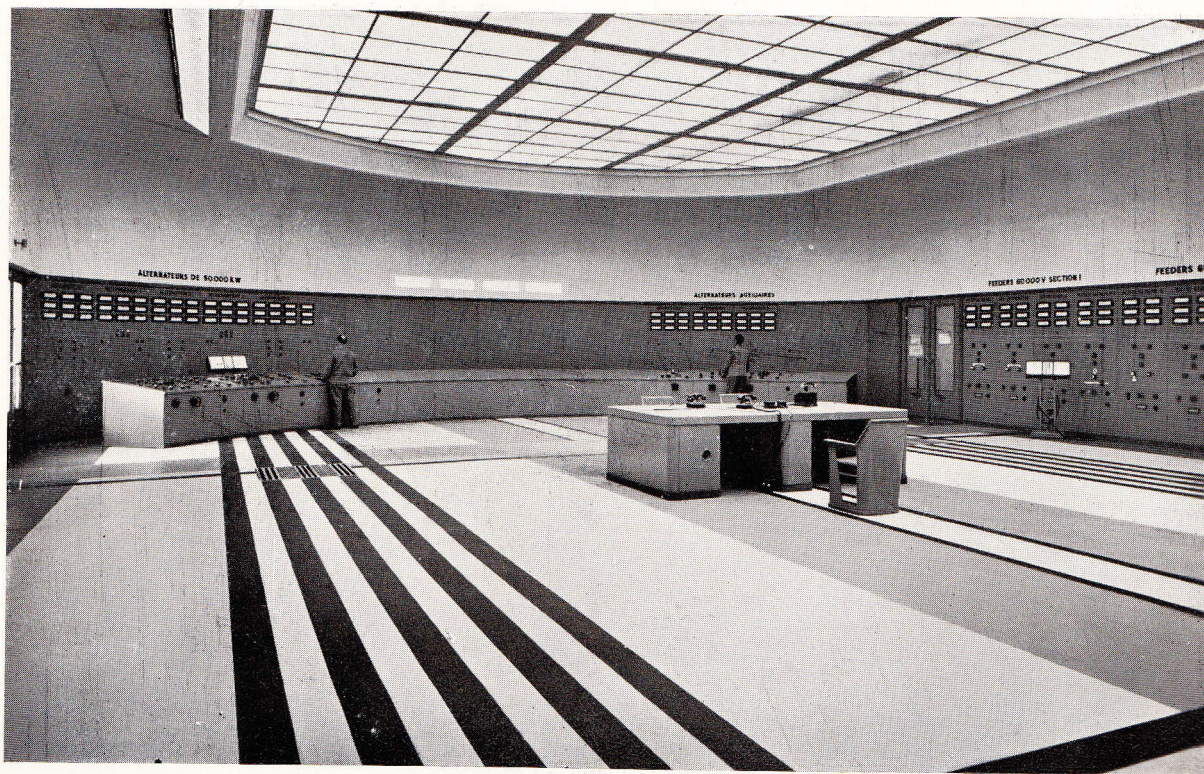


Fig. 27. — Vue de la salle principale de commande et de contrôle.

reposent, à la cote de 37,00 m, sur des poutres en ciment, par l'intermédiaire de galets et de rails.

Une charpente en béton armé, coulée sur place, supporte les barres générales et les sectionneurs; cette charpente a le grand avantage de présenter de l'installation une image beaucoup plus claire que celle obtenue avec la charpente métallique, ainsi que le montre la figure 28. Cette travée comprend les trois groupes de trois transformateurs monophasés élévateurs de tension reliés directement aux alternateurs et les transformateurs des services auxiliaires.

**2. TRANSFORMATEURS ÉLÉVATEURS DE TENSION. —** Les transformateurs monophasés élévateurs de tension sont du

type extérieur à bain d'huile et à refroidissement par circulation d'huile dans des réfrigérants séparés refroidis par un courant d'eau. Les caractéristiques de ces groupes sont les suivantes :

Puissance continue d'un groupe.....	72 000 kv-A
Tension primaire.....	10 500 v
Tension secondaire, avec prises de réglage pour $\pm 2,5$ pour 100 et $\pm 5$ pour 100.	60 000 v
Couplage du groupe des transformateurs monophasés (neutre isolé pour 60 000 v)	triangle-étoile
Poids du transformateur monophasé....	49 t
Volume d'huile d'un transformateur mono- phasé.....	10 m <sup>3</sup>
Pertes à vide.....	64 kw
Chute de tension pour $\cos \varphi = 1$ .....	1,1 pour 100

Chute de tension pour $\cos \varphi = 0,7$ .....	7,5 pour 100
Tension de court-circuit, sur la prise normale.....	10 pour 100
Puissance perdue en court-circuit.....	145 kw

Les rendements de chaque unité, exprimés en centièmes, sont les suivants :

	$\cos \varphi = 1$	$\cos \varphi = 0,7$
Pleine charge.....	99,14	98,78
Demi-charge.....	99,17	98,82

Le circuit magnétique des appareils est du type à noyaux verticaux et à culasses rapportées. Les tôles sont isolées au papier et par des feuilles en bakélite tous les 20 ou 30 mm ; elles ont un coefficient de pertes

de 1,6 w par kilogramme, pour une induction de 10 000 unités C. G. S. et 50 p : s.

Des canaux de circulation d'huile sont ménagés parallèlement aux tôles et des intercalaires en bakélite sont placés dans les canaux parallèles aux tôles. Les culasses sont serrées par des flasques séparés des tôles magnétiques par des intercalaires en bakélite en vue d'augmenter l'effet du refroidissement et empêcher le flux des culasses de passer dans ces flasques.

Le bobinage est constitué par trois enroulements circulaires et concentriques ; à l'intérieur est placé l'enroulement à 10 kv ; à l'extérieur de celui-ci et séparé par des canaux de refroidissement se trouve l'enroulement principal à 60 kv. L'enroulement de

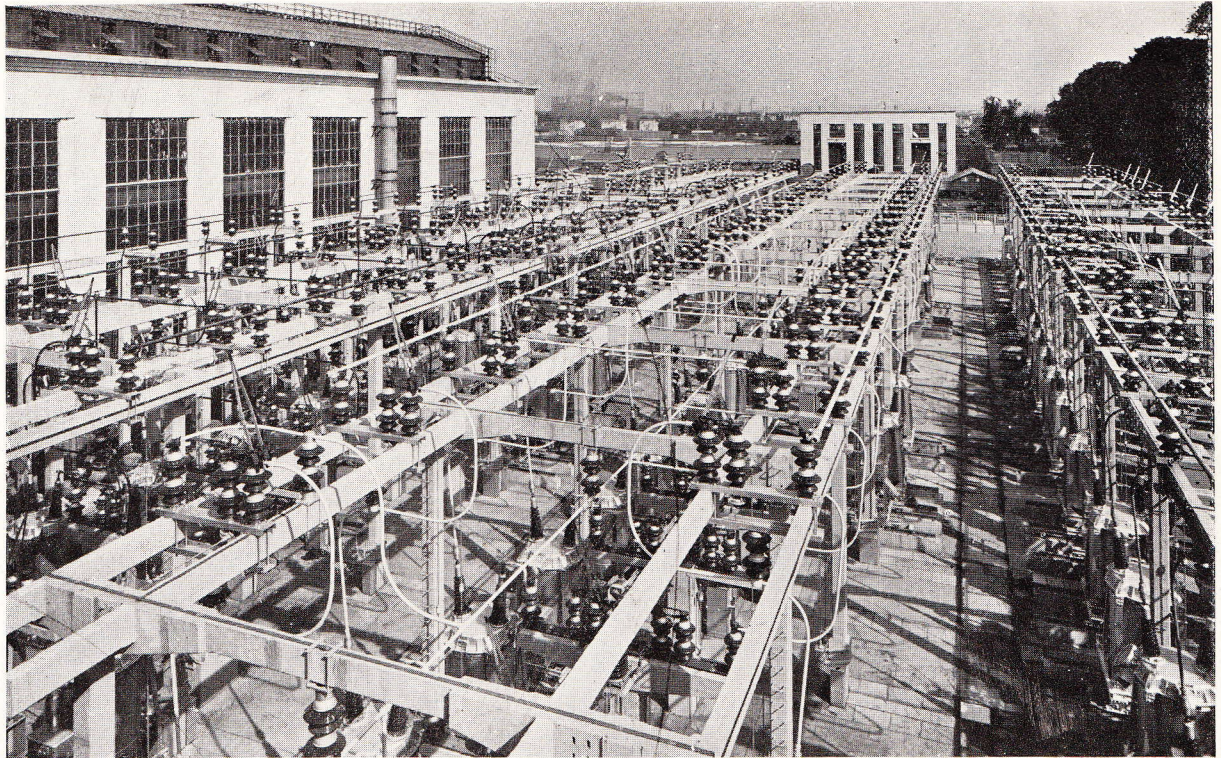


Fig. 28. — Vue générale du poste à 60 000 v : au fond la salle de décuage.

réglage est à l'intérieur de l'enroulement principal et correspond à sept prises. Un cadran indicateur marque la position des prises ; des verrouillages ont été prévus afin d'empêcher toute manœuvre irréflechie.

La cuve est constituée par une épaisse tôle lisse soudée et renforcée par des poutres Grey disposées verticalement et soudées à la paroi de haut en bas par une soudure continue. Le soubassement est en fer U monté sur galets de roulement. Une poulie a été prévue permettant, au moyen de mouflage, de déplacer la cuve.

Un appareil de protection Buchholz vient s'intercaler dans le tuyau reliant le transformateur au con-

servateur d'huile. Un réfrigérant d'huile avec un groupe moto-pompe a été installé ; le débit d'huile est de 90 m<sup>3</sup> : h. La température prévue à l'entrée est de 85°C et de 70°C à la sortie. Le débit d'eau est de 38 m<sup>3</sup> : h, la température passant de 30°C à 45°C.

3. SECTIONNEURS ET INTERRUPTEURS. — Les sectionneurs à 60 000 v sont à commande à distance par moteur électrique et à ouverture verticale ; du type extérieur, ils sont établis pour une tension nominale de 75 kv, une tension d'essai à sec de 230 kv pendant 30 secondes et un courant nominal de 800 à 2 000 A. Une pellicule d'argent protège contre les oxydations les contacts principaux de ces sectionneurs. L'ouverture du section-



neur nécessite d'abord une manœuvre de translation opérant le dégagement des contacts fixes suivi d'un mouvement de rotation du couteau dans le plan vertical; ce dispositif empêche toute ouverture intempestive du couteau sous un effort électromagnétique.

La commande électrique est doublée d'une commande de secours à main. Les trois sectionneurs d'un même groupe sont actionnés successivement et automatiquement; des verrouillages s'opposent à leur ouverture si l'interrupteur est fermé et à la fermeture de l'interrupteur s'ils sont ouverts.

Les interrupteurs tripolaires sont à phases séparées, chaque pôle possédant sa commande propre; ils sont établis pour une tension nominale de 70 kv, une ten-

sion d'essai à sec de 170 kv pendant 3 minutes et de 210 kv pendant 30 secondes. Le pouvoir de coupure de l'ensemble des trois pôles est de 1500000 kv-A. La surintensité de courant admissible lors d'un court-circuit est de 60000 A pendant 10 secondes. Le diamètre de la cuve est de 1,40 m et le poids d'huile qu'elle renferme est de 3000 kg.

Les trois pôles de l'interrupteur sont munis d'un système d'asservissement qui s'oppose à la fermeture d'un ou de deux pôles, à moins que le troisième ne soit, lui-même, en voie de fermeture; le déclenchement d'un pôle entraîne le déclenchement des deux autres. La commande se fait par solénoïde à courant continu, le courant absorbé sous 220 v variant, suivant l'inten-

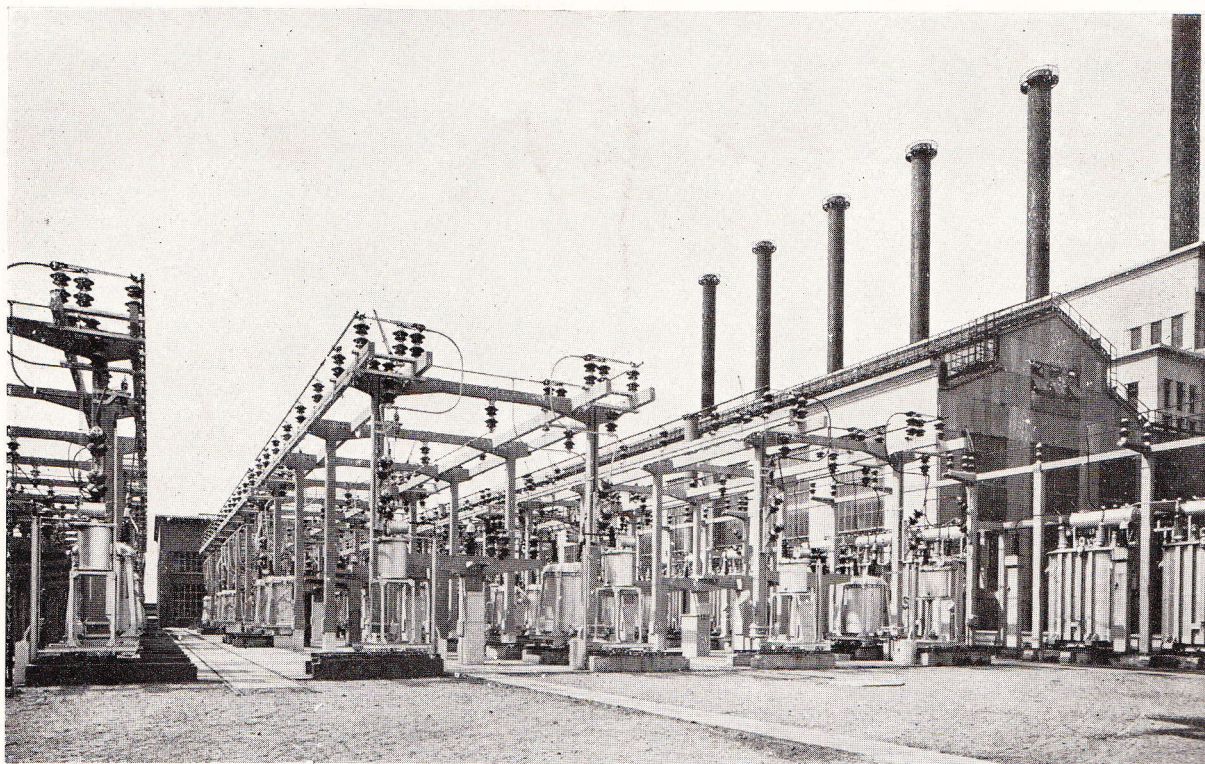


Fig. 29. — Vue partielle du poste à 60000 v, du côté des extensions, avec les transformateurs de 72000 kv-A des Forges et Ateliers de Constructions électriques de Jeumont.

sité normale du courant aux contacts, de 150 à 200 A; la durée d'enclenchement est de l'ordre de 0,6 seconde. Les bornes à haute tension sont du type à condensateur. Les chambres de rupture, en isolant moulé et fretté, peuvent supporter une pression de 100 kg/cm<sup>2</sup>.

4. TRANSFORMATEURS POUR LES SERVICES AUXILIAIRES ET APPAREILS DIVERS. — Les transformateurs pour les services auxiliaires de 60000 v/3000 v forment deux groupes de chacun trois transformateurs monophasés à bain d'huile et refroidissement de l'huile par radiateur. La puissance continue d'un groupe est de 7200 kv-A.

Un groupe transformateur de 6000 kv-A, 3,3 kv/

60 kv à éléments monophasés, à refroidissement naturel, est destiné à élever la tension de l'alternateur de mise sous tension progressive au moment des essais de feeders.

Un bypass permet l'essai à 3,3 kv avec un courant très intense sans passer par le groupe transformateur, afin de pouvoir déceler un défaut difficilement repérable du feeder ou effectuer des essais de relais.

Le poste de répartition extérieur comprend le tableau à phases séparées. Les trois phases sont disposées côte à côte parallèlement à la salle des machines et forment trois travées distinctes.

Les arrivées de transformateurs, les départs de

feeders à 60 kv, les sectionnements et le by pass de couplage subdivisent le tableau à 60 kv dans le sens transversal en cellules bien distinctes.

Les transformateurs de mesure de tension de 60 000 v/100 v sont monophasés, groupés par trois et disposés entre les phases et la terre.

Les transformateurs de courant sont également monophasés, du type tore, sans primaire bobiné, à isolement sec, et montés sur les câbles monophasés des arrivées ou départs.

L'appareillage électrique équipant le poste extérieur est du type de 75 000 v, monophasé, disposé par groupes de trois appareils identiques, à commande simultanée.

5. CABLERIE ET FILERIE, ÉCLAIRAGE ET PRISES DE TERRE. — Les câbles reliant les alternateurs de 50 000 kw aux transformateurs correspondants sont du type sous plomb, de 1 200 mm<sup>2</sup> de section; à pleine charge, le courant débité par phase étant de 4 000 a environ, on a été conduit à adopter trois câbles en parallèle.

Les câbles à 60 000 v reliant les transformateurs de 72 000 kv-a aux jeux de barres sont du type à circulation d'huile, de 510 mm<sup>2</sup> de section. La pression de l'huile peut varier de 200 g cm<sup>2</sup> à 1 kg cm<sup>2</sup> au maximum. Cette huile peut se dilater grâce à une chambre barométrique disposée au pied du poteau terminal relié, à l'aide d'un tuyau, à la base de la boîte d'extrémité du câble.

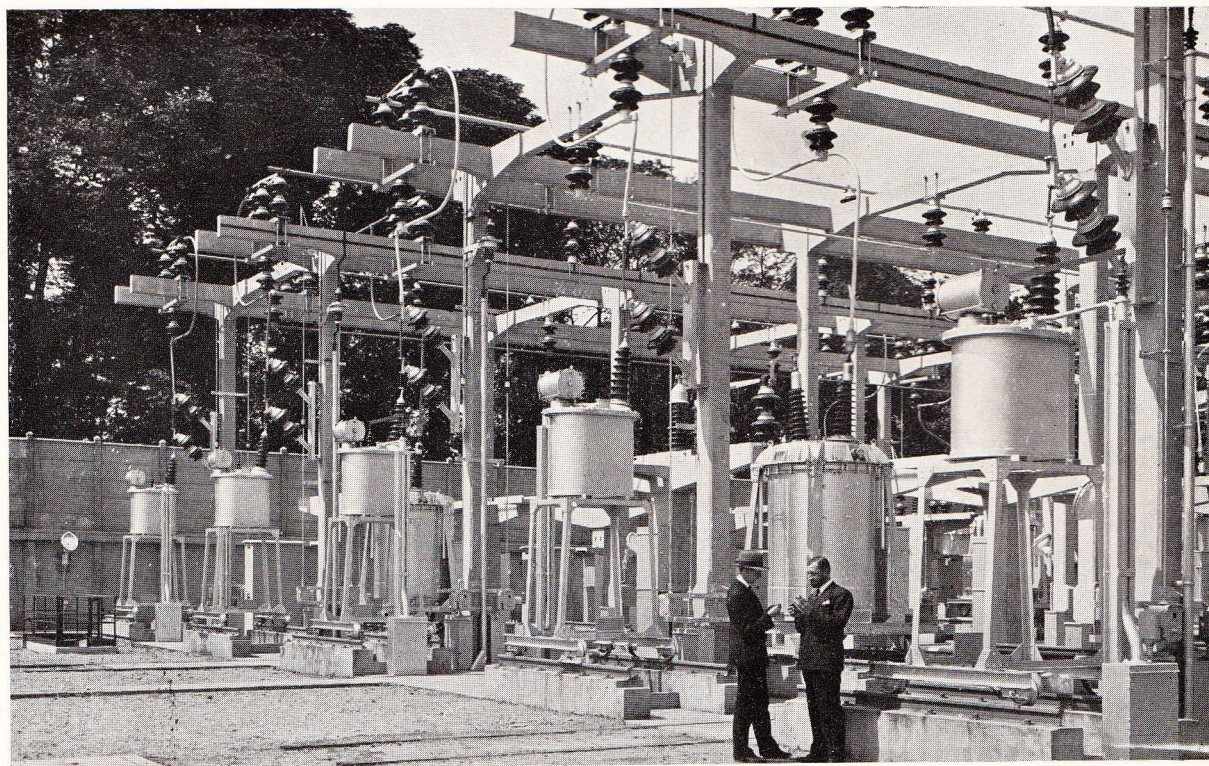


Fig. 30. — Vue partielle du poste à 60 000 v.

La filerie secondaire a été réalisée au moyen de câbles à plusieurs conducteurs isolés au papier imprégné et disposés sous feuillard de protection en acier ou en aluminium.

Les feeders de départ sont au nombre de quatre par tranche de tableau; ils sont susceptibles de transmettre une puissance de 40 000 kv-a pour les feeders en câbles ordinaires, de  $3 \times 250$  mm<sup>2</sup>, et de 70 000 kv-a pour les feeders en câbles à circulation d'huile, de  $3 \times 400$  mm<sup>2</sup>.

Signalons également l'éclairage réalisé par projecteurs asymétriques placés au pied de la charpente, à 2,50 m de hauteur, et éclairant le poste de bas en haut. D'ailleurs, la charpente peinte en blanc et l'appa-

reillage en aluminium blanc améliorent sensiblement l'éclairage en diffusant la lumière.

Les prises de terre sont établies à des profondeurs variant de 7 m à 14 m et sont constituées par des tubes de cuivre placés dans du charbon de bois; ces prises sont en contact permanent avec la couche aquifère.

Tout le matériel des postes à haute tension a été construit par les Forges et Ateliers de Constructions Electriques de Jeumont et monté par la Société Parisienne pour l'Industrie des Chemins de Fer et des Tramways Electriques. La Société de Force et Lumière et les Etablissements Saunier, Duval et Frisquet ont réalisé les installations d'éclairage de l'usine et de ses abords immédiats.

### XIII. Bâtiment de décuage et bâtiments divers.

— Un bâtiment de décuage a été construit en bout du poste à 60 000 v, le long de la rue Ampère. Les transformateurs et les divers appareils à vérifier sont amenés sur un transbordeur électrique au moyen d'une voie reliant le poste à la salle de décuage. Un pont roulant de 80 t permet leur reprise pour la vérification.

Une installation de traitement des huiles de transformateurs y a été aménagée avec les pompes de circulation : l'huile y est emmagasinée dans des cuves et un réseau de tuyauteries d'huile relie le tableau extérieur au bâtiment de décuage. La salle de traitement des huiles a été complétée par une cabine d'essais diélectriques à 80 000 v.

Dans un bâtiment placé à l'extrémité de la chaufferie sont installés les bureaux des chefs de service. Des salles de lecture et de réunion sont à la disposition des agents ainsi que des salles de bains.

### XIV. Poste d'interconnexion de Saint-Denis.

— Le poste d'interconnexion de Saint-Denis (fig. 32)

permet la mise en parallèle des usines et a été construit en bordure de la rue Ampère et au voisinage de l'ancienne usine. Ce poste est du type extérieur en béton. Il est relié au poste d'interconnexion de Saint-Ouen par des câbles à 60 000 v.

Deux groupes formés chacun de trois transformateurs monophasés, 60 000 v/10 500 v, permettent l'échange d'une puissance de 40 000 kv-A entre l'usine d'Ivry et les deux usines de Saint-Denis.

Un bâtiment en béton armé contient les divers appareils de commande et de contrôle.

### XV. Conclusions.

— Commencés en 1931, les travaux de cette usine ont été achevés fin 1932. Les premiers essais ont commencé au printemps de 1933 et la première tranche a été mise récemment en exploitation.

L'exposé sommaire des caractéristiques du matériel et de l'agencement des installations suffit à montrer le souci dominant d'assurer harmonieusement, dans cette œuvre, des qualités techniques essentielles de

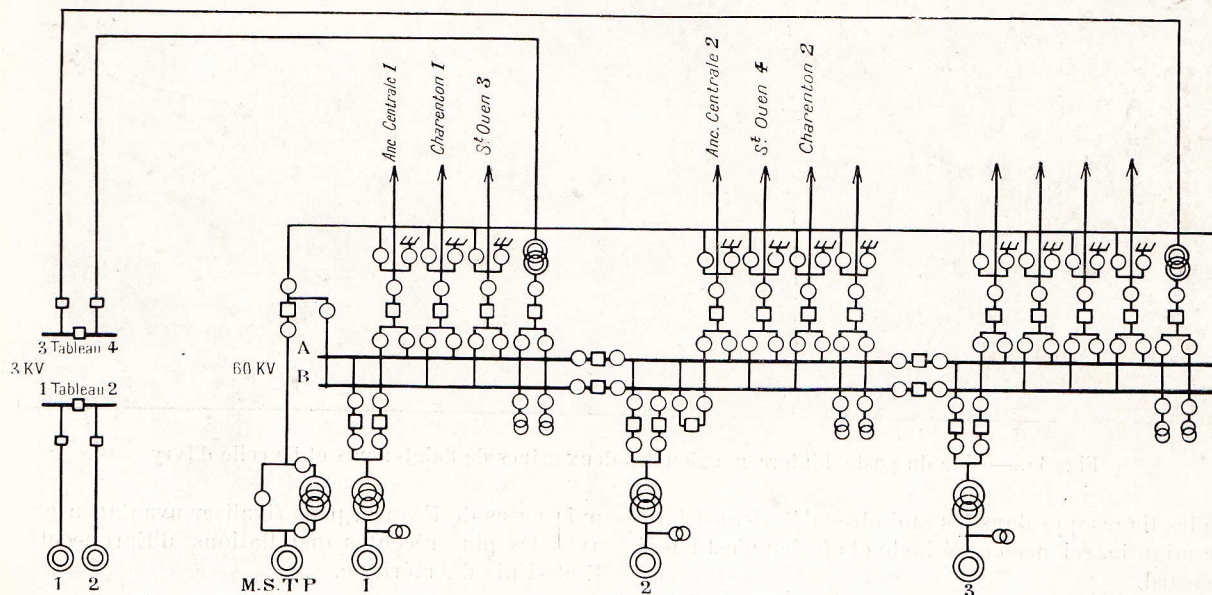


Fig. 31. — Schéma unifilaire du poste à 60 000 v : première étape de réalisation.

sécurité, de continuité et de haut rendement. Par ailleurs, les larges dégagements entre bâtiments, les vastes baies vitrées, les nombreux planchers et passerelles en caillbotis métalliques, les multiples accès, l'éclairage et l'aération naturels réalisés, témoignent du souci constant d'ordre, de clarté et de sécurité.

Ces qualités se révèlent surtout à l'examen détaillé des installations, aux tracés heureux des tuyauteries, à la disposition des commandes, des tableaux, etc., de toutes les mesures prises pour faciliter les montages et démontages de matériel en vue de l'exploitation et de l'entretien.

La question de résistance des matériaux aux très hautes températures a été étudiée tout particulière-

ment et la métallurgie française a montré, une fois de plus, qu'elle pouvait répondre aux problèmes les plus divers posés lors de l'établissement des usines génératrices modernes à très haute pression.

Les commandes automatiques ont été conçues pour éviter toute fausse manœuvre et, dans certains cas, pour les annihiler.

Toutes les pertes de chaleur ont été évitées autant qu'il est possible et le problème de la récupération de la chaleur contenue dans les gaz ou les purges ont été l'objet d'études méthodiques.

Cette usine, la plus moderne en France à l'heure actuelle, a été étudiée par les ingénieurs de la Société d'Electricité de Paris, sous la haute direction de

M. Nicolini. Ce savant technicien, spécialisé en matières d'usines génératrices thermiques, a été le réalisateur de l'usine de Saint-Denis I, installation désignée, il y a vingt ans, sous le nom d' « Usine de 100 000 chevaux », et qu'il a successivement transformée pour la maintenir à la hauteur du progrès. Cette usine a d'ailleurs servi, depuis 1905, de point de départ et de modèle dans la construction des grandes usines génératrices thermi-

ques modernes; l'usine d'Ivry de la société « Electricité de la Seine » est également l'œuvre de M. Nicolini; c'est une usine génératrice de caractéristiques moyennes des plus économiques. Chacune de ces usines marque une étape des progrès de la science et de la technique des usines génératrices thermiques. Chacune peut être étudiée séparément et l'on est obligé d'y reconnaître une œuvre de maître dont l'étude, aussi bien dans les

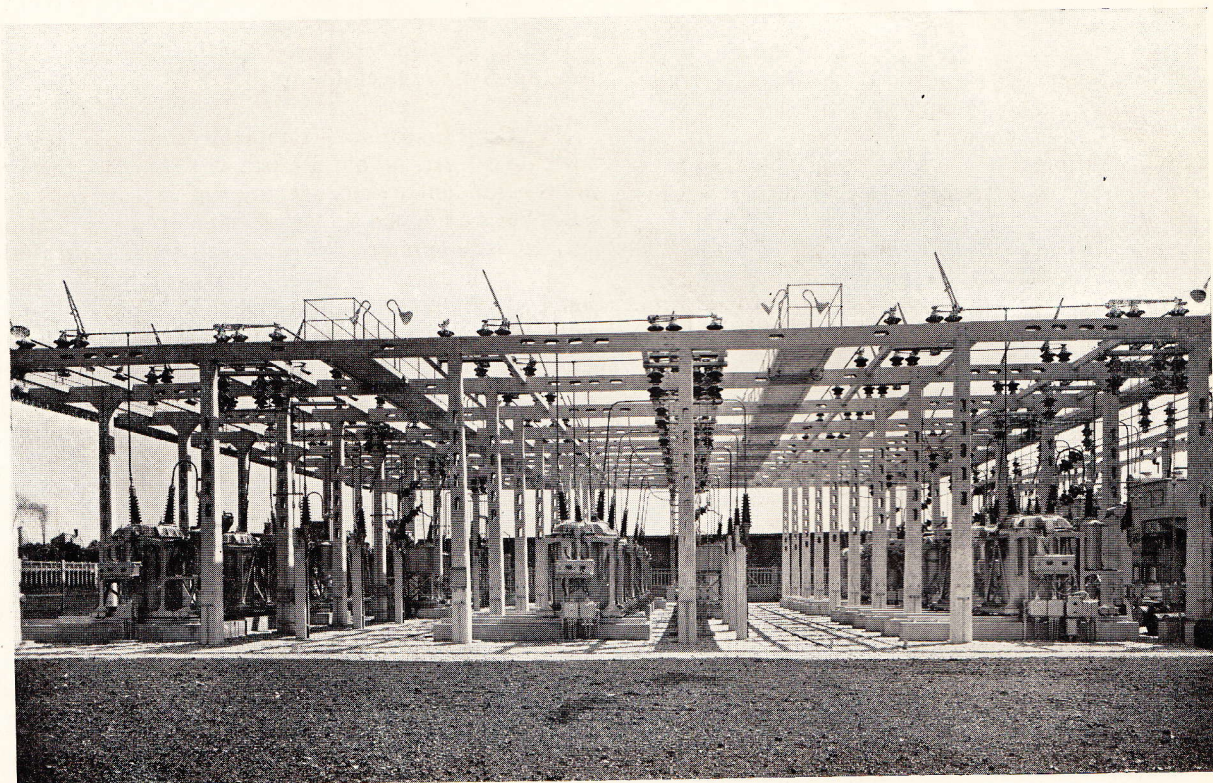


Fig. 32. — Vue du poste d'interconnexion des deux usines de Saint-Denis et de celle d'Ivry.

grandes lignes que dans les moindres détails, est faite avec minutie, science et méthode et où rien n'est laissé au hasard.

En résumé, l'usine génératrice thermique de Saint-Denis II, qui sera, dans quelques années, une des plus

puissantes de France, peut rivaliser avantageusement avec les plus récentes installations d'Europe et des Etats-Unis d'Amérique.

LUCIEN BESNARD,  
Ingénieur civil I. D. N

---

*Extrait de la REVUE GÉNÉRALE DE L'ELECTRICITÉ du 11 et 18 novembre 1933, t. XXXIV, p. 639-655 et 677-694.*

---

