LA CENTRALE L'UNION D'ARRIGHI ELECTRICITE (VITRY SUD)

Facsimile by www.urban-resources.net

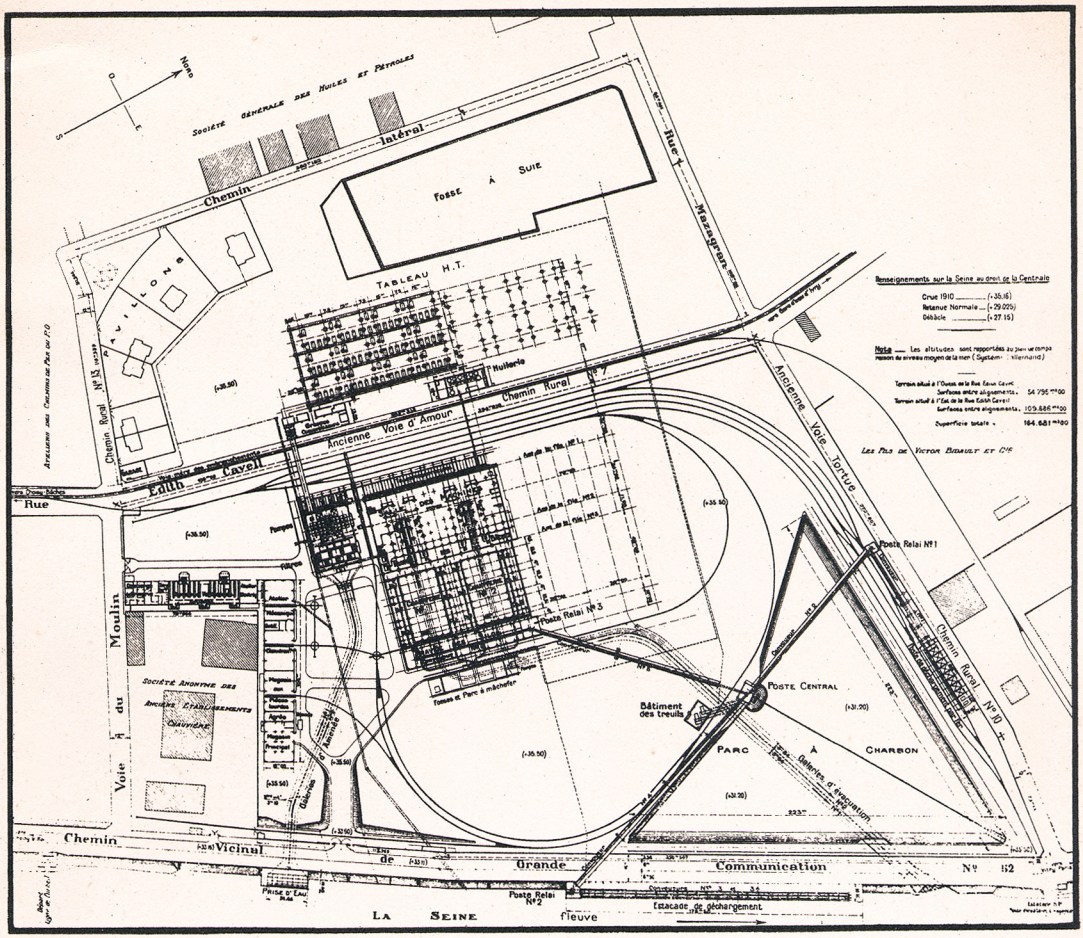


Fig. 1. — Implantation générale de la Centrale.

LA CENTRALE ARRIGHI

(VITRY-SUD)

DE L'UNION D'ÉLECTRICITÉ

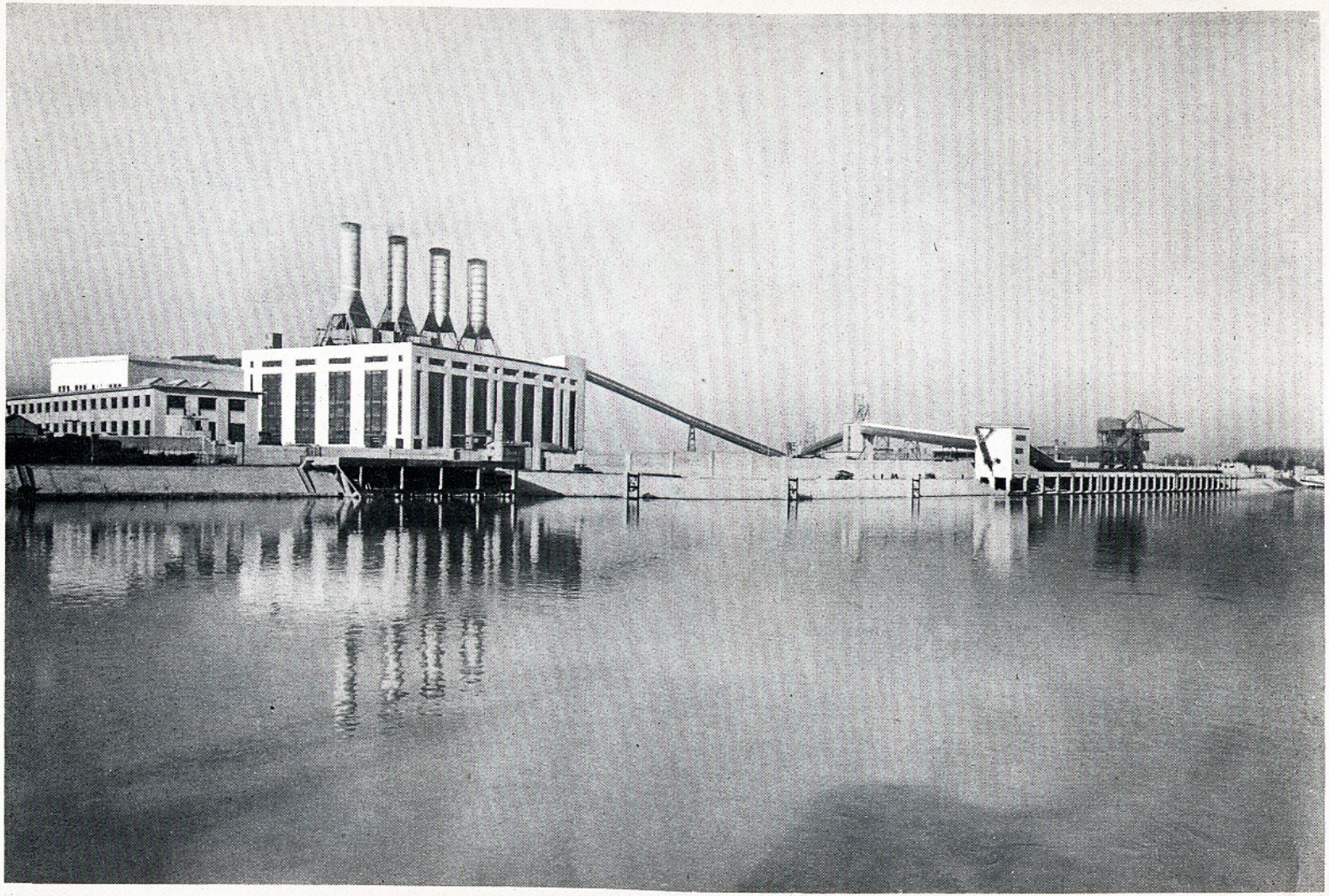


Fig. 2. — Panorama général de la Centrale.

Jean-Antoine Arrighi de Casanova

Ancien Ingénieur en Chef de la Marine,
Ingénieur en Chef à l'Union d'Electricité,
Officier de la Légion d'Honneur,

décédé à Paris, le 10 Avril 1932, à l'âge de 53 ans,
après une longue et cruelle maladie.

*Par décision du Conseil d'Administration de l'Union d'Electricité, le nom de "*CENTRALE ARRIGHI*" a été donné à l'Usine de Vitry Sud, en mémoire des services éminents rendus par ARRIGHI DE CASANOVA pendant douze années de collaboration à la Société, plus particulièrement pour la construction de l'Usine de Vitry dont il fut un des principaux animateurs.*

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Puissance installée : 220.000 kws

9 chaudières de 135 t/h de vaporisation, chauffées au charbon pulvérisé.

Timbre de la chaudière..... **39 kgs/cm²**

Caractéristiques de vapeur à la sortie de la chaudière. 35 kgs/cm² : **450°**

Surface de vaporisation..... 2.675 m²

Surface du surchauffeur..... 675 m²

Surface de l'économiseur..... 1.230 m²

Surface du réchauffeur d'air..... 3.340 m²

Alimentation en charbon pulvérisé assurée par **2 broyeurs à boulets** de de 9 t/h. par chaudière.

Combustion du charbon assurée par **5 brûleurs turbulents** par chaudière.

Réglage de la combustion par **contrôle automatique.**

Epuration des fumées par **dépoussiéreurs hydrauliques.**

Alimentation en eau des chaudières assurée à la pression de **50 kgs/cm²** par :

6 pompes électriques de..... 750 CV.

2 turbo-pompes de..... 750 CV.

Parc à charbon de..... **80.000 tonnes** de réserve.

Mise en parc et reprise du charbon par **dragage.**

Transport du charbon par **750 m. de convoyeurs à courroie de 350 t/h** de débit unitaire.

Station centrale de pompage de l'eau de Seine.

Puissance de pompage prévue pour l'Usine complète..... **10.000 CV.**

Puissance actuellement installée.

- Pompes de circulation des groupes..... 3.500 CV.
- Pompes diverses des services généraux de l'Usine ..... 2.000 CV.

4 groupes turbo-alternateurs de..... **55.000 kws – 75.000 kva**

Nombre de tours par minute..... 1.500

Caractéristiques de vapeur à l'admission ..... 33 kgs/cm² : 425°

Tension aux bornes de l'alternateur ..... 13.500 v. triphasée

Fréquence..... 50 pér/sec.

Transformateurs
(3 éléments de 25.000 kws par groupe)..... 13.500 v./**60.000 v.**

2 condenseurs de 1.700 m² par groupe.

1 poste d'eau par groupe, alimenté par 4 prélèvements de vapeur à la turbine, réchauffant **285 t/h** d'eau condensée à **140°**, la dégazant et distillant l'eau d'appoint.

Tableau de distribution "out door" à **60.000 v.** à phases séparées; 8 départs souterrains de 50.000 kva chacun.

Conduite des machines et manœuvres du tableau de distribution centralisées dans une **salle de contrôle,** séparée du reste de l'usine.

Services auxiliaires, en totalité en **courant continu 500 v.** alimentés par :

— 3 groupes turbo-dynamos de **4.000 kws** à 3.000 t/m, alimentés en vapeur à 33 kgs/cm² : 425°.

— 2 groupes convertisseurs de **2.000 kws.**

— 4 génératrices de **1.000 kws** en bout d'arbre des groupes principaux.

Puissance prévue : 500.000 kws

Introduction.

La nouvelle Centrale de Vitry-Sud, qui vient d'entrer en service dans le courant de l'année 1931, retient actuellement l'attention des techniciens de tous pays. Cependant elle ne renferme ni les groupes les plus puissants du monde, ni les chaudières les plus importantes; la pression et la température de la vapeur (40 kg et 450°) ne dépassent pas des valeurs assez couramment réalisées aujourd'hui. Mais son intérêt provient de ce qu'elle constitue une usine-type moderne satisfaisant à un certain nombre de conditions primordiales d'économie :

Maximum de rendement thermique compatible avec les caractéristiques choisies pour le matériel;

Minimum de frais d'exploitation grâce à une centralisation judicieuse et à l'automaticité des manœuvres;

Minimum de frais d'entretien grâce à la standardisation, l'interchangeabilité et la robustesse de tout le matériel.

Nous verrons au cours de cette étude comment ces diverses conditions ont été remplies.

La construction de l'usine fut décidée à la fin de l'année 1927 pour satisfaire aux besoins croissants du réseau de distribution de l'Union d'Electricité. Les deux Centrales de Gennevilliers (340 000 kW) et Vitry-Nord (90 000 kW) étaient en effet arrivées à la limite de leurs extensions. Le programme à réaliser devait tenir compte également des apports des usines hydrauliques d'Eguzon (50 000 kW) et de Coindre (25 000 kW).

Dans son état définitif, la Centrale de Vitry-Sud comportera environ 500 000 kW, réalisés en plusieurs étapes. La première étape correspond à une puissance de 220 000 kW, dont la première tranche de 110 000 kW vient d'entrer en service, tandis qu'une deuxième tranche, identique à la première, doit entrer en service dans le courant de l'année 1932. L'exécution de cette deuxième tranche fut décidée dès la fin de 1929, en raison des accords intervenus à cette époque avec la Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité. Nous rappelons qu'à partir de janvier 1930 l'exploitation des deux usines de Saint-Ouen (420 000 kW) et Issy-les-Moulineaux (175 000 kW) de cette Société a été confiée au Consortium créé à cet effet par les Sociétés : Union d'Electricité, Electricité de Paris et Electricité de la Seine. Aux termes des conventions ces usines ne devant pas subir de nouvelles extensions, il appartenait aux Sociétés participantes de pourvoir aux accroissements de puissance du réseau parisien par leurs propres usines, en même temps qu'elles réalisaient d'importants travaux d'interconnexion par le réseau à 60 000 V. L'usine de Vitry-Sud devait assurer cette alimentation pour la part qui revenait à l'Union d'Electricité, en attendant de nouveaux apports d'énergie hydraulique.

Construite au bord de la Seine, en amont de Paris et de l'écluse de Port-à-l'Anglais, à 1 km environ du nouveau pont suspendu qui relie les communes de Vitry et d'Alfortville, l'usine occupe une superficie totale de 16 ha; le terrain est divisé en deux parties par la rue Edith-Cavell (fig. 2). La partie la plus importante, immédiatement au bord de la Seine, comporte, en un bloc compact, les installations principales : chaufferies, salle des machines, salle des pompes, pupitre de contrôle et bâtiment d'administration. Dans un angle, côté Seine, se trouvent le parc à charbon et les convoyeurs de la manutention. Ont été rejetés en dehors des bâtiments

principaux tous les services annexes, tels que : magasins, ateliers, bâtiment de traitement des huiles, bâtiment du personnel, etc.

La deuxième partie des terrains, située de l'autre côté de la rue Edith-Cavell, est occupée par le tableau haute tension, les pavillons de logement des ingénieurs et une importante fosse de décantation des boues provenant du dépoussiérage des fumées.

La disposition générale des installations sur le terrain a permis de réserver, pour la salle des machines, les chaufferies et le tableau haute tension, toute la place nécessaire aux importantes extensions futures.

I. — Travaux de Génie Civil.

Les premiers travaux furent entrepris au début de l'été 1928. Les engins les plus modernes furent mis en œuvre pour leur réalisation rapide. Citons quelques chiffres significatifs.

Le remblaiement général destiné à placer l'usine hors de l'eau, même dans le cas des crues les plus fortes, a entraîné un mouvement de terres de 600 000 m³. La fouille de la sation de pompage représentait à elle seule 25 000 m³. Environ 2 000 pieux en ciment armé ont été battus pour les fondations de la salle des machines et des chaufferies. Plus de 100 000 m³ de béton armé ont été coulés pour ces divers bâtiments. L'exécution des bâtiments annexes, ouvrages en Seine, galeries d'eau, fondations de la manutention, etc..., furent non moins importants.

La charpente de la salle des machines, pèse plus de 2.200 tonnes. Celle des chaufferies dépasse 7.500 tonnes.

L'architecture extérieure est d'aspect moderne, sans excès et sans ornementation superflue. L'emploi exclusif de lignes droites et de grandes surfaces planes avec d'immenses baies vitrées (fig. 1) a permis de réaliser le type architectural cherché avec cette condition essentielle : le meilleur éclairage possible à l'intérieur des bâtiments en vue de faciliter le service.

II. — Alimentation en charbon.

1° Les convoyeurs et le parc à charbon.

La situation de l'Usine permet son approvisionnement en charbon soit par voie fluviale, soit par voie ferrée. Dans le cas de l'approvionnement par voie fluviale, les péniches de charbon sont déchargées le long d'une estacade de 160 m de longueur, visible sur la figure 1, sur laquelle se déplace une **tour de déchargement** à benne preneuse, d'une capacité horaire de 200 tonnes environ. Deux convoyeurs transportent le charbon de cette estacade jusqu'au poste central de distribution, placé en tête du parc à charbon.

L'approvisionnement par voie ferrée est assuré par un important embranchement, relié au Chemin de fer P. O., et permettant la réception journalière de deux rames de 1.500 tonnes de charbon et l'évacuation des rames vides correspondantes.

Le poste de déchargement des wagons permet soit de vider directement dans les trémies les wagons spéciaux à déchargement automatique, soit le déchargement par pont roulant à benne preneuse des wagons du type

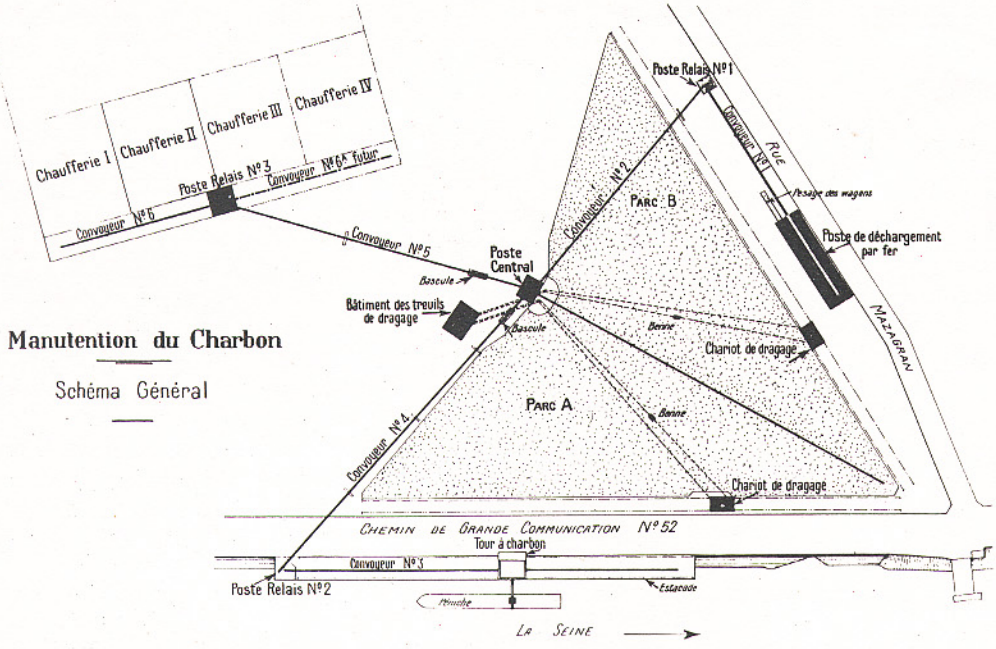


Fig. 3. — Schéma de la manutention du charbon.

courant. Le charbon, repris à la base des trémies par un distributeur mobile, est acheminé par deux convoyeurs successifs au poste central.

Le **parc à charbon**, de forme triangulaire (fig. 3), a une capacité de 80.000 TONNES représentant 25 jours de réserve lorsque l'Usine aura sa puissance définitive. La subdivision du parc en plusieurs compartiments permet de stoker diverses catégories de combustible.

Chaque demi-parc est desservi par une **benne dragueuse** de grande capacité, actionnée par un puissant treuil de 300 CH; les deux treuils sont placés dans un bâtiment spécial, à proximité du poste central. Chaque benne se déplace à grande vitesse sur la surface du charbon et ses câbles de traction passent sur un chariot de renvoi automoteur, mobile le long d'un des côtés du parc, et manœuvré à distance du poste central, de manière à permettre de draguer avec la même benne la surface de la moitié du parc. On peut ainsi effectuer la mise en parc du combustible déversé à la base du poste central par les divers convoyeurs venant des postes de déchargement. Un simple retournement de la benne permet d'effectuer de même la reprise du charbon en parc pour l'amener à la base du poste d'où il est monté aux chaufferies.

Ce type d'installation, plus spécialement connu sous le nom de « dragline », se rencontre en Amérique, mais l'installation de Vitry-Sud est unique en Europe. Il permet, avec un matériel très simple et robuste, d'assurer un grand débit de l'installation avec le minimum de personnel et de faibles frais d'entretien.

Le **poste central** de manutention renferme en outre une installation de concassage des charbons « tout venant » avant leur envoi aux chaufferies; mais cette installation n'est appelée à fonctionner qu'exceptionnellement, l'Usine étant normalement approvisionnée en combustible de la catégorie des « fines » ou des « grains ».

Un convoyeur incliné part de la base du poste central et assure le transport en combustible jusqu'au sommet des chaufferies, d'où un nouveau convoyeur le répartit dans les silos de réserve.

Tous les **convoyeurs** dont le développement total est voisin de 800 MÈTRES sont enfermés dans des passerelles métalliques dont la hardiesse contribue à donner à cette installation un cachet très particulier (fig. 4). Chaque convoyeur, d'un débit de 350 TONNES à l'heure, est constitué par une courroie épaisse en caoutchouc et toile de 915 mm de largeur se déplaçant sur de multiples rouleaux de guidage. Le tambour d'entraînement est actionné par moteur électrique par l'intermédiaire d'un réducteur de vitesse. La vitesse de la courroie dépasse 2 m/sec. Certains de ces convoyeurs sont inclinés de près de 20° sur l'horizontale, ce qui constitue l'inclinaison limite pour éviter le déplacement du charbon sur la courroie.

Tous les organes moteurs de la manutention (dragage et convoyeurs), sont commandés à distance à partir d'un poste de manœuvre situé au poste central. Le tableau synoptique de manœuvre et de signalisation est complété par un appareillage automatique et de nombreux verrouillages qui assurent un asservissement complet de tous les organes de l'installation, de manière à éviter toute fausse manœuvre et l'accumulation du charbon aux différents relais des convoyeurs.

L'ensemble de cette manutention correspond dès maintenant aux besoins de l'Usine définitive et permet la réception et le transport de 3.000 TONNES de combustible par jour. On prévoit seulement par la suite le doublement possible de la tour de déchargement en Seine et des deux convoyeurs reliant l'estacade au poste central.

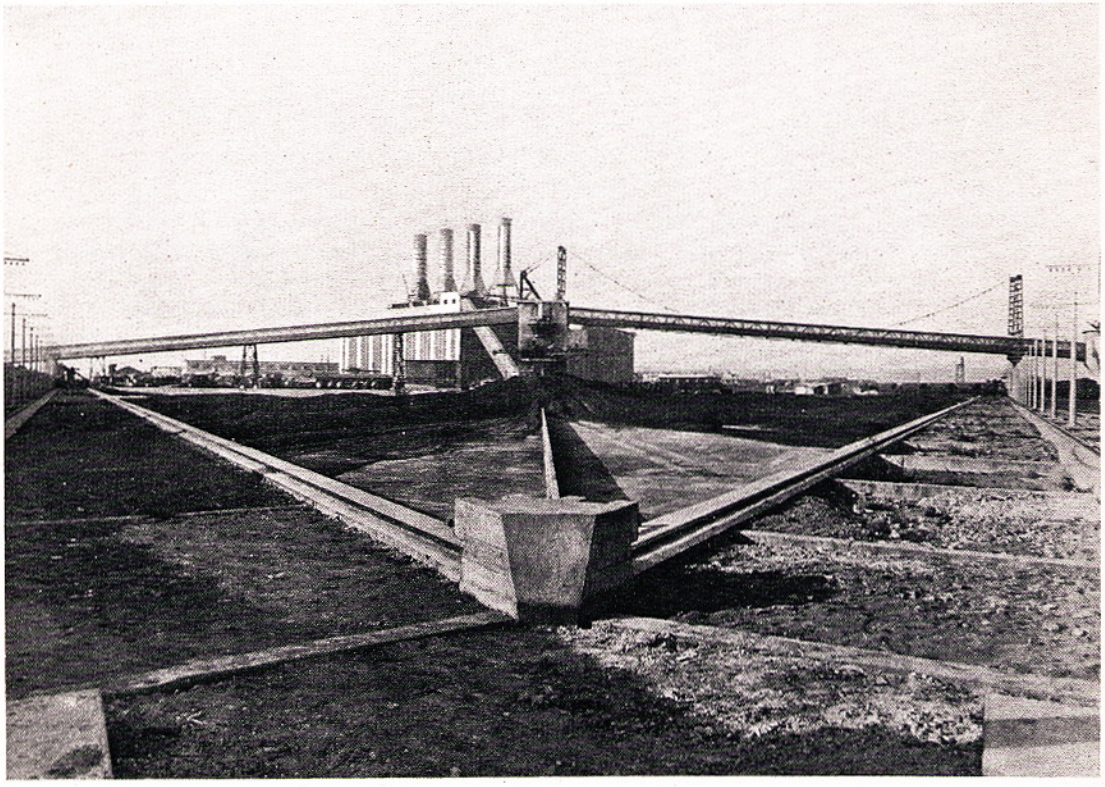


Fig. 4. — Vue générale du parc à charbon et des convoyeurs.

2° Le stockage et le transport du charbon dans les chaufferies.

Dans chaque chaufferie élémentaire de six chaudières, parallèlement à la Seine, une travée supplémentaire contient un grand **silo de réserve**, d'une capacité de 1.500 TONNES environ, correspondant à deux ou trois jours de fonctionnement normal de la chaufferie. Deux compartiments indépendants permettent de stocker, soit deux catégories de charbon, soit du charbon et du coke. Ce silo est desservi à sa partie supérieure par le dernier convoyeur de la manutention au moyen d'un chariot verseur placé sur la courroie. A la base du silo la reprise se fait par un **wagon-trémie** automoteur, d'une capacité de 25 tonnes environ, comprenant deux trémies indépendantes pour permettre le transport simultané des deux catégories de combustible.

Ce wagon-trémie se déplace au plancher de chauffe sur une voie spéciale, dans l'axe de la chaufferie, et se décharge dans les silos des broyeurs, au droit des diverses chaudières. Un dispositif de pesage des trémies de ce wagon assure le contrôle du combustible distribué aux diverses chaudières. Enfin, des dispositifs d'étanchéité permettent d'effectuer les opérations de chargement et de déchargement du wagon sans émission de poussières. Toutes les trappes des silos ou du wagon et les cadres d'étanchéité sont manœuvrés par air comprimé.

Le silo de réserve et le wagon-trémie sont visibles sur la coupe transversale de la chaufferie (Planche II).

III. — L'alimentation en eau de Seine et la station de pompage.

La quantité d'eau de Seine nécessaire à l'alimentation de VITRY-SUD équipée à 500.000 kW sera voisine, à certaines époques de l'année, du débit total de la Seine. On conçoit donc l'importance des ouvrages d'adduction que cela nécessite. Mais on a voulu éviter l'exécution, toujours difficile et onéreuse, d'importantes galeries placées sous les bâtiments principaux et dans lesquelles viendraient puiser les pompes de reprise d'eau de Seine; toutes celles-ci ont donc été rassemblées dans un même bâtiment. C'est là un de ces exemples de groupement rationnel des appareils qui caractérisent l'ensemble de l'installation, de manière à réaliser avec le minimum de frais les meilleures conditions d'exploitation.

Ce bâtiment est construit sur un important radier fondé à une cote bien inférieure à celle du lit de la Seine et forme en sous-sol une immense cuve étanche (fig. 5). L'eau y est amenée par deux galeries jumelées de 3 m de diamètre, en tête desquelles se trouvent de simples grilles dégrossisseuses destinées à arrêter les corps flottants. Ces galeries aboutissent dans une **salle de filtrage**, de près de 8 m de hauteur, comprenant des **grilles tournantes** sans fin, à nettoyage automatique, dont trois sont actuellement installées. Des guide-eau en béton armé, ayant toute la hauteur de la salle et judicieusement tracés de manière à supprimer les remous et les pertes de charge, canalisent l'eau de part et d'autre des grilles. Enfin une grande chambre générale d'eau filtrée précède immédiatement les conduits d'aspiration des différentes pompes.

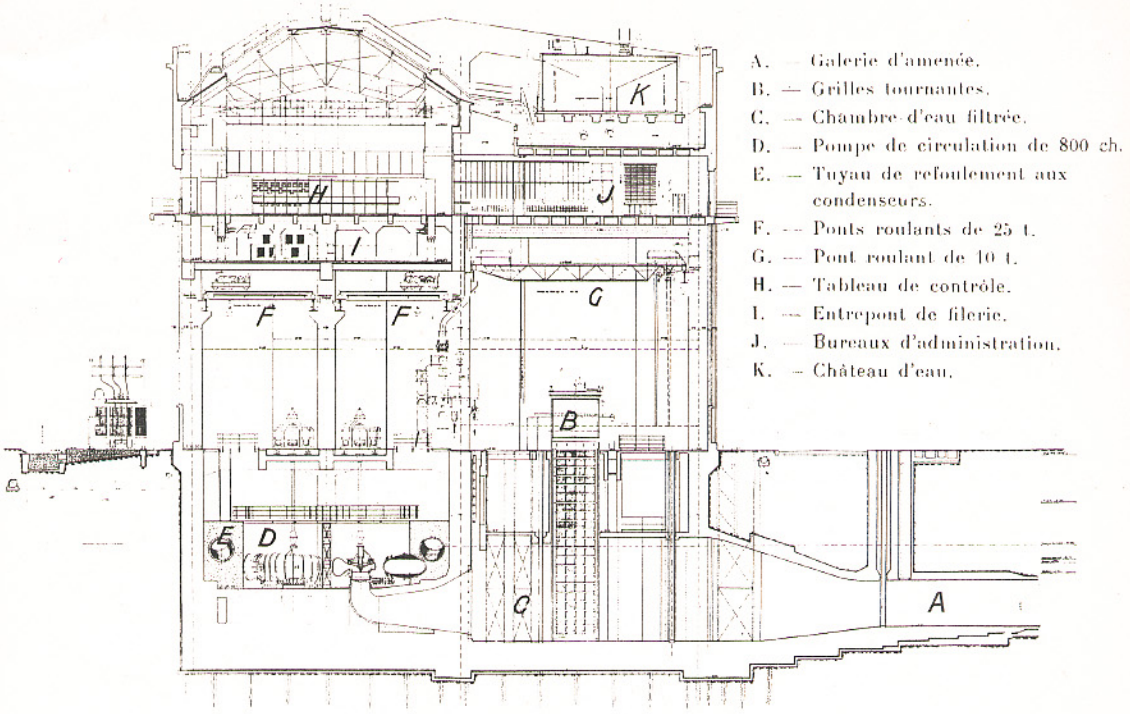


Fig. 5. — Coupe de la station de pompage et de filtrage.

La **station de pompage** comprend :

a) **Les pompes de circulation**, à savoir :

1 pompe de 800 CH par groupe principal, refoulant jusqu'aux condenseurs par une conduite en béton armé de 1.500 de diamètre, noyée dans le radier de la salle des machines;

1 pompe de 80 CH par groupe auxiliaire.

Soit au total quatre pompes de 800 ch et trois pompes de 80 ch, installées pour la première étape.

b) **Les pompes de service d'eau brute**, à savoir :

3 pompes de 325 CH refoulant à la pression de 5 kg jusqu'aux réfrigérants d'air et d'huile et alimentant le circuit de refroidissement des transformateurs. Un **chateau d'eau** de 600 m³, placé au sommet du bâtiment et en dérivation sur le circuit, assure momentanément ce service de première importance, en cas d'arrêt accidentel des pompes;

3 pompes de 325 CH refoulant à la pression de 8 kg et assurant l'alimentation en eau des dépoussiéreurs de fumées et d'un certain nombre de circuits de refroidissement et de nettoyage.

Tandis que les condenseurs peuvent recevoir sans inconvénient une eau grossièrement filtrée, les deux circuits sous pression de 5 et 8 kg exigent une eau beaucoup plus pure; aussi, des filtres rotatifs à mailles très fines sont placés sur le refoulement de ces pompes. Un dispositif de nettoyage automatique, par contre-courant d'eau sous pression, permet de les tenir en état continuel de propreté.

c) **Une pompe d'incendie** de 150 CH alimentant à la pression de 12 kg un réseau de canalisation et de bouches placées dans les divers bâtiments et les cours de l'usine.

Toutes ces pompes sont du type à axe vertical; elles sont établies en sous-sol à un niveau tel qu'elles restent amorcées quel que soit le niveau en Seine; elles peuvent en outre fonctionner complètement noyées en cas d'envahissement accidentel de la salle des pompes, car tous leurs moteurs sont, au contraire, placés au-dessus du niveau des plus hautes eaux. Une pompe de dénoyage de 350 CH permet d'ailleurs d'assécher rapidement cette salle.

L'équipement total de la salle des pompes pour l'usine définitive dépassera 10.000 CH de puissance.

Les galeries d'évacuation. — L'eau sortant des condenseurs et des différents appareils réfrigérants est évacuée par deux galeries qui retournent à la Seine à l'extrémité aval du terrain appartenant à la Société. En moyenne, cette eau est de 4 à 5° plus chaude qu'à l'entrée dans les galeries d'amenée.

Les niveaux relatifs des pompes de circulation, des condenseurs et des galeries d'évacuation, avec le secours sur celles-ci de bâtardeaux déversoirs mobiles pour l'époque des plus basses eaux, assurent constamment le bénéfice du siphonnage de l'eau au travers des condenseurs, ce qui représente une économie appréciable de puissance.

IV. — Les Chaufferies.

Elle sont subdivisées en chaufferies élémentaires correspondant chacune à deux groupes principaux. Chaque chaufferie comprend **six chaudières** semblables réparties en deux files de trois, capables de produire chacune 135 tonnes de vapeur à l'heure et chauffées au charbon pulvérisé; deux quelconques de ces chaudières peuvent assurer l'alimentation en vapeur d'un groupe principal à sa pleine charge.

La première chaufferie est maintenant complètement en service. La deuxième, qui correspond à la deuxième tranche de 110.000 kW, est terminée comme bâtiment et ses trois premières chaudières sont en montage.

On distingue dans l'installation d'une chaufferie deux parties bien distinctes (Planches I et II) :

La **salle de broyage du charbon**, établie en partie en sous-sol dans une cuve en béton étanche;

La **chaufferie proprement** dite, établie en élévation à partir d'un plancher général continu (dit « plancher de chauffe ») qui la sépare entièrement de la précédente salle.

1° Production du charbon pulvérisé.

Les silos des broyeurs, placés dans la salle de broyage, en dessous du plancher de chauffe, sont de capacité très limitée correspondant seulement à quelques heures de marche et comportent deux compartiments différents permettant de stocker deux catégories de combustible. A la base de ces silos, des distributeurs rotatifs assurent l'alimentation en charbon des broyeurs. Chacun d'eux comprend un distributeur double, avec réglage d'allure, permettant de réaliser, dans une proportion quelconque, le mélange des deux catégories de combustible.

Les **broyeurs,** au nombre de douze, sont répartis à raison de deux par chaudière; ils sont du type biconique à boulets, assurant le broyage du charbon par le choc continu sur celui-ci de plusieurs centaines de boulets de petit diamètre libres à l'intérieur de l'enveloppe. Chacun d'eux est entraîné par un moteur électrique de 250 CH par l'intermédiaire de deux trains d'engrenages successifs et tourne à la vitesse de 18 t/mn. Ce broyeur permet

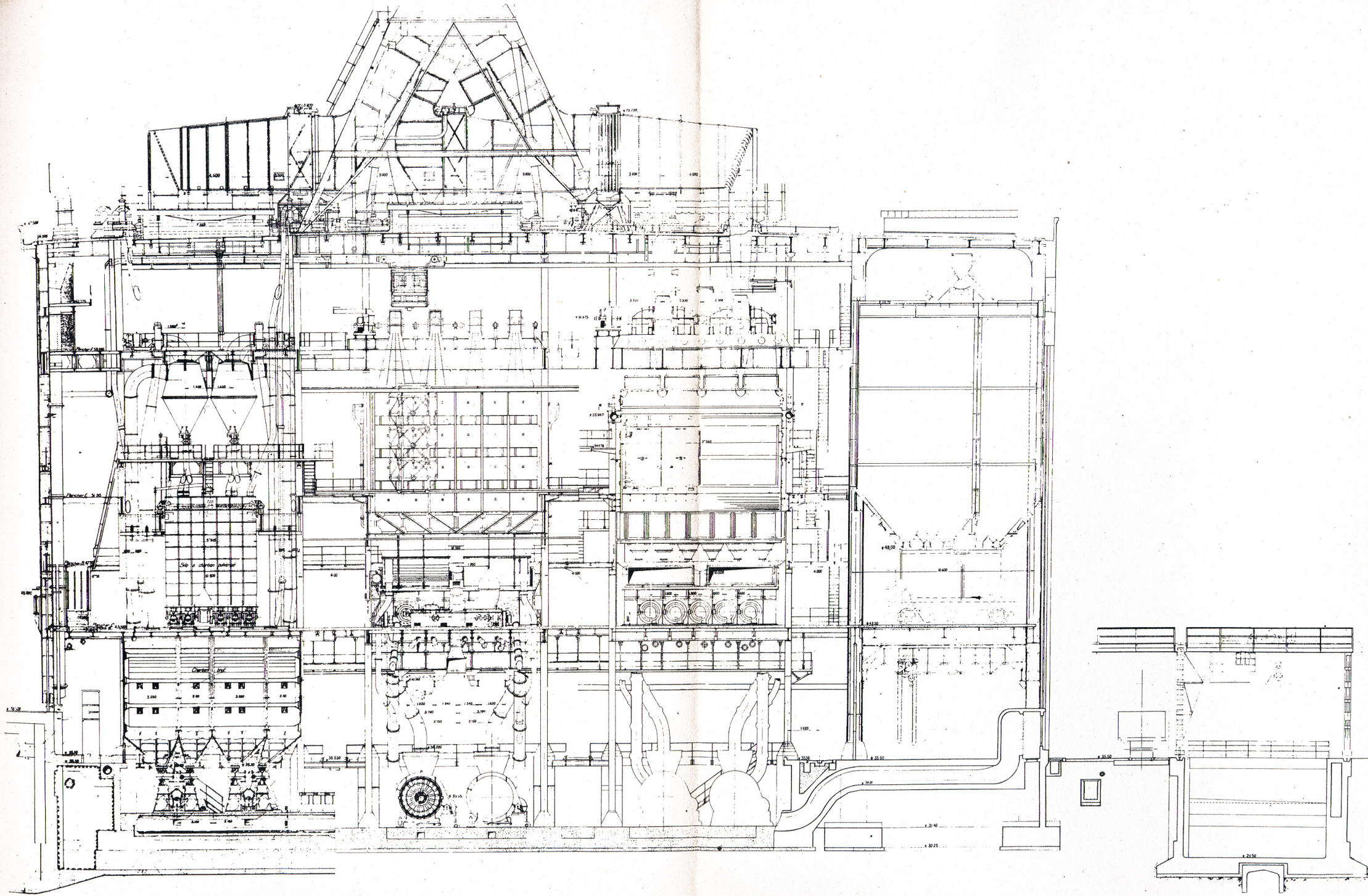


Planche I. — Chaufferie. — Coupe longitudinale.

de réaliser la très grande finesse du charbon pulvérisé nécessaire pour obtenir une bonne combustion. Il peut broyer 8 à 9 tonnes à l'heure de charbon de diverses catégories. Des dispositions spéciales ont été adoptées dans la construction de ces appareils et des circuits de transport du charbon pulvérisé pour éviter l'usure trop rapide des différents organes.

Le charbon pulvérisé est extrait du broyeur par courant d'air circulant en circuit fermé et produit par un ventilateur spécial de 55 ch à 1.500 t/mn, placé sur le retour d'air. Le charbon est ainsi transporté par des tuyaux de 650 mm de diamètre jusqu'à la partie supérieure de la chaufferie — à 28 m plus haut environ — dans un cyclone où il se sépare de l'air par centrifugation. De la base du cyclone, le charbon tombe par gravité dans une trémie de réserve du charbon pulvérisé placée devant la chaudière au-dessus du plancher de chauffe; cette réserve est d'ailleurs minime (25 T environ) et correspond seulement à deux heures de marche de la chaudière. Chaque trémie est suspendue sur un dispositif de pesage continu dont les indications sont reportées sur un cadran, qui indique à chaque instant au conducteur de la chaudière, la réserve de charbon pulvérisé dont il dispose.

Enfin, les broyeurs de deux chaudières vis-à-vis se portent mutuellement secours grâce à la disposition des tuyauteries et registres placés entre cyclones et trémies à charbon pulvérisé (pl. I). Par contre, il n'existe pas d'interconnexion entre les circuits à charbon pulvérisé de deux files de chaudières voisines.

Le séchage du charbon. — L'humidité contenue dans le charbon (parfois 12 à 14 % d'eau en poids) rend souvent très difficile le broyage et même le transport et le stockage du charbon pulvérisé. Aussi, il est possible d'effectuer le séchage du charbon à l'intérieur même du broyeur, de manière à ramener le taux d'humidité à 2 ou 3 % environ, au moyen d'air chaud prélevé dans le circuit d'air de combustion de la chaudière : les gaz chargés d'humidité sont ensuite extraits du circuit et renvoyés, par l'intermédiaire d'un petit ventilateur auxiliaire, à la base de la chambre de combustion où s'effectue la combustion des particules de charbon pulvérisé qu'ils entraînent.

2° Les chaudières et leurs auxiliaires.

Les **chaudières**, bien que construites en collaboration par plusieurs constructeurs, sont cependant toutes semblables et ont les caractéristiques suivantes :

Débit horaire maximum continu de vapeur	135 tonnes
Débit horaire de vapeur à l'allure économique	110 tonnes
Timbre de la chaudière	39 kg/cm²
Caractéristiques de la vapeur à la sortie du surchauffeur	35 kg/cm² 450° C
Surface du faisceau tubulaire	2.350 m²
Surface des écrans d'eau	325 m²
Surface du surchauffeur	675 m²
Surface de l'économiseur	1.230 m²
Surface du réchauffeur d'air	3.340 m²

La chaudière est du type « Ladd-Belleville » à trois corps; le surchauffeur est placé à l'intérieur du faisceau tubulaire en deuxième parcours des gaz. La chambre de combustion de grand volume (environ 900 m³) est munie, sur sa face avant, de cinq gros *brûleurs* à turbulence, capables chacun

d'assurer la combustion de 3 tonnes à l'heure de charbon pulvérisé; les trois autres façades de la chambre sont garnies d'*écrans d'eau* placés en avant des maçonneries et protégeant celles-ci contre les températures très élevées des gaz de la combustion. Un écran d'eau horizontal protège de même la trémie à mâchefers. Les murs sont constitués par des pièces réfractaires siliceuses, à 37/38 % d'alumine, dont l'épaisseur moyenne est de 27 cm, et à l'extérieur desquelles se trouvent un isolant calorifuge et une enveloppe métallique continue et étanche, de manière à empêcher des rentrées d'air supplémentaires dans la chambre de combustion. Les gaz, à la sortie du faisceau tubulaire, traversent encore :

1° *Un économiseur* à tubes d'acier réchauffant l'eau d'alimentation avant son entrée dans la chaudière et lui-même alimenté en eau à une pression voisine de 50 kg/cm²; cette eau, en provenance des turbines, est parfaitement distillée, dégazée et préalablement réchauffée à 140°, ainsi que nous le verrons plus loin;

2° *Un réchauffeur d'air* à tubes d'acier parcourus par l'air en sens inverse de celui des gaz et assurant le réchauffage de l'air de combustion jusqu'à une température de 130°. Cet air chaud alimente ensuite la chambre d'air placée autour des brûleurs.

Les ventilateurs et les distributeurs à charbon. — Les gaz débarrassés au mieux de leurs calories utilisables et dont la température n'excède pas 150° à l'allure poussée des chaudières, sont repris par des ventilateurs de tirage au nombre de deux par chaudière, montés en parallèle sur le même arbre, et entraînés par un moteur unique de 560 CH.

L'air nécessaire à la combustion pris dans la salle est soufflé dans le réchauffeur d'air par quatre ventilateurs montés en parallèle sur le même arbre et entraînés par un moteur unique de 250 CH.

Ces ventilateurs sont à vitesse variable en fonction de l'allure de la chaudière. Ce réglage de vitesse est obtenu en alimentant les moteurs à tension variable de 100 à 500 V au moyen de groupes dévolteurs sur lesquels agissent les organes de réglage.

Un ventilateur d'air primaire, d'une puissance de 55 CH, effectue une ponction continue d'air chaud à la sortie du réchauffeur d'air et le refoule jusqu'aux distributeurs à charbon et aux brûleurs. Les distributeurs sont du type à plateaux, au nombre de cinq; ils sont suspendus sous la trémie de réserve du charbon pulvérisé et entraînés par un moteur unique de 15 CH dont ils peuvent être rendus solidaires ou indépendants au moyen d'embrayages individuels. Ils assurent ainsi la répartition du combustible convenablement mélangé à l'air primaire, entre les brûleurs.

Nous n'insisterons pas sur la position relative des différents appareils que nous venons de décrire, car ils sont tous parfaitement visibles sur les coupes générales des planches I et II. Nous remarquerons seulement combien la disposition générale est judicieuse et correspond au minimum de place perdue.

Le contrôle automatique de la chauffe. — Le réglage général des chaudières d'une même chaufferie est normalement assuré par un système de contrôle automatique qui assure la répartition du débit de vapeur entre les différentes unités. Une série d'organes, tant mécaniques qu'électriques, réalisent en même temps, en fonction du débit de vapeur de la chaudière, le réglage des différents appareils auxiliaires de combustion (ventilateurs et distributeurs de charbon), de manière à obtenir à chaque instant les conditions optima de combustion.

Ces différents appareils de réglage sont rassemblés à l'intérieur d'un pupitre général de manœuvre placé en avant de la chaudière (fig. 6); celui-ci

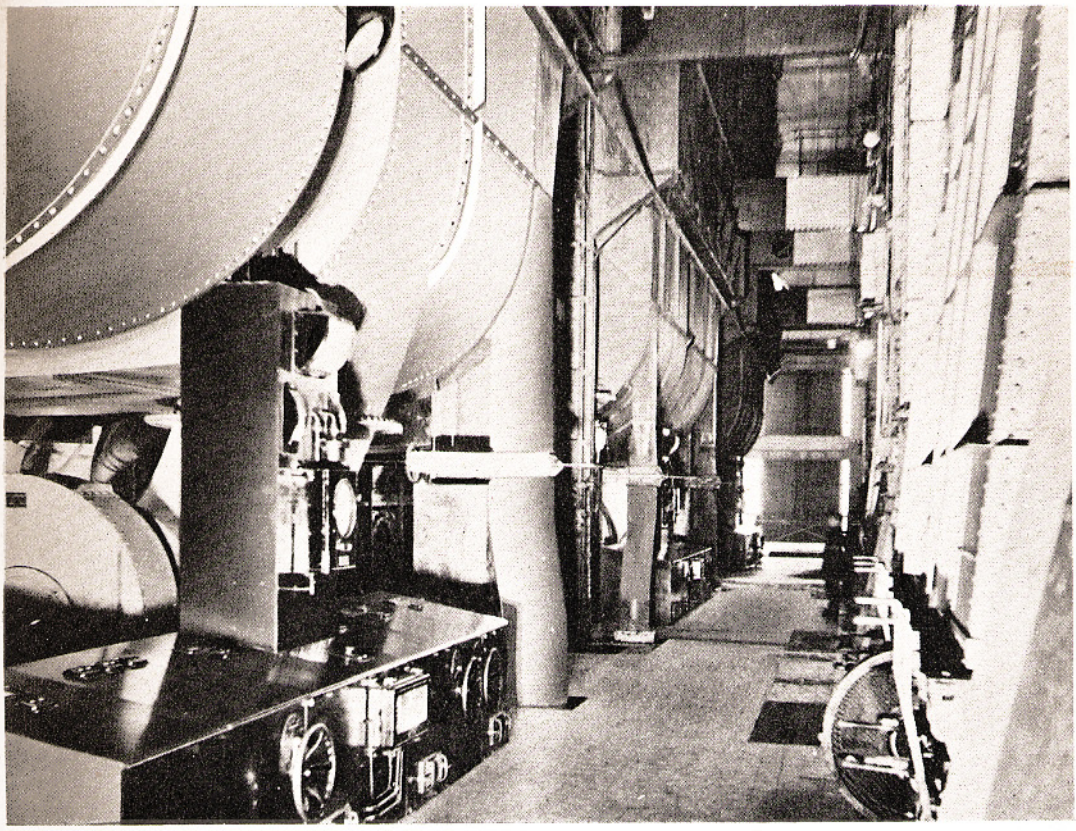


Fig. 6. — Une rue de chauffe.

porte en même temps les appareils de mesure assurant le contrôle de la marche de la chaudière. Dans ces conditions, le rôle normal du personnel de service est réduit à la surveillance de ces appareils; toutefois, une manœuvre simple permet à chaque instant d'isoler une chaudière quelconque et d'effectuer le réglage manuel à distance de tout ou partie de ses auxiliaires depuis ce pupitre de manœuvre.

Ce système de contrôle, entièrement automatique, se rencontre dans certaines centrales américaines mais n'a jamais été réalisé en Europe à une semblable échelle; il permet d'obtenir les meilleures conditions d'exploitation avec un personnel extrêmement réduit.

Le dépoussiérage des fumées. — Les gaz sortant des ventilateurs de tirage sont, avant leur envoi dans la cheminée, débarrassés de la plus grande partie de leurs poussières au moyen de dépoussiéreurs hydrauliques à ruissellement assurant la précipitation et l'entraînement par l'eau de plus de 90 % des poussières. Cette eau chargée de suies est ensuite collectée à la base des appareils et conduite par gravité jusqu'à une fosse de décantation placée à proximité de l'usine.

Caractéristiques des dépoussiéreurs pour une chaudière :

Débit de gaz dépoussiérés	75 m³/sec de gaz à 150°
Consommation d'eau	0,250 l par m³ de gaz
Perte de charge.....	15 mm d'eau

L'enlèvement des mâchefers. — A la base de la trémie de la chaudière, les mâchefers tombent directement en caniveaux où ils sont repris par une violente chasse d'eau qui les entraîne jusqu'à une fosse de décantation

placée le long de la chaufferie (planche II); dans cette fosse, les mâchefers se déposent et l'eau est reprise en circuit fermé par des pompes spéciales; les mâchefers, de leur côté, sont repris par un portique à benne preneuse et peuvent être évacués soit par wagon, soit par camion.

Nous indiquerons encore que le ramonage des suies à l'intérieur du faisceau de la chaudière se fait au moyen de pulsato-souffleurs rotatifs alimentés en air comprimé à 10 kg.

Les tuyauteries haute pression. — Les tuyauteries d'eau d'alimentation à haute pression (50 kg/cm² 140°) et les tuyauteries de vapeur (35 kg 450°) sont exécutées en tubes d'acier très épais (certains atteignent une épaisseur de 20 mm). La jonction des éléments de tuyauteries entre eux se fait par joint métal sur métal, complété par une soudure d'étanchéité. Les boulons de serrage des brides sont en acier spécial, capable de résister aux hautes températures de l'installation.

Les deux sorties de vapeur de chaque chaudière se réunissent en un

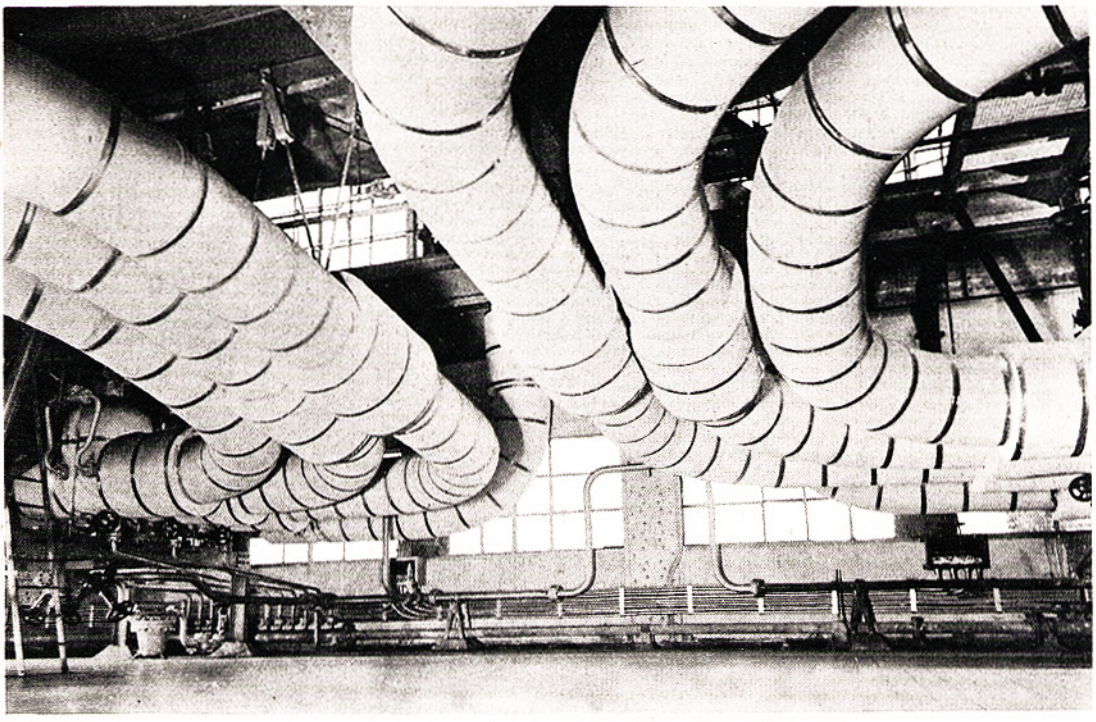


Fig. 7. — Les tuyauteries de vapeur à haute pression

collecteur unique et les trois collecteurs d'une même file de chaudières aboutissent à un barillet de répartition de la vapeur (fig. 7) d'où s'effectuent les départs de vapeur vers les différentes turbines; un tuyau de 400 mm d'orifice assure d'ailleurs l'intercommunication entre les différents barillets. Toutes ces tuyauteries sont parcourues par la vapeur à une vitesse qui atteint 60 m/sec et leur tracé a été étudié de manière à assurer leur libre dilatation en fonction de la température élevée qui y règne. De plus, certains tuyaux de grand diamètre sont ondulés par forgeage à chaud, de manière à augmenter leur élasticité. Enfin, toutes ces tuyauteries sont soigneusement calorifugées afin de réduire au minimum les déperditions de température entre chaudières et turbines.

Toutes les vannes principales de vapeur sont commandées à distance par air comprimé.

V. — La salle des machines.

Lorsqu'on la découvre du haut de la passerelle du bâtiment d'administration qui la domine, la salle des machines apparaît sous la forme d'une immense nef admirablement dégagée. C'est cette vue générale que reproduit la figure 8. Les fermes qui en composent l'ossature sont en forme de portiques montés sur rotules, de 35 m de largeur et 25 m de hauteur sous voûte. Construite actuellement par quatre groupes dont les deux premiers sont en service et le troisième en cours de montage (fig. 8), cette salle mesure 90 m de longueur. Elle sera doublée ultérieurement. Le niveau des machines est établi à 3 m au-dessus du sol général de l'usine et deux étages de sous-sol contiennent les différents auxiliaires des groupes.

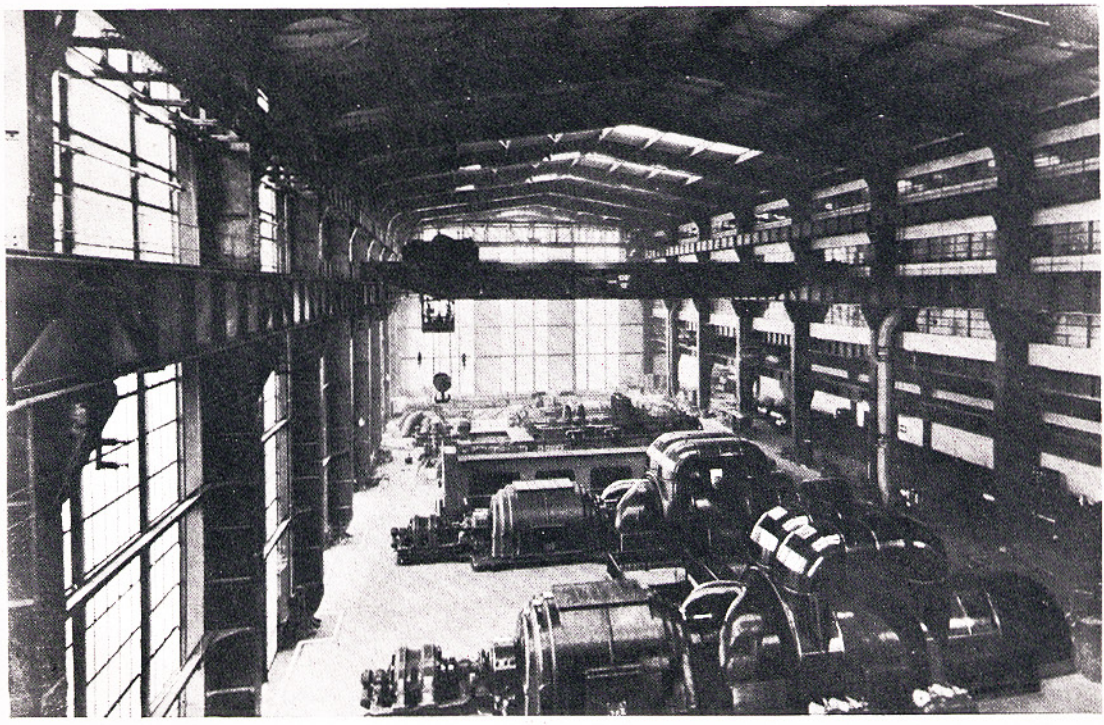


Fig. 8. — Vue générale de la salle des machines.

1° Les groupes principaux.

Les **turbo-alternateurs** (fig. 9) sont tous identiques et interchangeables dans toutes leurs parties; leurs caractéristiques sont les suivantes :

Puissance maximum disponible	55.000 kw
Puissance économique	45.000 kw
Vitesse de rotation	1.500 t/min
Caractéristiques de la vapeur à l'admission	33 kg 425°
Consommation de vapeur garantie	4,3 kg par kwh
Puissance de l'alternateur	55.000 kw / 75.000 kva
Tension aux bornes de l'alternateur	13.500 V triphasée
Fréquence	50 per/sec

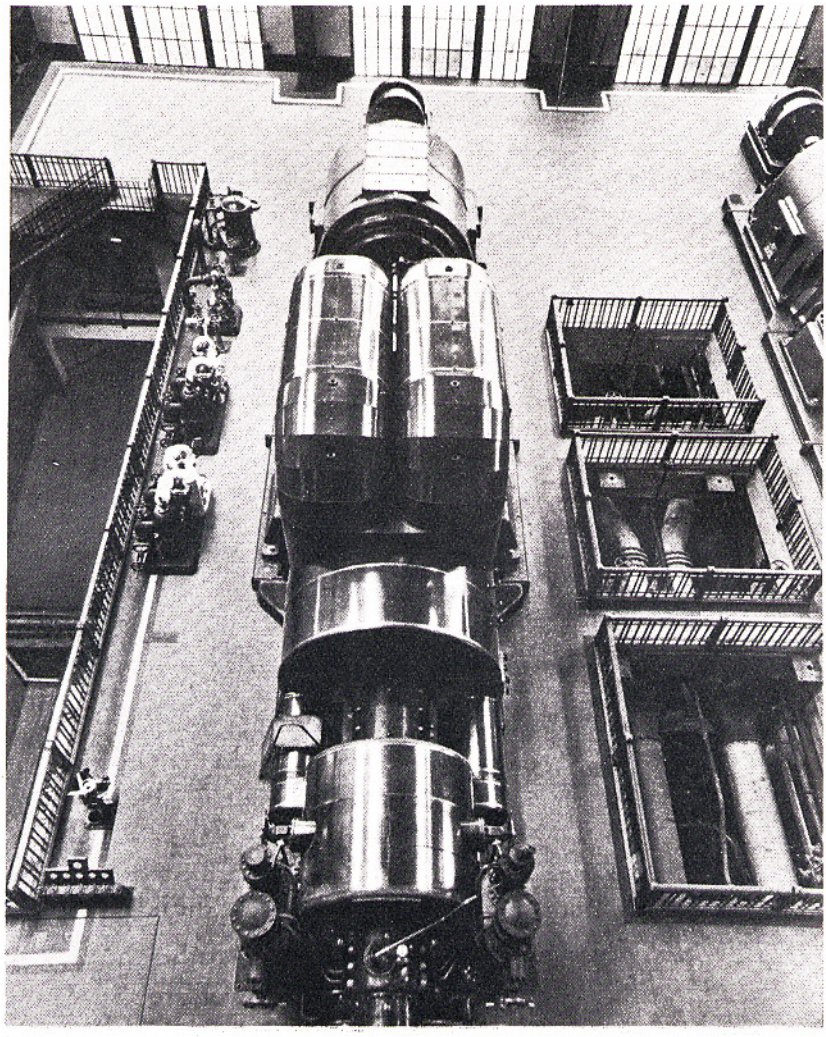


Fig. 9. — Groupe turbo-alternateur de 55.000 kw.

Sur une même ligne d'arbres de 28 m de longueur totale, nous trouvons les machines ci-après composant un groupe :

a) *La turbine*, à trois corps (planche III), du type à roues à action, qui se subdivise en :

— Turbine haute pression avec 9 étages de détente de la vapeur;

— Turbine moyenne pression avec 11 étages de détente;

— Turbine basse pression avec quatre étages, deux à deux symétriques, la vapeur se déversant ensuite, par deux échappements doubles, dans les condenseurs.

Cette turbine comporte quatre prélèvements de vapeur à diverses pressions servant à l'alimentation du poste d'eau, dont nous parlons plus loin.

Tous les appareils indicateurs ou enregistreurs de pression ou de température nécessaires à la conduite de la turbine sont rassemblés en tête de celle-ci et montés, soit directement sur le corps haute pression, soit sur un panneau vertical placé à proximité.

b) *L'alternateur* dont les bornes sont directement connectées, sans

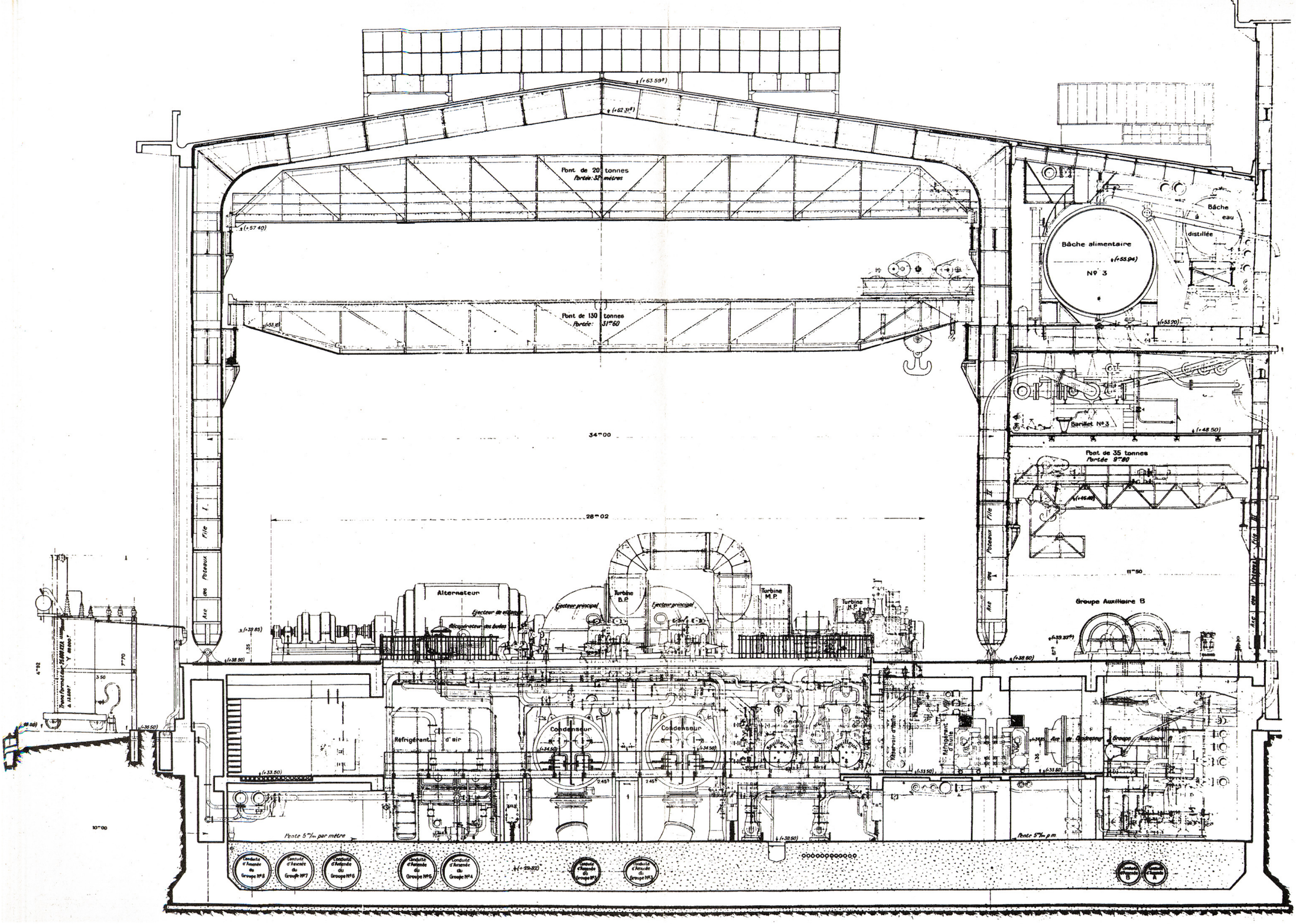


Planche III. — Salle des machines. — Coupe transversale au droit du groupe principal n° 3.

l'interposition d'aucun organe de coupure, aux transformateurs élévateurs 13.500 V/60.000 V.

L'air de ventilation de l'alternateur est refroidi en circuit fermé par un réfrigérant à surface parcouru par l'eau condensée du groupe. En outre, des éléments réfrigérants de secours, alimentés en eau brute, assurent encore le refroidissement en cas de perturbation sur le circuit d'eau condensée.

Nous citerons en passant le poids formidable du stator d'alternateur qui atteint 130 tonnes. Ses dimensions ont exigé de le livrer en plusieurs parties, de l'assembler et de le bobiner entièrement sur place.

c) *Une machine auxiliaire,* comprenant sous une même carcasse l'excitatrice de l'alternateur et une génératrice à courant continu 500 V, d'une puissance de 1.000 kW; cette génératrice alimente en circuit séparé la pompe de circulation et les pompes d'extraction de la turbine correspondante. Cette disposition permet d'éviter l'entraînement de ces pompes, qui sont de première sécurité pour la marche du groupe, par des turbines spéciales à vapeur.

d) *L'excitatrice d'excitatrice,* organe sur lequel agissent les appareils de réglage de la tension.

Les transformateurs sont placés à l'extérieur de la salle des machines, le long de la façade principale de la rue Edith-Cavell. Chaque groupe comprend trois éléments monophasés de 25.000 kVA, à bain d'huile et refroidissement par circulation d'eau. Ils sont reliés du côté haute tension, par des câbles souterrains, aux disjoncteurs du groupe dans le tableau des départs. Ces câbles dont la section utile est de 475 mm² sont du type creux à bain d'huile.

Les condenseurs sont au nombre de deux pour chaque groupe et alimentés en parallèle par une seule conduite de 1.500 m de diamètre. Chacun d'eux a 3 m de diamètre, 6 m de longueur, 1.700 m² de surface et ils assurent ensemble la condensation de 200 tonnes de vapeur à l'heure, sous un vide de plus de 96 %. Ce vide est maintenu par de puissants éjecteurs à vapeur alimentés en vapeur vive à 33 kg et 425°. Ces éjecteurs sont du modèle à récupération totale avec refroidissement par l'eau condensée du groupe.

Le poste d'eau est l'ensemble des appareils alimentés par les quatre prélèvements de vapeur de la turbine et assurant les opérations ci-après :

1° La distillation de l'eau d'appoint;

2° Le réchauffage et le dégazage total de l'eau condensée avant son envoi aux bâches et aux chaudières.

La distillation de l'appoint nécessaire pour parer aux pertes du circuit est assurée par deux *bouilleurs* évaporateurs travaillant en double effet et capables de fournir ainsi 6.800 kg d'eau distillée à l'heure, soit environ 3 1/2 % du poids total d'eau du circuit. Exceptionnellement, cet appoint peut être porté à 6 %, en faisant fonctionner les appareils en parallèle. L'alimentation des bouilleurs se fait en eau de Seine préalablement épurée chimiquement au carbonate de soude.

Nous n'avons pas besoin d'insister sur l'importance de cette distillation destinée à éviter l'alimentation des chaudières en eau chargée de sels capables de former des dépôts incrustants et d'attaquer les chaudières.

L'eau condensée, qui s'est déjà réchauffée de quelques degrés en traversant le réchauffeur d'air d'alternateur et les éjecteurs, est encore chauffée en quatre étages successifs :

— 2 étages de réchauffeurs à surface portant l'eau à 90° environ;

— 1 étage constitué par le *dégazeur* à vapeur, portant l'eau à 106° et assurant pour un poids total d'eau de 225 tonnes à l'heure environ, l'extraction quasi totale de l'air occlus. Nous rappelons que cette opération

est nécessaire sur un circuit d'eau distillée pour éviter la corrosion des chaudières par l'oxygène contenu dans l'eau;
— 1 dernier étage de réchauffage portant l'eau à 140° avant l'envoi aux bâches alimentaires.

La circulation de l'eau dans ces divers appareils est assurée par la pompe d'extraction des condenseurs qui refoule depuis ceux-ci jusqu'au dégazeur inclus et par la pompe d'extraction du dégazeur qui refoule à travers le réchauffeur dernier étage jusqu'aux bâches, à la pression de 3,5 kg absolus, suivant le schéma de la planche V. Par mesure de sécurité, ces pompes d'extraction sont installées en double. Leur vitesse est réglée automatiquement en fonction du débit d'eau condensée, de manière à maintenir les niveaux nécessaires dans les différents appareils.

Un tel ensemble comporte un réseau de tuyauteries extrêmement compliqué dont le schéma ne donne qu'une faible idée; en particulier, des circuits de by-pass permettent d'isoler momentanément l'un ou l'autre des appareils sans immobiliser le reste du poste. Toutes les vannes principales d'isolement sont à commande à distance par huile à la pression de 18 kg. Cependant, la conduite d'un tel poste d'eau est facilitée par le fait qu'on a rassemblé sur un panneau général placé en sous-sol, à proximité des pompes d'extraction, les distributeurs de commande à distance des vannes avec les lampes de signalisation donnant leur position et tous les appareils indicateurs et enregistreurs de pression et de température nécessaires au contrôle du fonctionnement des appareils.

Les travaux de montage et démontage de la salle des machines sont assurés par deux **ponts roulants**, d'une portée de 32 m entre rails de roulement (fig. 8). L'un d'eux est capable de manutentionner un stator d'alternateur complet, d'un poids de 130 tonnes et porte en outre deux crochets auxiliaires de 10 tonnes. L'autre, superposé au premier, a une force de levage de 20 tonnes.

2° Les services auxiliaires.

Toute la distribution des auxiliaires de l'usine est établie en COURANT CONTINU 500 V permettant presque partout l'adoption de moteurs à vitesse variable, en vue de réaliser d'importantes économies de puissance aux allures réduites des appareils. Ces moteurs sont, suivant leur destination, soit du type protégé, soit blindés auto-ventilés, soit blindés étanches.

Les groupes générateurs. — Ces groupes sont rassemblés au même plancher que les groupes principaux, dans une travée latérale de 11 m 50 de largeur (Planches III et IV). Ils comprennent :

Deux *groupes convertisseurs* de 2.000 kW chacun, composés d'une génératrice à courant continu, entraînée par un moteur asynchrone à 3.000 V, à la vitesse de 594 t/mn; celui-ci est alimenté par un poste extérieur de transformateurs 13.500 V/3.000 V, placés à la suite des transformateurs principaux.

Ces transformateurs sont eux-mêmes alimentés par un réseau de distribution générale indépendant de l'usine, ce qui permet d'assurer avec ces groupes le démarrage de l'usine en cas d'arrêt total.

Deux *groupes turbo-dynamos* (fig. 10), de 4.000 kW chacun, comportant une turbine à deux corps, du type mixte, avec roues à action et tambours à réaction, échappant dans un condenseur de 400 m²; cette turbine est alimentée en vapeur à 33 kg et 425° C et tourne à la vitesse de 3.000 t/mn. L'eau condensée extraite du condenseur est refoulée aux circuits des postes d'eau des groupes principaux pour être réchauffée et dégazée. Chaque turbine entraîne, par l'intermédiaire d'un réducteur de vitesse double, deux génératrices identiques de 2.000 kW, tournant à la vitesse de 594 t/mn.

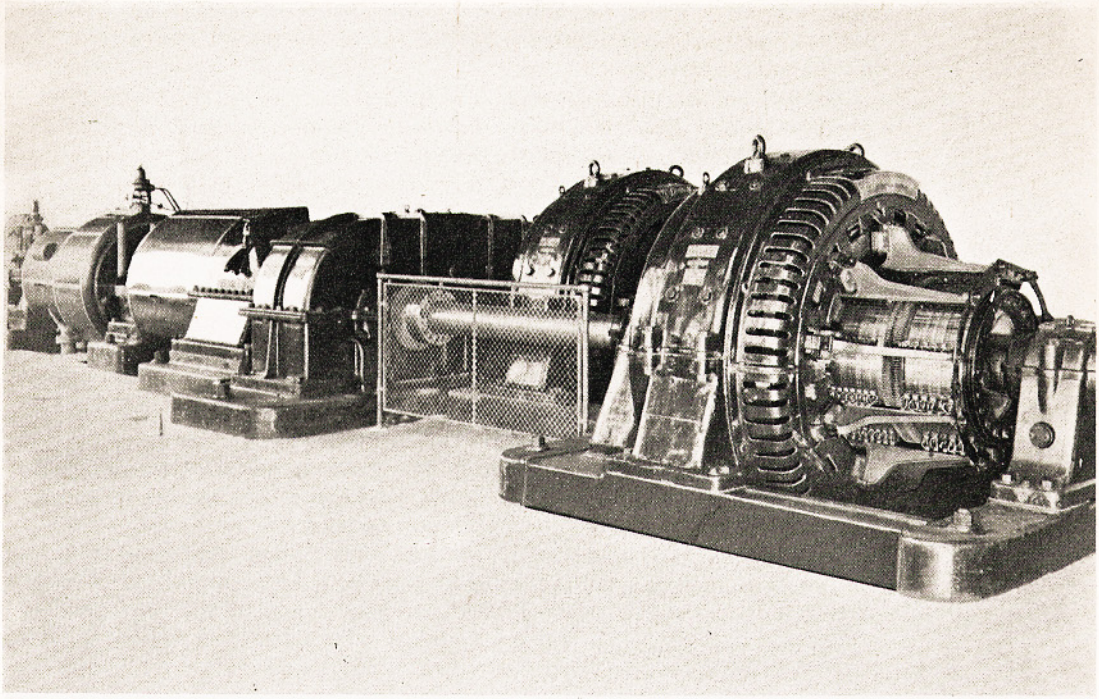


Fig. 10. — Groupe turbo-dynamo de 4.000 kw.

Un troisième groupe turbo-dynamo, identique aux premiers, doit être prochainement installé pour correspondre à la deuxième tranche.

Nous rappelons aussi pour mémoire les *génératrices auxiliaires* de 1.000 kW, placées en bout d'arbre des groupes principaux et dont nous avons indiqué précédemment le rôle particulier.

Dans cette travée des auxiliaires se trouvent encore deux groupes *compresseurs* de 300 ch chacun, alimentant en air comprimé à 10 kg les appareils de ramonage des suies des chaudières et un réseau général de distribution dans la chaufferie et la salle des machines, pour le soufflage des appareils et la manœuvre à distance de trappes, vannes, etc.

Cette travée des auxiliaires est desservie, pour les travaux de montage et de démontage, par un pont roulant de 35 tonnes.

La distribution à 500 volts. — Le nœud de cette distribution est constitué par un important jeu de barres établi dans le sous-sol de la salle des machines et sur lequel sont branchées toutes les machines génératrices et les principaux départs vers les centres de distribution aux moteurs. Le jeu de barres est constitué par une série de barres d'aluminium dont la section totale atteint 10.000 mm². Les branchements principaux sont faits au moyen de disjoncteurs dans l'air, de grande capacité, montés dans des cabines mobiles et connectés aux barres au moyen de mâchoires appropriées, de telle sorte qu'une cabine avariée peut instantanément être remplacée par une autre semblable. La commande de ces disjoncteurs se fait à distance du tableau de contrôle et de nombreux verrouillages assurent l'asservissement nécessaire pour éviter les fausses manœuvres.

Chacun des centres locaux de distribution comporte une série de cabines blindées qui renferment, pour chaque moteur, les organes de démarrage

automatique : panneaux de contacteurs et résistances de démarrage, ainsi que les organes de protection. Grâce à ce système d'appareillage automatique, chaque moteur est démarré ou arrêté par la seule manœuvre d'un bouton-poussoir.

Toutes les liaisons du réseau à 500 V sont établies en câbles armés, isolés au papier avec un fort coefficient de sécurité et atteignent souvent des sections utiles de plusieurs milliers de mm².

VI. — Les bâches et les pompes alimentaires.

Elles sont placées dans la même travée que les groupes auxiliaires. La travée des bâches est à 13 m environ au-dessus du plancher principal de la salle des machines (planche III), mais entièrement séparée de celle-ci et communiquant directement avec la chaufferie. Les pompes au contraire sont dans le sous-sol de cette travée des auxiliaires.

Les bâches alimentaires. — A la sortie du réchauffeur dernier étage des postes d'eau, l'eau réchauffée à 140° est refoulée aux bâches de réserve d'eau d'alimentation qui constituent le volant d'eau de l'usine entre les groupes et les chaudières. Ces bâches sont entièrement fermées et forment de grands cylindres à fonds hémisphériques de 4 m de diamètre, 20 m de longueur et 250 m³ de capacité chacune. Elles fonctionnent sous pression de 3,5 kg abs., correspondant à l'équilibre entre l'eau et la vapeur à 140°. Ces bâches assurent en parallèle l'alimentation des collecteurs d'aspiration des pompes alimentaires.

Dans la même travée on trouve encore :

Une bâche-relais d'eau épurée chimiquement, qui assure l'alimentation des bouilleurs évaporateurs des divers groupes.

Une bâche de réserve d'eau distillée, qui alimente les joints hydrauliques d'étanchéité des turbines.

Des bâches peseuses qui permettent d'effectuer des essais précis de rendement ou de consommation, soit sur les chaudières, soit sur les turbines.

Immédiatement en dessous des bâches se trouve l'entrepont des *barillets* et tuyauteries de vapeur haute pression dont nous avons parlé plus haut (planche III).

Les pompes alimentaires constituent le « cœur » de l'usine, c'est-à-dire l'organe de première sécurité dont l'arrêt provoque la paralysie complète de l'usine. Aussi, leur installation a été traitée avec le plus grand souci de sécurité et comporte actuellement quatre pompes à commande électrique et deux turbopompes à vapeur de secours. Les premières sont du type multicellulaire à six roues, tournant à 2.100 t/min et entraînées par l'intermédiaire d'un multiplicateur de vitesse à engrenages par un moteur de 750 CH à 800 t min; cette vitesse peut d'ailleurs être réglée de manière à réaliser un gain appréciable de puissance dans le fonctionnement à régime réduit. Les turbo-pompes sont alimentés en vapeur vive à 33 kgc/m² et 425° C et tournent à 6.000 t/mn. Chacune de ces pompes a un débit maximum de 250 T H d'eau à 140° correspondant au débit d'un poste d'eau ou à l'alimentation de deux chaudières. A noter que les courbes caractéristiques débit-pression de ces pompes sont « tombantes » depuis l'origine, ce qui assure un fonctionnement parfaitement stable et permet la marche en parallèle de plusieurs pompes sans « coups de bélier » dans les tuyauteries. Ces pompes refoulent à une pression voisine de 50 kg/cm² dans les collecteurs d'alimentation des chaudières ; ceux-ci sont doubles : un collecteur d'alimentation normale et un collecteur de secours.

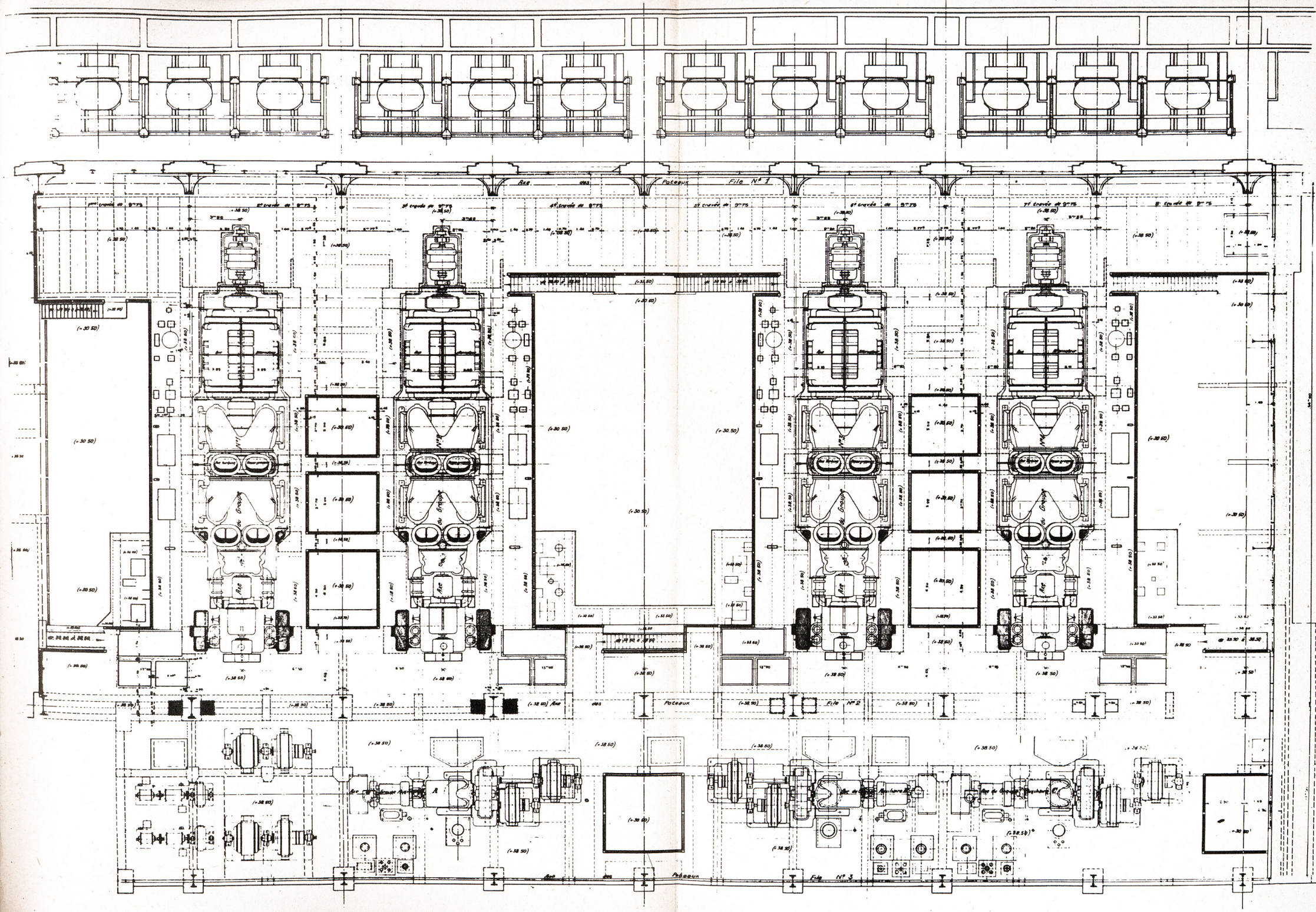


Planche IV. — Vue en plan de la salle des machines.

Deux nouvelles pompes électriques, semblables aux premières, sont en cours d'installation pour la deuxième tranche.

A proximité des pompes alimentaires se trouve le **poste de récupération des purges** haute pression et des vapeurs d'échappement des turbo-pompes alimentaires. De grands ballons équipés en condenseurs par mélange remplissent cet office et l'eau ainsi collectée sert de source chaude aux réchauffeurs par surface des circuits de distribution d'eau chaude et de chauffage central de l'usine. Enfin, cette eau est reprise par un poste spécial de pompes qui la réintroduisent dans les circuits des groupes principaux en amont des dégazeurs.

VII. — Tableau haute tension et tableau de contrôle.

Le **tableau haute tension** à 60.000 V assure la liaison entre les groupes générateurs et le réseau de distribution au moyen de départs souterrains à 60.000 V, constitués chacun par trois câbles unipolaires de 250 mm² de section. Ces départs sont actuellement au nombre de huit :

Deux feeders vers le poste de couplage de Villejuif;
Deux feeders vers le poste de distribution et l'usine de Vitry-Nord;
Deux feeders vers le poste de distribution de Romainville;
Deux feeders vers le poste de distribution d'Essonnes.

Ces différentes liaisons assurent, en même temps que la distribution du courant produit par l'usine, l'interconnexion avec les autres sources d'énergie du réseau.

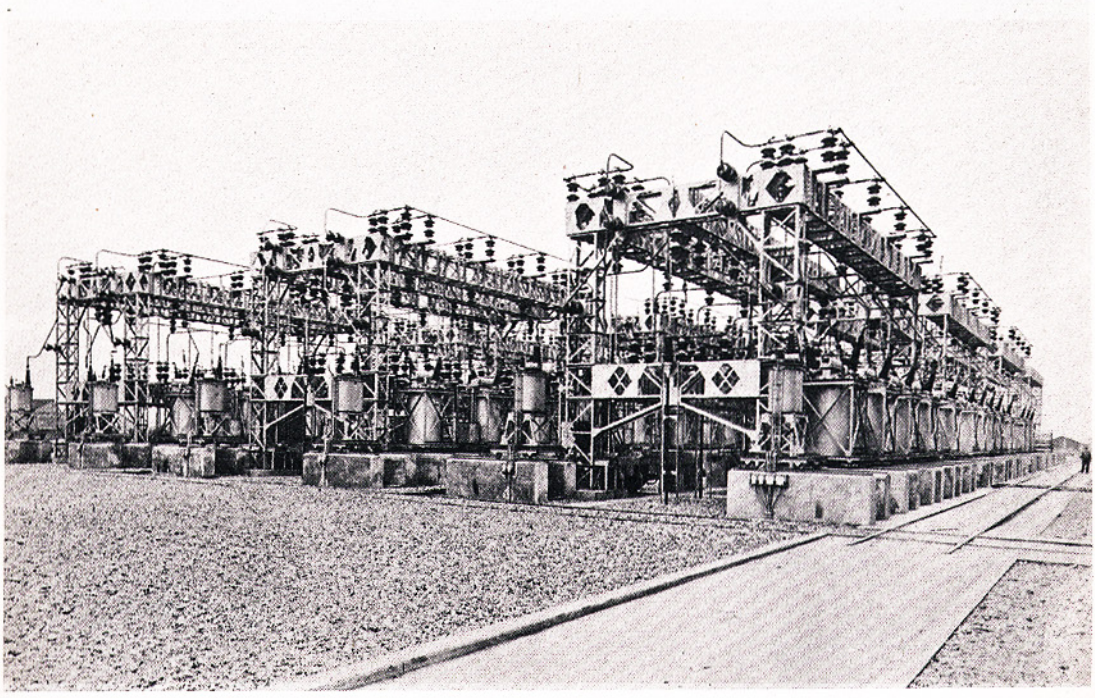


Fig. 11. — Vue générale des trois phases du tableau à haute tension.

Ce tableau ne comporte que des installations du type extérieur (outdoor) (fig. 11); il est disposé suivant le principe dit des « PHASES SÉPARÉES » dont c'est la première réalisation en Europe à cette tension et à de pareilles

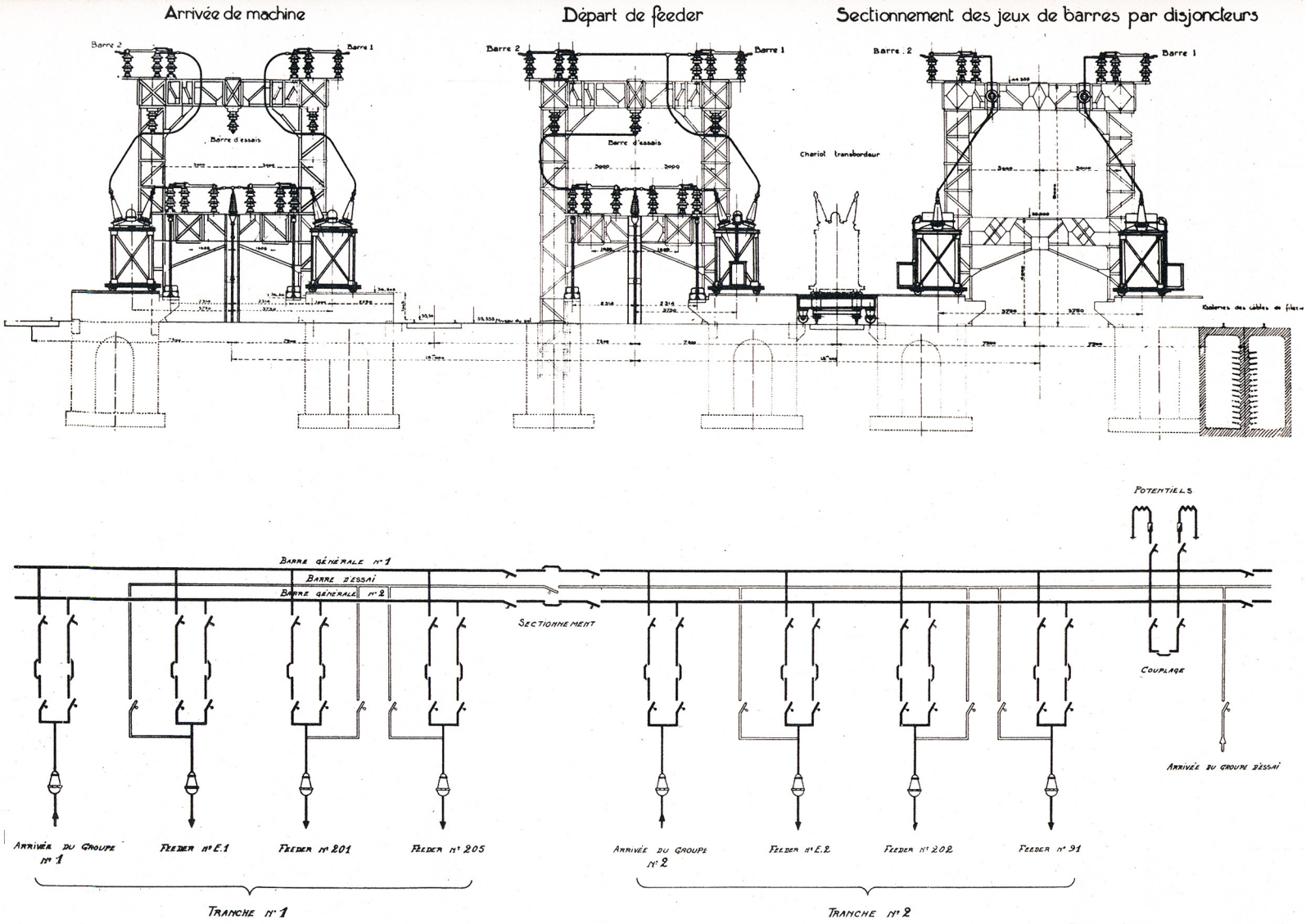
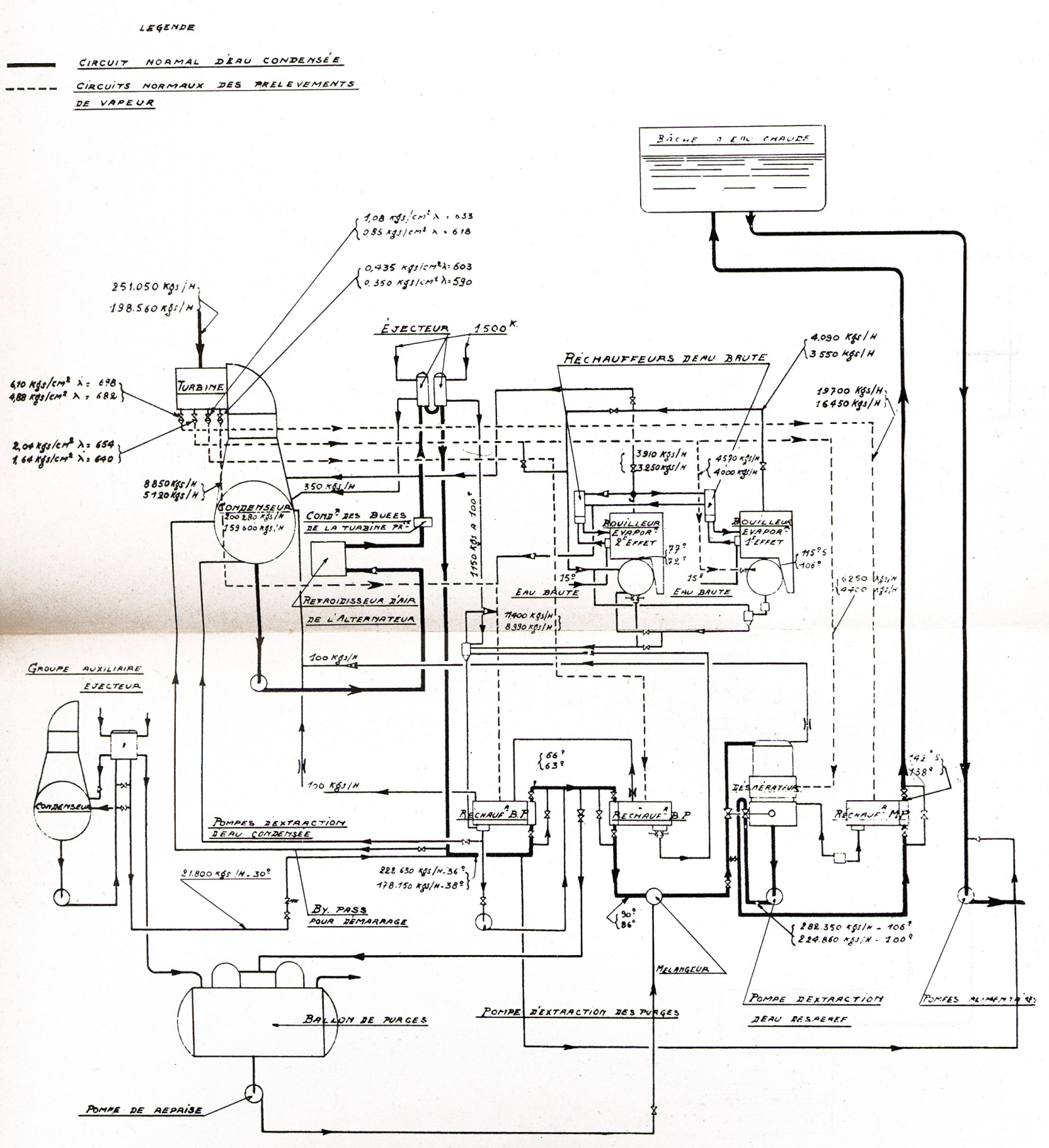


Fig. 12 et 13. — Coupe et schéma de principe du tableau haute tension.



NOTA : LES CHIFFRES DONNES SUR CE SCHEMA SE RAPPORTENT AUX DEUX CHARGES DE 45.000 ET 55.000 KW DU GROUPE

PRODUCTION D'EAU DISTILLÉE { 6.800 Kgs/H A LA CHARGE DE 45.000 KW
8.000 Kgs/H A LA CHARGE DE 55.000 KW.

Planche V. — Schéma d'un poste d'eau.

dimensions : les trois phases de l'installation sont complètement indépendantes, de telle sorte que toutes les barres, les connexions et l'appareillage correspondant à une même phase sont rassemblés dans une même travée largement espacée des autres, comme le montre la coupe générale de la figure 12. Cette disposition, qui permet un groupement particulièrement judicieux des appareils, a pour but d'assurer une plus grande sécurité d'exploitation; elle supprime en effet toute chance d'incident entre phases et seuls sont possibles les incidents entre phase et terre dont les conséquences sont en général peu graves, grâce aux dispositifs de protection existants. La probabilité de ces incidents est d'ailleurs réduite au minimum, un très grand coefficient de sécurité ayant été admis pour l'isolement des parties sous tension.

Le tableau est subdivisé en sections élémentaires comprenant chacune une arrivée de machine et trois départs, suivant la disposition du schéma de la figure 13 qui se rapporte à une seule phase et aux deux premières sections. Sur ce schéma, on note l'existence de trois jeux de barres — deux jeux de barres principaux, pour le service normal et un jeu de barres d'essai — et la disposition des jeux de disjoncteurs et de sectionneurs permettant de brancher chaque machine ou feeder sur l'un ou l'autre des jeux de barres.

Les *interrupteurs-disjoncteurs*, établis sur des massifs en béton, sont du type à trois pôles séparés, à bain d'huile; certains d'entre eux atteignent une puissance de coupure de 1.500.000 kVA, modèle le plus puissant réalisé jusqu'à ce jour en Europe et à cette tension.

Les barres de connexion et les sectionneurs sont portés par une charpente légère. Les *sectionneurs* sont, pour la plupart, munis d'une commande à distance par moteur électrique; une seule manœuvre assure le fonctionnement en cascade des trois couteaux constituant un jeu de sectionneurs.

Le tableau de contrôle, établi dans le bâtiment d'administration, au-dessus de la station de pompage (voir fig. 5), est — suivant une formule moderne — entièrement séparé du reste de l'usine. Cette salle, qui constitue le « cerveau » de l'usine, est fermée de tous côtés par les panneaux métalliques qui portent les appareils et éclairée uniquement par le plafond entièrement vitré. Ses dimensions imposantes et sa disposition générale produisent sur le visiteur qui la traverse une profonde impression (fig. 14). Son équipement a été réalisé d'une façon particulièrement heureuse.

Il comporte, d'un côté, les pupitres des groupes principaux sur lesquels se trouvent les organes de réglage des groupes, ainsi que les organes de manœuvre des appareils du tableau haute tension — tirettes pour les disjoncteurs et clés pour les sectionneurs — Ceux-ci sont répartis sur un schéma du tableau 60.000 V, du type « aveugle », c'est-à-dire que les lampes de signalisation sont toutes éteintes lorsque la position des différents appareils est en concordance avec le schéma; cette disposition permet de contrôler facilement toutes les manœuvres et les incidents d'exploitation. En outre, de nombreux verrouillages entre les circuits de manœuvre, et spécialement entre ceux des disjoncteurs et des sectionneurs, assurent une grande sécurité d'exploitation.

Tous les appareils de mesure à lecture directe sont placés en arrière de ces pupitres, sur des panneaux verticaux.

De l'autre côté, les pupitres des groupes auxiliaires portent le schéma général du réseau à 500 V. On y trouve les organes de réglage des groupes et les tirettes de manœuvre des principaux circuits à 500 V, avec signalisation et verrouillages, suivant le même principe que pour la haute tension. Les appareils de mesure correspondants sont placés en arrière sur des panneaux verticaux.

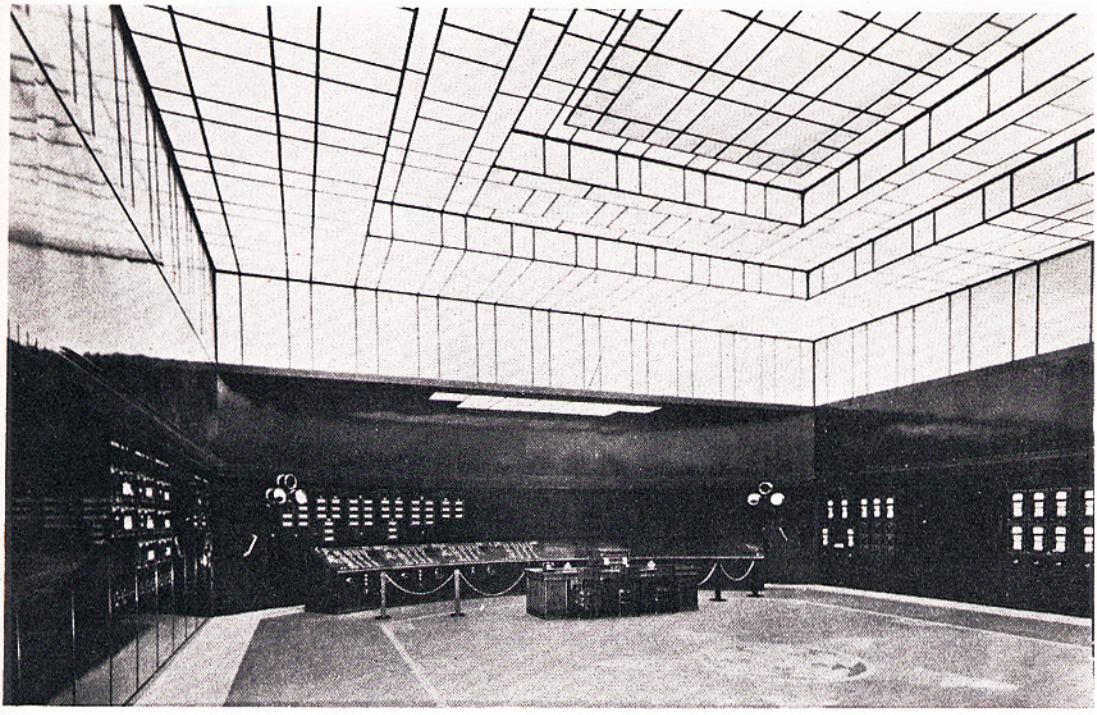


Fig. 14. — Vue de la salle de contrôle.

Enfin, la fermeture de la salle est complétée par les panneaux verticaux qui portent les relais de protection, les wattmètres enregistreurs et les compteurs de puissance.

Des transmetteurs d'ordres électriques relient les pupitres aux tableaux individuels des machines.

Indépendamment du réseau téléphonique automatique intérieur à l'usine, un autre réseau, également automatique, assure les liaisons avec les sous-stations du réseau et le *dispachting* central installé au siège de la société.

En dessous de cette salle règne un entrepont dans lequel se fait la répartition de la filerie de manœuvre et de contrôle, alimentée en courant continu 125 V; d'innombrables câbles armés et isolés au papier assurent les liaisons soit vers les machines et le réseau des auxiliaires à 500 V, soit vers le tableau haute tension.

Au même étage que le tableau de contrôle se trouvent les bureaux, ainsi qu'un laboratoire chargé du contrôle courant des appareils de mesure et de la vérification de la bonne marche des différentes parties de l'installation par des essais simples sur le charbon, l'eau, etc.

VIII. — Les bâtiments annexes.

Ceux-ci comprennent essentiellement :

— Un magasin général, destiné à recevoir tout le petit matériel et desservi par un pont roulant de 3 tonnes.

— Un magasin aux pièces lourdes, desservi par la voie ferrée et muni d'un pont roulant de 35 tonnes.

— Un atelier de chaudronnerie et un atelier de mécanique munis de machines-outils modernes, permettant d'effectuer les travaux courants de réparation et d'entretien.

Ces ateliers sont desservis également par l'embranchement ferré et par le pont roulant de 35 tonnes spécifié ci-dessus.

— Un petit atelier électrique destiné à l'entretien des moteurs et génératrices.

— Les bâtiments du personnel, aménagés avec le plus grand souci d'hygiène, comportant des vestiaires, lavabos, douches, réfectoires avec cuisine électrique, salle de conférence, infirmerie, locaux réservés aux ingénieurs, etc.

— Un bâtiment de stockage et de traitement des huiles de graissage et des huiles d'isolement électrique; un réseau de canalisations de distribution relie ce poste aux différents points d'utilisation.

— Un bâtiment de service électrique contenant :

a) Les batteries d'accumulateurs à 125 V alimentant les circuits de manœuvre et de contrôle et les circuits d'éclairage de secours, avec leurs groupes de charge montés en tampon sur les batteries;

b) Les groupes d'éclairage normal de l'usine en courant continu 125 V;

c) Un régulateur d'induction permettant l'essai en tension progressive jusqu'à 70.000 V des appareils haute tension, la vérification des relais de protection et la recherche des défauts sur les câbles du réseau à 60.000 V. Tous ces bâtiments sont nettement visibles sur la figure 2.

IX. — Les travaux d'extension.

Nous avons cité au cours de notre exposé les différentes machines en cours de montage pour la réalisation de la deuxième tranche de travaux qui doit porter la puissance installée à 220.000 kW. Ces nouvelles unités doivent entrer progressivement en service à partir du printemps 1932. Rappelons qu'il s'agit essentiellement de : deux groupes principaux de 55.000 kW identiques aux premiers, équipés avec leurs condenseurs et leurs postes de réchauffage, dégazage et distillation; un troisième groupe auxiliaire de 4.000 kW, ainsi qu'une deuxième chaufferie identique à la première, pour laquelle trois chaudières sont en cours de montage avec leurs auxiliaires et leur poste de broyage du charbon, les trois autres ne devant être installées qu'ultérieurement.

D'autre part, pour utiliser les quantités importantes de mazout qui seront prochainement disponibles en France, ces trois chaudières, ainsi que les suivantes sans doute, seront en outre équipées pour la chauffe au mazout. Les installations de stockage, transport et traitement du mazout nécessaires à cet effet, vont être entreprises incessamment.

Les travaux d'installation électrique, haute et basse tension, correspondant aux machines ci-dessus, sont menés parallèlement au montage de celles-ci.

L'extension ultérieure qui portera la puissance de la centrale à 500.000 kW en une ou plusieurs étapes, ne sera certainement entreprise que dans plusieurs années, tant en raison de la crise économique actuelle, que par suite des accords intervenus ces dernières années et aux termes desquels le réseau de l'Union d'Electricité doit absorber une très grande part des fournitures d'énergie hydraulique que la région parisienne recevra par les lignes à 220.000 V en cours de construction et notamment en provenance du Massif Central.

Quoi qu'il en soit, on peut dès maintenant affirmer que cette nouvelle extension sera réalisée avec des groupes beaucoup plus puissants que les premiers. Leurs caractéristiques seront déterminées en fonction de la consommation d'énergie à cette époque et aussi d'après les progrès que la technique ne manquera pas de réaliser d'ici là. La pression d'alimentation en vapeur des turbines sera beaucoup plus élevée, sans doute de l'ordre de 100 kg/cm² et peut-être même davantage.

Conclusions.

Nous voudrions, pour terminer, donner en quelques mots les raisons du choix de caractéristiques conservatives pour le matériel de Vitry-Sud. La puissance unitaire des groupes a été déterminée en fonction de l'utilisation prévue pour l'usine. Du fait de ses qualités d'économie, la centrale de Vitry-Sud est appelée à fournir la part la plus importante de la distribution, de préférence aux usines plus anciennes comme Gennevilliers ou Vitry-Nord; mais la charge actuelle du réseau, la nuit, est malheureusement encore faible par rapport à celle de la journée; d'autre part, la sécurité exige que deux sources d'énergie au minimum soient en service la nuit; pour toutes ces raisons, il a fallu se réserver à Vitry-Sud une très grande souplesse d'exploitation. C'est à cette qualité que répondent les groupes choisis. De même, les caractéristiques de pression et de température de la vapeur, ont été calculées de manière à réaliser pour les puissances unitaires des groupes, le maximum de rendement, compte tenu des améliorations apportées par rapport aux installations plus anciennes (réchauffage de l'eau jusqu'à 140°, distillation, dégazage, etc.); le choix de caractéristiques plus élevées pour de tels groupes aurait conduit à des frais de première installation incompatibles avec le gain de rendement qu'elles procureraient. En résumé, des groupes plus puissants, tournant à grande vitesse et alimenté à très haute pression, n'auraient pu satisfaire à cette qualité de souplesse parce que de tels groupes ne peuvent s'accommoder de démarrages fréquents et de variations de charge importantes.

Par contre, il n'est pas audacieux d'envisager de tels groupes dans l'avenir pour une tranche de l'usine qui pourra alors fonctionner comme une véritable usine de base dans le cadre de la distribution générale de la région parisienne.

Il est juste enfin de mentionner quel effort fut accompli par les grands constructeurs spécialistes chargés de l'exécution du matériel. Travaillant en collaboration étroite avec les services techniques de l'Union d'Electricité, ils réalisèrent dans la conception de leurs fournitures et les méthodes et moyens de construction des progrès considérables qui leur permirent de livrer un matériel de premier ordre, répondant aux qualités de robustesse et de grand rendement exigées. Le fait que la mise en route s'est effectuée sans incident notable, constitue déjà un premier résultat. De plus, les débuts de l'exploitation permettent de constater que la plupart des machines en service satisfont très largement à leurs garanties de puissance et de rendement.

Lorsqu'elle aura atteint sa puissance définitive, la Centrale de Vitry-Sud sera vraisemblablement la plus puissante Centrale d'Europe; mais, dès maintenant, pour toutes les raisons que nous avons exposées, elle peut victorieusement rivaliser avec les plus récentes installations d'Europe et aussi avec les centrales les plus modernes d'Amérique.

J. Vennin,

Ingénieur à l'Union d'Electricité.

Février 1932.

Listes des Principaux Fournisseurs

I. — Travaux de Génie civil et travaux métalliques.

Fondations des bâtiments principaux ...	Société des grands Travaux de Marseille.
Charpente de la salle des machines et de la travée des bâches	Société Française Columéta.
Charpente des chaufferies	Etablissements Baudet-Donon-Roussel et Etablissements Daydé.
Bâtiments annexes et galeries d'eau.....	Société Nouvelle de Construction et de Travaux.
Passerelles métalliques des convoyeurs ..	Société Française Columéta.
Charpente du tableau haute tension.....	Ateliers Gilon, Bayet et Chasles.
Charpentes diverses et passerelles.....	Michaux et Dupuis. Etablissements Joly. Etablissements Copin. Etablissements Métallurgiques d'Onnaing Coutanceau.
Caillebotis	Société Véma-France.

II. — Manutention des charbons.

Pont roulant de déchargement des wagons.	Société Applevage.
Tour à charbon de déchargement des péniches	The Mitchell Conveyor and Transporter Cº Ltd.
Convoyeurs à courroie, distributeurs et tapis jeteurs	The Mitchell Conveyor and Transporter Cº Ltd.
Matériel de dragage (treuils, bennes et accessoires)	Fraser and Chalmers (Sauerman).
Chariots de retour des câbles de dragage.	Etablissements Métallurgiques d'Onnaing.
Wagons-trémies des chaufferies	Ateliers de Construction du Nord de la France.
Ponts-bascules de pesage des wagons....	Etablissements Duchesne.
Bascules de pesage sur courroies	Société des Balances et Bascules.
Locomotives à accumulateurs	Soc. Générale de Constructions Electriques et Mécaniques (Alsthom).

III. — Chaufferies.

Chaudières, surchauffeurs, économiseurs et écrans d'eau.	
4 ensembles.....	Société Babcock et Wilcox.
3 ensembles.....	Compagnie Fives-Lille.
2 ensembles.....	Société Alsthom.
Réchauffeurs d'air	Soc. Générale de Constructions Electriques et Mécaniques (Alsthom).
Fumisteries	Etablissements Toisoul. Société des Produits réfractaires de Fumel et Libos
Broyeurs à charbon pulvérisé	Etablissements Raymond Frères.
Réducteurs à engrenages des broyeurs...	The Power Plant Cº Ltd.
Ventilateurs exhausteurs des circuits de charbon pulvérisé	Ateliers F. Berry.
Trémies à charbon pulvérisé	Etablissements Métallurgiques d'Onnaing. Chaudronnerie Industrielle de Bezons.
Bascules pour trémies à charbon pulvérisé	Armand et Cie.
Distributeurs à charbon pulvérisé	Société An. des Foyers Automatiques.

Brûleurs à charbon pulvérisé	Société An. des Foyers Automatiques.
Ventilateurs d'air primaire	Société Rateau.
Ventilateurs soufflants	Ateliers F. Berry.
Ventilateurs de cheminée	Ateliers F. Berry.
Dépoussiéreurs des fumées	Ateliers J. Hanrez.
Gaines des dépoussiéreurs	Ateliers et Chantiers de la Manche.
Pompes de reprise d'eau d'enlèvement des mâchefers	Etablissements Ledoux.
Portique d'enlèvement des mâcheters	J. Pohlig Aktiengesellschaft.
Soufflage et aspiration des suies	Etablissements Neu.
Réservoirs à air comprimé	Etablissements Leroux et Gatinois. Société d'Exploitation d'Usines Métallurgiques (Anciens Etabl. Fourcy).
Brûleurs à mazout d'allumage	Etablissements Peabody.
Pompes de distribution du mazout	Société Birotor.
Réservoirs à mazout	Chaudronnerie Industrielle de Bezons.

IV. — Salle des machines et station de pompage.

Groupes turbo-alternateurs de 55.000 kW.	Société Alsthom.
Groupes turbo-dynamos de 4.000 kW	Compagnie Electro-Mécanique.
Groupes couvertisseurs de 2.000 kW	Compagnie Electro-Mécanique.
Postes de réchauffage, distillation et dégazage	Société de Condensation et d'Applications Mécaniques.
Réfrigérants d'air d'alternateurs	Société de Condensation et d'Applications Mécaniques.
Condenseurs des groupes principaux	Société des Condensateurs Delas.
Condenseurs des groupes auxiliaires	Société de Condensation et d'Applications Mécaniques.
Grilles avancées en Seine	Michaux et Dupuis.
Grilles tournantes à nettoyage automatique et filtres rotatifs	Etablissements Beaudrey et Bergeron.
Pompes de circulation des groupes principaux et auxiliaires	Etablissements Beaudrey et Bergeron.
Conduites d'eau de circulation des condenseurs	Société des Tuyaux Bonna.
Pompes des services d'eau brute et d'incendie	Etablissements Beaudrey et Bergeron.
Pompes de dénoyage de la salle des machines et de la station de pompage.	Société Rateau.
Pompes d'assèchement	Norman Engineering Co
Batardeaux d'isolement	Etablissements Venot-Peslin.
Château d'eau de Seine	Chaudronnerie Industrielle de Bezons.
Bâches alimentaires	Chaudronnerie Industrielle de Bezons.
Pompes alimentaires et multiplicateurs de vitesse	Société de Laval.
Turbo-pompes alimentaires	Etablissements G. et J. Weir.
Ballons de purge	Société Industrielle de Chaudronnerie Etablissements Kreg-Kochrane.
Bâches d'eau distillée, d'eau épurée, et bâches d'essais	Etablissements Baudon. Chaudronnerie Industrielle de Bezons.
Bascules de pesage des bâches d'essais	Armand et Cie.
Epurateur chimique de l'eau d'appoint	Union Thermique.
Accumulateur d'huile pour la manœuvre des vannes	Etablissements Morane Jeune.
Centrifugeurs d'huile	Société Alfa-Laval.
Pompes de distribution d'huile	Société Birotor.

V. — Matériel électrique.

Moteurs à courant continu 500 V.....	Société Alsthom Société Oerlikon. Compagnie de Fives-Lille.
Groupes dévolteurs des moteurs de ventilateurs	Société Alsthom.
Moteurs à courant continu 125 V.....	Etablissements Becquart.
Transformateurs 13.500 V/60.000 V	Société Alsthom.
Réactances à 60.000 V	Société Alsthom.
Transformateurs de potentiel à 60.000 V.	Société Alsthom.
Disjoncteurs et sectionneurs 60.000 V...	Société Alsthom.
Commandes électriques des sectionneurs 60.000 V	Société Alsthom. Compagnie de Signaux et d'Entreprises Electriques.
Tringlages de commande des sectionneurs 60.000 V	Ateliers Gilon, Bayet et Chasles.
Porcelaines 60.000 V	Compagnie Générale d'Electro-Céramique.
Chariots et transbordeur pour disjoncteurs 60.000 V	Etablissements Roche.
Régulateur d'induction pour essais à 70.000 V	Société Alsthom.
Transformateurs 13.500 V/3.000 V.....	Société Savoisienne de Constructions Electriques.
Transformateurs de potentiel et d'intensité à 13.500 V	Société Alsthom.
Disjoncteurs à 13.500 V	Société Alsthom.
Sectionneurs à 13.500 V	Ateliers de Constructions Electriques de Delle.
Porcelaines à 13.500 V	Ohio Brass.
Jeux de barres de cuivre 60.000 V et 13.500 V	Tréfileries et Laminoirs du Havre. Mines et Fonderies de Pontgibault.
Boites d'extrémité 60.000 V et 13.500 V.	Etablissements Monnier-Desjardins.
Accessoires et raccords divers pour tableaux 60.000 V et 13.500 V.....	Etablissements Bonvoisin.
Jeux de barres d'aluminium 500 V.....	L'Aluminium Français.
Porcelaines 500 V	Porcelaineries de Lesquin.
Disjoncteurs 500 V	Société Alsthom.
Chariots porte-disjoncteurs 500 V	Etablissements Roche.
Equipements à contacteurs de démarrage des moteurs 500 V	Société Alsthom.
Equipements de démarrage des moteurs 125 V	Société Alsthom. Etablissements Becquart.
Transformateurs de protection et relais des circuits 500 V	Société Française d'Electricité Asea.
Appareillage blindé 500 V.....	Société Alsthom.
Appareillage blindé 125 V.....	Appareillage Electrique Hazemeyer.
Boites d'extrémité 500 V	Etablissements Monnier-Desjardins. Etablissements Geoffroy-Delore.
Boites de fileries 125 V	La Canalisation Electrique.
Batterie d'accumulateurs à 125 V pour contrôle et éclairage de secours.....	L'Accumulateur Tudor.

Convertisseurs des circuits de contrôle à 125 V	Société Oerlikon.
Convertisseurs d'éclairage à 125 V	Société Alsthom.
Installation automatique de charge des batteries	Société Oerlikon.

VI. — Tuyauteries.

Vapeur à haute pression	Société Française Aiton.
Eau d'alimentation à haute pression	Société Française Aiton.
	Forges, Chaudronneries et Tuyauteries de Ferrière-la-Grande.
Vapeur basse pression et eau chaude des postes d'eau des groupes principaux	Société Industrielle de Chaudronnerie.
Vapeur haute pression des groupes auxiliaires	Société Alsthom.
Eau chaude basse pression de la travée des bâches	Forges, Chaudronneries et Tuyauteries de Ferrière-la-Grande.
Eau condensée des groupes auxiliaires	Forges, Chaudronneries et Tuyauteries de Ferrière-la-Grande.
Purges haute et basse pression	Forges, Chaudronneries et Tuyauteries de Ferrière-la-Grande.
Eau brute et incendie	Etablissements Nordon Frères.
Echappement à l'air libre des turbines	Etablissements Nordon Frères.
Air comprimé	Société Française Aiton.
	Société d'Exploitation d'Usines Métallurgiques (Anciens Etabl. Fourcy).
Huile de commande à distance des vannes.	Etablissements Marquet.
Air et charbon pulvérisé	Société Française Aiton.
Boulons en acier spécial DFO pour haute température	Schneider.

VII. — Robinetterie.

Vannes de vapeur à haute pression	Etablissements Jules Cocard.
	Compagnie Dewrance.
Vannes d'eau à haute pression	Etablissements Jules Cocard.
Vannes de vapeur et d'eau basse pression.	Etablissements Jules Cocard.
	Compagnie Crane.
Vannes de vide	Etablissements Jules Cocard.
Vannes d'air comprimé	Compagnie Crane.
Vannes d'huile et de mazout	Etablissements Jules Cocard.
	Compagnie Crane.
Vannes sur conduites d'eau de circulation des condenseurs	Société Bateau.
Distributeurs d'air comprimé pour commande à distance des vannes	Compagnie Dewrance.
Distributeurs d'huile pour commande à distance des vannes	Etablissements Charriéras et Petit.

VIII. — Calorifuges.

Vapeur à haute pression	Etablissements Chpolansky.
Vapeur basse pression et eau chaude	Etablissements Héryngfet.
Eau brute et incendie	Etablissements Wanner.
Château d'eau	Etablissements Wanner.
Air et charbon pulvérisé	Les Isolants Thermiques.
Bâches alimentaires et ballons de purge.	Les Isolants Thermiques.
Ventilateurs de cheminée et gaines des fumées	Les Isolants Thermiques.

IX. — Câblage électrique et éclairage.

Câbles creux à huile à 60.000 V des groupes principaux	La Canalisation Electrique. Câblerie de Clichy.
Câbles pleins à 60.000 V des départs	Câblerie de Jeumont. La Canalisation Electrique. Les Câbles de Lyon.
Câbles à 3.000 V des groupes convertisseurs.	Compagnie de Signaux et d'Entreprises Electriques.
Câbles armés des services auxiliaires à 500 V, et des circuits de manœuvre et de contrôle à 125 V	La Canalisation Electrique. Les Câbles de Lyon. Compagnie de Signaux et d'Entreprises Electriques. Câblerie de Jeumont. L'Electro-Câble. Etablissements Geoffroy-Delore. Câblerie de Clichy.
Câbles sous caoutchouc de filerie des pupitres et cabines	Les Câbles de Lyon. La Canalisation Electrique.
Câbles spéciaux sous caoutchouc pour tambours enrouleurs	Appleton Electric Cº.
Eclairage intérieur des bâtiments principaux et des ateliers	Etablissements R. Oulif.
Eclairage des bâtiments annexes, des pavillons et de l'extérieur	Etablissements Devilaine et Rougé.
Appareils d'éclairage et projecteurs	Compagnie des Lampes. Etablissements Brandt et Fouilleret.

X. Tableaux et appareils de mesure et de contrôle.

Contrôle automatique de la chauffe et compteurs de vapeur	Industrial Combustion Engineers (Bailey).
Niveaux des chaudières	Compagnie Dewrance.
Niveaux sur réchauffeurs et bâches	Etablissements Jules Cocard.
Indicateurs de niveau à distance	Pneumercator.
Compteurs d'eau Venturis	Lucas et Barth (Siemens).
Pyromètres - potentiomètres enregistreurs multiples	M. E. C. I. (Leeds et Northrup).
Thermomètres enregistreurs	Brown Cº.
Thermomètres indicateurs	Lucas et Barth (Socius). Askania.
Manomètres enregistreurs	Brown Cº.
Manomètres indicateurs	Bourdon. Protais. Askania.
Transmetteurs électriques d'ordres	Etablissements St-Chamond-Granat.
Wattmètres, ampèremètres, voltmètres	Compagnie des Compteurs.
Compteurs des machines	Compagnie des Compteurs.
Relais de protection	Compagnie des Compteurs. Société Française d'Electricité Asea.
Enregistreur de fréquence	M.E.C.I. (Leeds et Northrup).
Régulateurs Tirill des alternateurs	Société Alsthom.
Pupitres et cabines de la salle de contrôle	Société Oerlikon.
Pupitres de contrôle des chaudières	Etablissements Herlicq.
Pupitres de contrôle des broyeurs	Etablissements Herlicq.

Tableaux de contrôle des groupes principaux et auxiliaires	Etablissements Borderel et Robert.
Tableaux de contrôle des postes d'eau	Etablissements Borderel et Robert.
Tableaux de contrôle des batteries et des convertisseurs d'éclairage	Société Oerlikon.
Tableau de manœuvre de la manutention (à 500 V)	Société Oerlikon.
Transmetteurs divers à distance	Etablissements Hartmann et Braun.
Distribution de l'heure	Ateliers Brillié.
Téléphones automatiques	Compagnie des Téléphones Thomson-Houston (Section L.M.T.).

XI. — Engins de levage et de montage.

Ponts roulants de 130 T, 35 T et 20 T de la salle des machines	Société Applevage.
Pont roulant de 25 T des ateliers	Société Applevage.
Ponts roulants de 25 T de la station de pompage et du bâtiment des groupes convertisseurs	Société Strasbourgeoise de Constructions Mécaniques.
Ponts roulants divers de 10 T	Société Applevage.
Grues pivotantes des chaufferies	Société Oerlikon.
Derrick de déchargement en Seine	Etablissements Venot-Peslin.

XII. — Bâtiments annexes et divers.

Installation du magasin principal	Ateliers Marcadet.
Magasin d'outillage	Ateliers Marcadet.
Machines-outils	Société Alsacienne de Constructions Mécaniques. Glaenzer et Perreaud. Ateliers G.S.P. Fenwick Frères. Ernault. Etc., etc...
Installation des vestiaires du personnel.	Ateliers Marcadet.
Cuisines électriques	Société Alsthom. Etablissements Therma.
Chauffage central du bâtiment d'administration, des bâtiments annexes et des pavillons	Etablissements Nessi Frères.
Distribution d'eau chaude pour lavabos et douches	Etablissements Nessi Frères.
Echangeurs par surface des circuits de chauffage central	Etablissements Kreg-Cochrane.
Pompes des circuits de chauffage central.	Société Rateau.

XIII. — Contrôle des fabrications.

La réception des matières premières et la surveillance des fabrications ont été effectuées par les Ingénieurs du Service de contrôle de l'Union d'Electricité, secondés par « Le Contrôle Technique », plus spécialement chargé du contrôle de la fabrication des tuyauteries.

Le « Bureau Véritas » a assuré la réception des matières premières pour le compte d'un certain nombre de Constructeurs.

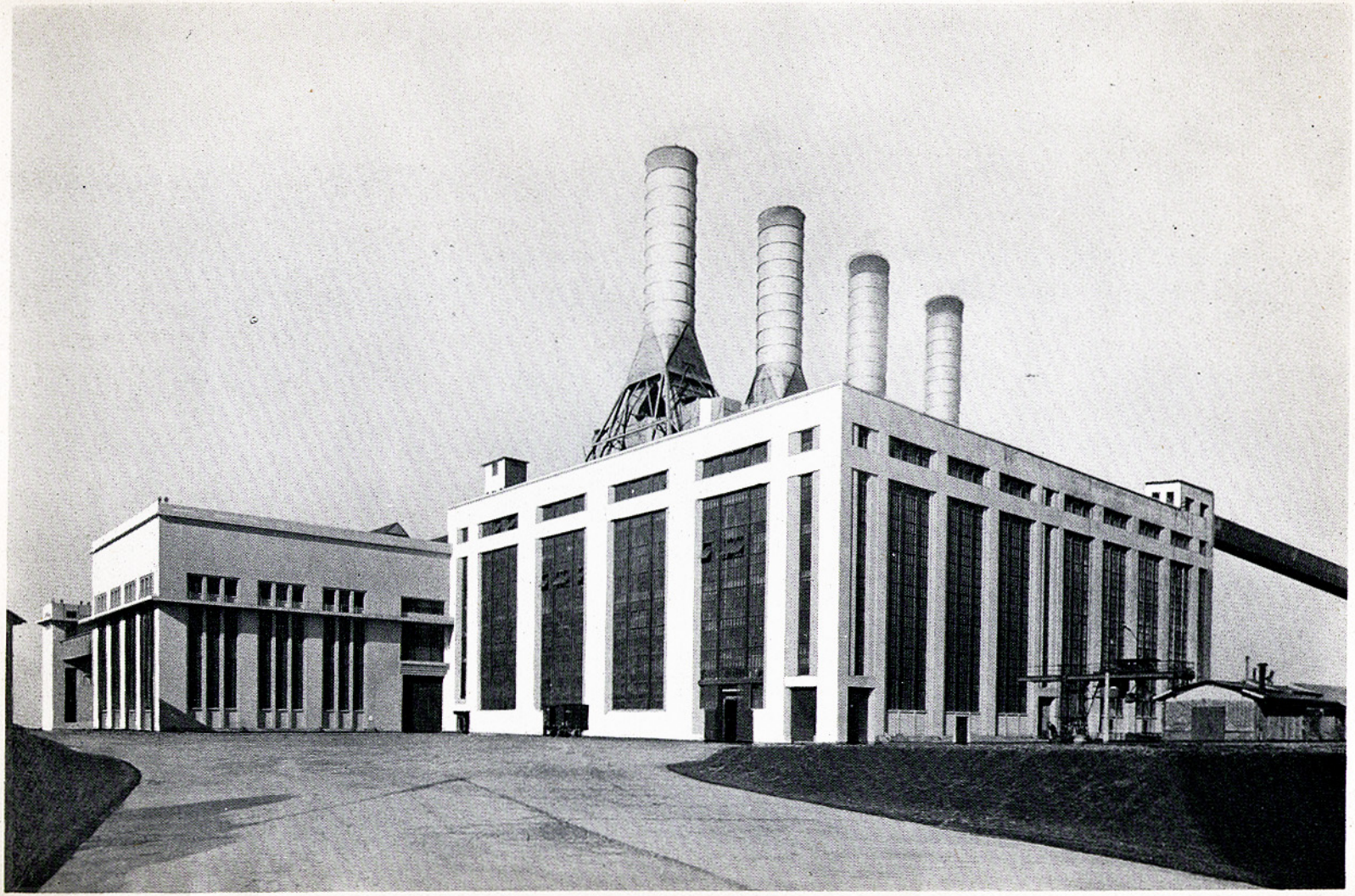
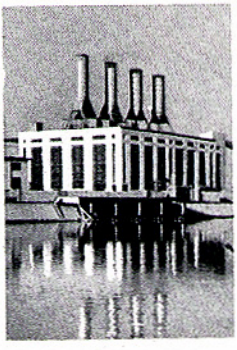


Fig. 15. — Vue générale des bâtiments principaux.



ÉDITIONS PAUL-MARTIAL – PARIS

ÉDITIONS PAUL-MARTIAL - PARIS