

N° 2550.

17 Février 1923.

LA NATURE

REVUE DES
ET DE LEURS
AL'ART ET A



SCIENCES
APPLICATIONS
L'INDUSTRIE



LA SUPERCENTRALE de Gennevilliers

SOMMAIRE :

Les nébuleuses noires : H. Grouiller.
La supercentrale électrique de Gennevilliers : Jacques Boyer.
L'alimentation de Paris en eau potable : Diénert et Guillard.
L'automobile saharienne : A. B.

SUPPLÉMENT : Informations : Horaire des émissions radio-téléphoniques, etc. — Science appliquée.
Variétés. — Recettes et procédés utiles. — Boîte aux lettres. — Bibliographie.

MASSON ET C^{ie}, Éditeurs.
120, boulevard Saint-Germain, Paris.

LE NUMÉRO : 1 franc.



LA SUPERCENTRALE ÉLECTRIQUE DE GENNEVILLIERS

La plus puissante usine productrice d'électricité dans le monde s'élève aujourd'hui sur les bords de la Seine, aux portes mêmes de Paris, à Gennevilliers. Elle doit alimenter en courant électrique la banlieue parisienne.

Elle est remarquable non seulement par ses dimensions, mais surtout par les dispositions perfectionnées auxquelles on a fait appel pour réaliser une production du courant aussi économique que possible.

Avant de décrire sommairement ce remarquable établissement, rappelons pourquoi et comment il fut créé.

L'électricité dans la région parisienne. — A la suite d'une convention remontant à 1907, les six secteurs qui fournissaient alors le courant électrique à la ville de Paris fusionnèrent en une société unique, chargée d'assurer ce service pendant une période transitoire ayant pris fin avec l'année 1919. Puis à partir de cette époque, et jusqu'en 1940, l'Administration municipale concéda l'éclairage de la capitale à la Compagnie parisienne de distribution électrique (C. P. D. E.). Celle-ci construisit deux énormes centrales sur les bords de la Seine, à Saint-Ouen et à Issy-les-Moulineaux qui ont aujourd'hui la charge d'éclairer la capitale. Mais elles sont loin de suffire à l'alimentation en énergie électrique de toute l'agglomération parisienne.

D'autres usines appartenant à différentes sociétés concourent à la fourniture soit de la force motrice, soit de l'éclairage pour la banlieue : citons parmi les plus importantes : l'usine de Saint-Denis (Société d'électricité de Paris), 75 000 kilowatts destinés surtout aux métropolitains et tramways; l'usine de triphasé d'Asnières (46 000 kw), l'usine de l'Ouest-Lumière à Puteaux (45 000 kw), les usines de Vitry (56 000 kw) et Billancourt (22 000 kw) à la Compagnie générale de Distribution d'Énergie électrique, l'usine de Nanterre (20 000 kw) et celle de l'Est-Lumière à Alfortville (25 000 kw). Ces nombreuses usines sont, depuis la guerre, devenues à leur tour insuffisantes. De plus leur dispersion, et pour certaines, l'âge de leur matériel, constituent de graves défauts.

Pour satisfaire à des besoins sans cesse grandissants, un groupe d'industriels constitua, au commencement de 1919, l'*Union d'électricité* qui se proposa de réorganiser la production de l'énergie électrique dans Paris et sa banlieue, en fusionnant les Sociétés existantes et en concentrant les moyens de production de courant. Cette nouvelle Société a aujourd'hui la charge d'assurer le courant d'éclairage à toute l'agglomération parisienne *extra-muros* (fig. 1).

Son programme comportait tout d'abord la construction d'une centrale très moderne et de grande puissance, destinée à remplacer les centrales de Puteaux, Asnières, Alfortville et Billancourt.

Outre cette grande supercentrale, la Société disposera de l'usine de Vitry dont l'équipement sera poussé à 80 000 kw, des usines de Nanterre et d'Issy.

Enfin son réseau de distribution sera organisé pour desservir des régions distantes de plus de 60 km de Paris, et pour se raccorder dans l'avenir aux grandes distributions hydroélectriques qui sillonneront la France (fig. 2).

Pour exécuter ce programme, l'Union d'électricité décida d'abord la construction à Gennevilliers d'une *supercentrale de 200 000 kilowatts* (fig. 3). C'est la première fois que l'on concentre une telle puissance en un seul établissement. Mais cette concentration, qui ne va pas sans difficultés et sans dangers, est indispensable pour réduire les dépenses de premier établissement. M. Rauber, le directeur de l'usine de Gennevilliers, dans un rapport remarquable sur la technique des centrales à vapeur, calcule que le prix d'installation par kilowatt est quatre fois plus petit pour une grande usine de 100 000 kilowatts que pour une petite usine de 10 000 kilowatts. La consommation de charbon y est 2 fois plus faible et les dépenses d'exploitation 6 fois plus petites.

L'usine de Gennevilliers débitera du courant triphasé à 50 périodes sous 60 000 volts. Les usines existantes seront arrêtées et déclassées au fur et à mesure de la mise en marche des diverses génératrices de Gennevilliers.

En même temps qu'à la construction de l'usine, on a procédé à l'établissement d'un important réseau transportant l'énergie produite à Gennevilliers, grâce à une boucle souterraine ceinturant Paris et à des lignes aériennes vers Creil, Mantes, Versailles, Orléans et Meaux. D'autre part d'après le programme suivi, les secteurs conservant leur autonomie en tant qu'organismes de distribution mais cessant d'exister comme producteurs, l'Union construit plusieurs sous-stations destinées à abaisser la tension de 60 000 volts au voltage d'utilisation propre à chaque zone.

D'après l'excellente monographie de la supercentrale de Gennevilliers due à la plume autorisée de M. Ernest Mercier, administrateur délégué de l'Union d'électricité, voici les principes, qui guidèrent les techniciens français dans l'édification de cette colossale usine, la plus remarquable du monde en son genre, à l'heure actuelle (fig. 5).

Le choix de l'emplacement. — L'emplacement d'une centrale électrique thermique se détermine en fonction de deux éléments essentiels : le ravitaillement en combustible, l'alimentation en eau.

Une usine comme celle de Gennevilliers ne consommera pas en moyenne moins de 1500 à 2000 tonnes de charbon par jour, ce qui représente le chargement de 6 à 7 trains de chemins de fer ou d'un nombre égal de péniches.

Une solution élégante, envisagée du reste souvent, eût consisté à installer l'usine au centre même du bassin houiller du Pas-de-Calais, et à transporter à Paris l'énergie qu'elle eût produite, au moyen de courants à haute tension. On eût ainsi réduit au minimum les transports de combustibles. Mais cette solution, à laquelle on reviendra peut-être dans l'avenir, a dû être écartée pour diverses raisons, en particulier à cause de l'état de dévastation où les Allemands ont mis cette région minière. Dans ces

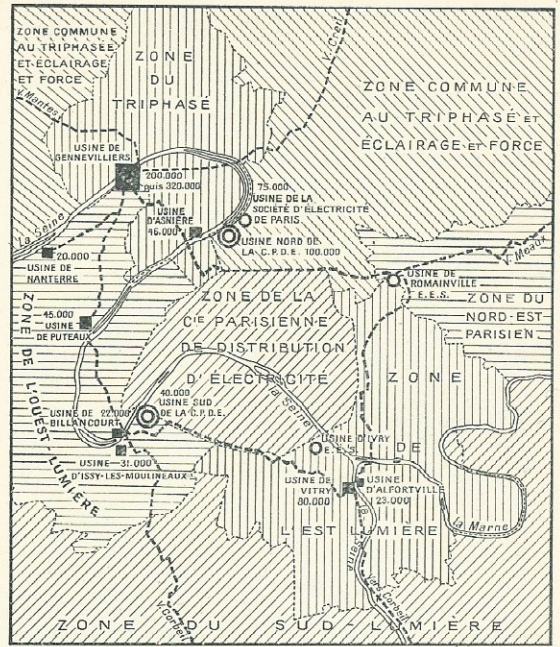


Fig. 1. — Plan de la région parisienne montrant : a, les zones des divers secteurs (limitées par des hachures); b, les principales usines électriques en service; c, le réseau de distribution à 60000 volts de l'usine d'électricité.

conditions, l'emplacement de la supercentrale devait être cherché dans la région parisienne, au centre même de la zone qu'elle doit desservir, à proximité de la voie d'eau et de la voie ferrée, et sur un terrain permettant la création d'un vaste parc à combustible, muni de procédés de manutention mécanique les plus perfectionnés.

Le souci de l'alimentation de l'usine en eau exige également qu'elle soit construite à proximité d'une rivière de grand débit. Le grand public s' imagine aisément qu'une centrale électrique thermique ne consomme que du charbon. Il lui faut, en outre, quand il s'agit d'une usine puissante, d'énormes quantités d'eau, non pas pour alimenter ses chaudières, mais pour refroidir ses condenseurs, organes indispensables au bon rendement des turbines à vapeur. On compte que pour assurer une très bonne condensation, il faut 100 kg d'eau froide par kilogramme de vapeur condensée. A ce taux, c'est un véritable fleuve qu'il faudra faire passer à travers les condenseurs de la supercentrale de Gennevilliers. En effet, elle n'exigera pas moins de 10 à 12 m³ d'eau à la seconde. C'est la moitié environ du débit de la Seine à l'étiage, celui-ci étant estimé à 22 m³.

La prise d'eau constitue donc, on

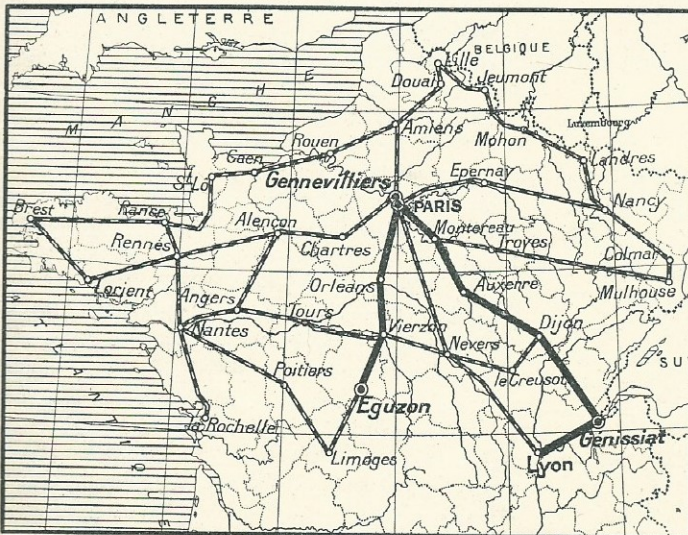


Fig. 2. — Carte montrant l'interconnexion entre l'usine de Gennevilliers et les grands réseaux français de transport d'énergie.

le conçoit facilement, un élément fort important de l'usine.

Ces considérations ont conduit à fixer l'emplacement de la supercentrale sur la rive gauche de la Seine, à Gennevilliers, en face d'Argenteuil, à 6 km seulement de l'enceinte fortifiée, sur un terrain de 11 hectares en forme de triangle, sis en bordure de la voie ferrée de Paris à Rouen. L'usine comprend trois bâtiments principaux accolés et établis partie en charpente métallique : les *chaufferies*, la

triques à accumulateurs de 40 tonnes chacun, vidés au moyen d'un basculeur dans une trémie permettent d'évacuer les mâchefers par ligne ferrée ou par voie fluviale.

La chaufferie. — Pénétrons à présent dans la grande *chaufferie* (fig. 5 et 8) qui mesure plus de 86 m. de longueur sur 51 m. de largeur environ et dans laquelle s'alignent deux types différents de chaudières (5 Stirling et 10 Babcock-Wilcox adossées deux à deux) afin de pouvoir brûler toutes espèces

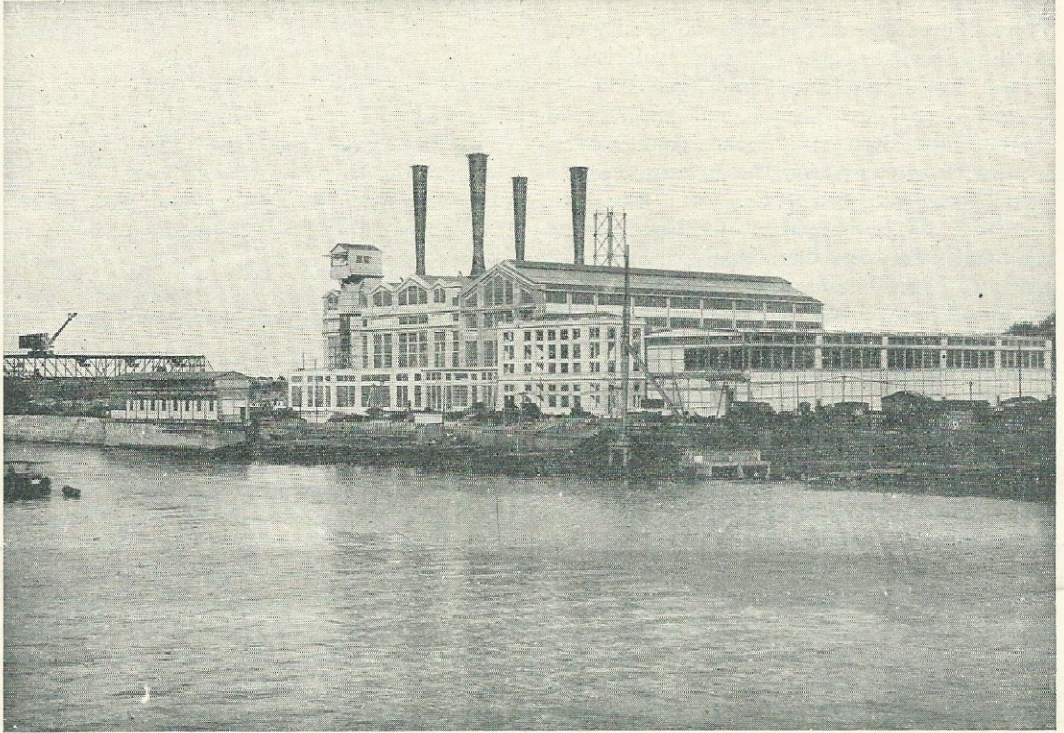


Fig. 3. — La supercentrale de Gennevilliers vue du pont d'Argenteuil.

salle des machines et le hall des *tableaux* de distribution.

Notons maintenant les principales caractéristiques du matériel en service à Gennevilliers.

La manutention du combustible. L'évacuation des *scories*. — Deux ponts roulants de 50 m. de portée sur chacun desquels circule une grue pivotante desservent le parc à charbon, situé le long de la Seine. Chaque pont est muni, en outre, d'une trémie mobile de chargement et d'une double courroie transporteuse (fig. 4). D'autre part, une trémie surélevée alimente les silos particuliers des chaudières. Tous ces engins de levage assurent le cheminement mécanique du combustible dans la supercentrale à la vitesse de 200 tonnes à l'heure. Les uns prennent le charbon dans les chalands et le stockent dans le parc ou l'envoient directement aux chaufferies, tandis que les autres le reprennent au parc et le dirigent ultérieurement sur les chaufferies. D'autre part, des wagons automoteurs élec-

de charbon depuis les grains lavés à 24 pour 100 de matières volatiles jusqu'au poussier de coke pur.

Les chaudières Stirling ont chacune 2100 m² de surface de chauffe et vaporisent 60 000 kg de vapeur à l'heure (80 000 en pointe).

Les chaudières Babcock sont groupées par deux adossées formant cinq groupes ayant chacun 2600 m² de surface de chauffe, vaporisant 80 000 kg de vapeur à l'heure et 106 000 en pointe.

Ces chaudières ont, outre leurs dimensions exceptionnelles, une particularité remarquable : elles sont timbrées à 25 kg, ce qui correspond à une température d'ébullition de l'eau de 225°. Avant la guerre on ne dépassait guère les pressions de 16 à 17 kg ; mais aujourd'hui on progresse rapidement vers les hautes pressions ; les chaudières de Gennevilliers représentent dans cette voie une étape où l'on ne s'arrêtera sans doute pas.

L'Angleterre aura bientôt une centrale avec chaudières à 52 kg et on étudie en plusieurs endroits

des chaudières à 50 et même 60 kg. Ces hautes pressions qui se rapprochent de celles en usage dans les moteurs Diésel ont l'avantage de réduire, à puissance égale, l'encombrement des chaufferies et d'en augmenter le rendement.

Les foyers des chaudières sont à chargement automatique avec grille à chaîne sans fin (fig. 5). L'air de la combustion est insufflé sous la grille

fournis par les grosses unités aux Etats-Unis et en Allemagne, arrêta son choix sur des *turbo-alternateurs* de 40 000 kilowatts chacun (fig. 6). Dans la salle des machines, on en a installé 5 groupes dont les turbines sont du type à action à multiples étages Zoelly (fig. 7), et ce même bâtiment pourra en recevoir 5 autres de façon à porter la puissance totale de la supercentrale à 520 000 kilowatts. Ces

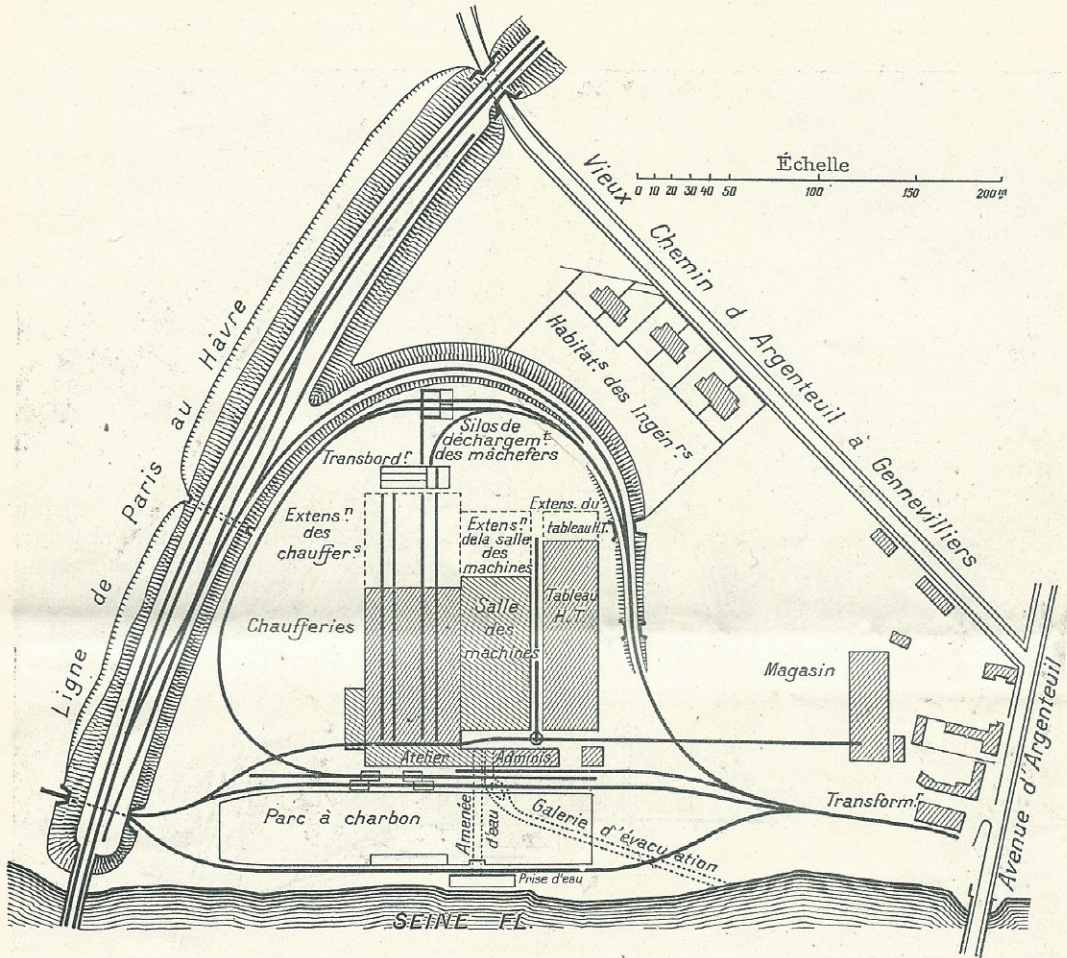


Fig. 4. — Plan général de l'usine de Gennevilliers.

par des ventilateurs, les gaz brûlés sont refoulés dans des courtes cheminées en tôle sans haubans (système Prat). Ce tirage artificiel évite la construction de hautes et coûteuses cheminées. Et c'est une des curiosités de cette usine géante que l'absence de ces hautes colonnes de maçonnerie qui paraissent jusqu'ici l'indispensable ornement des établissements de cet ordre.

Les deux ventilateurs annexés à chaque cheminée donnent à volonté toutes les allures de la vaporisation tandis que des économiseurs et des réchauffeurs d'air facilitent la récupération des calories comme nous le verrons plus loin.

Les turbo-alternateurs. — Pour les générateurs, l'Union d'électricité, après examen des résultats

turbines reçoivent de la vapeur à 25 kg surchauffée à 375°, conditions considérées comme les plus avantageuses à la vitesse normale de 1500 tours.

L'économie des calories. — L'eau des chaudières, après vaporisation, va, à l'état de vapeur, actionner les turbines; après y avoir épuisé son énergie elle se rend au condenseur et revient à l'état liquide. De là on la ramène à la chaudière, mais après l'avoir réchauffée par des moyens qu'il est intéressant d'examiner avec un peu d'attention (fig. 9). L'idéal est de l'amener, avant de la réintroduire dans les chaudières, à une température aussi voisine que possible de la température d'ébullition correspondant au timbre de la chaudière. On porte l'eau d'abord à 80° en la chauffant dans un condenseur

auxiliaire au moyen d'un prélèvement de vapeur effectué à un étage approprié de la turbine à vapeur. C'est là une disposition toute nouvelle et au premier abord, paradoxale.

Quel intérêt y a-t-il, se dira-t-on, à interrompre ainsi le cycle de travail d'une partie de la vapeur, et au lieu de la laisser se détendre jusqu'à la pression du condenseur en travaillant dans les aubages de la turbine, à la prélever pour faire du réchauffage? La réponse à cette question nous entraînerait

des chaudières et des ailettes de turbines. Puis les pompes alimentaires la refoulent dans des *économiseurs* en acier établis au-dessus de chaque chaudière et chauffés par les gaz de la combustion à leur sortie du foyer. De là elle sort à 160° environ pour pénétrer dans la chaudière.

Il ne reste plus qu'à l'y vaporiser en utilisant pour cela la chaleur dégagée par la combustion du charbon sur le foyer.

Mais cette chaleur n'est pas tout entière absorbée

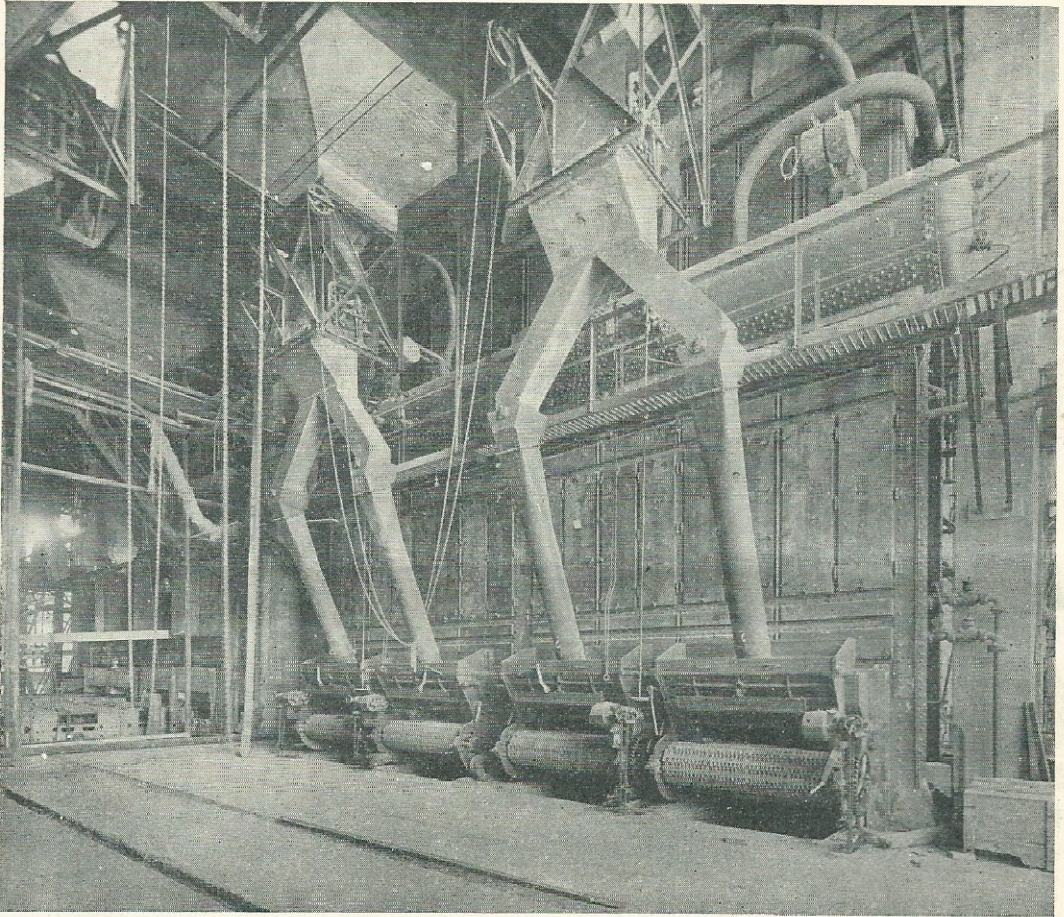


Fig. 5. — Chaudières Babcock et Wilcox dans la grande chaufferie de Gennevilliers.

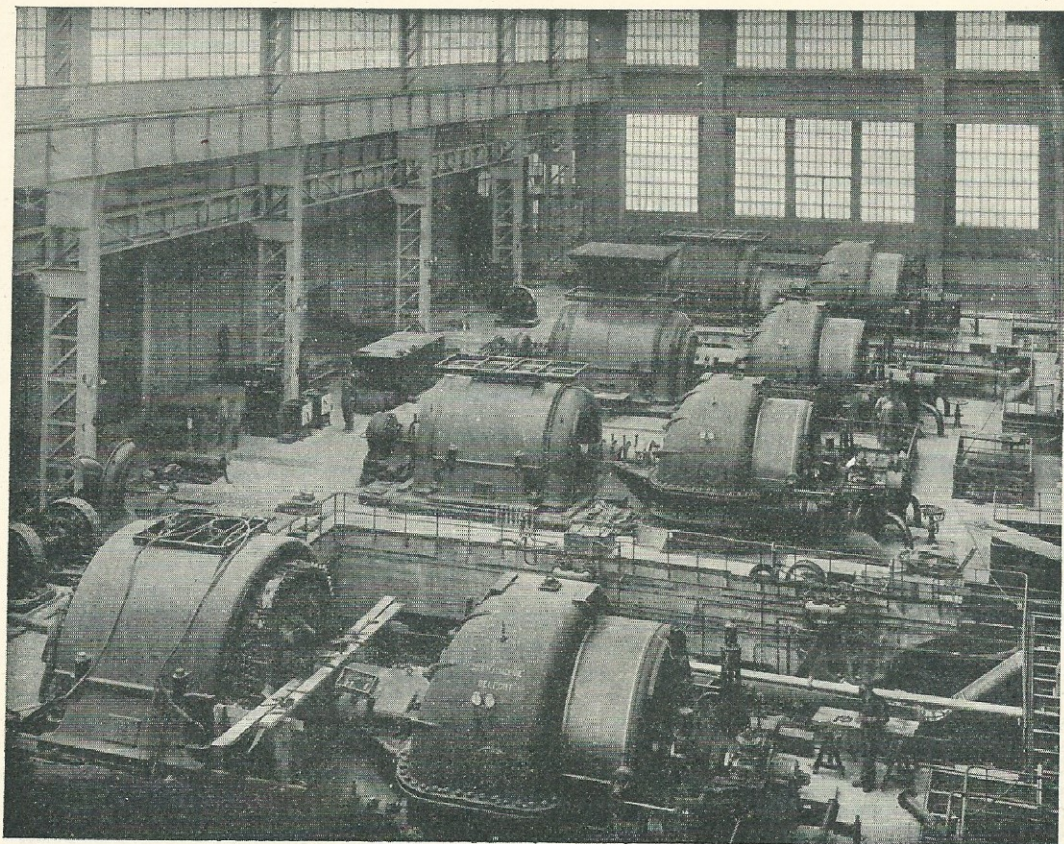
à des considérations thermodynamiques qui ne peuvent trouver place ici.

Qu'il nous suffise de dire que ces prélèvements ont pour but de rapprocher du cycle théorique de Carnot le cycle réel décrit par la vapeur dans l'ensemble de l'installation; ils auront donc pour effet d'améliorer le rendement.

Après ce premier réchauffage, l'eau est portée à 100° par son passage dans une bache qui reçoit la vapeur d'échappement des pompes alimentaires à vapeur et de divers moteurs de secours et la condense à la pression atmosphérique. Elle passe alors dans des dégazeurs Kestner qui la débarrassent de l'oxygène dissous, agent de destruction redoutable

par la vaporisation. Une portion notable reste dans les gaz brûlés refoulés à la cheminée. Voici comment on la récupère en partie :

Les gaz brûlés, au sortir de la chaudière, atteignent la température de 540°, ils passent d'abord dans les économiseurs où leur température s'abaisse à 220°, puis de là dans des *réchauffeurs d'air* où ils abandonnent une notable portion de leurs calories restantes et s'échappent par la cheminée aux environs de 150°. De son côté, l'air insufflé sous les grilles passe, avant de pénétrer dans la chambre de combustion, à travers les réchauffeurs d'air qui viennent d'être mentionnés. Sa température s'y élève à 90° (fig. 9). Une longue expérience a prouvé que ce ré-



*Fig. 6. — Vue de la salle des turbo-alternateurs pendant le montage
(On voit 4 groupes de 40000 kilowatts.)*

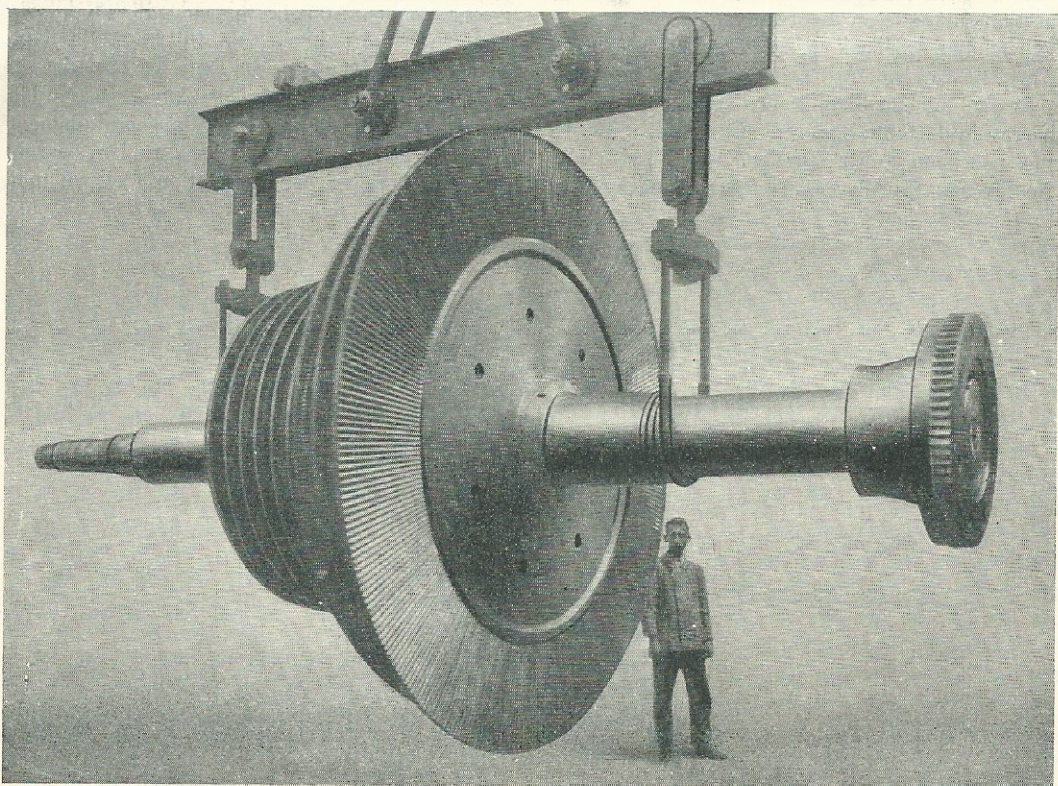


Fig. 7. — Le Rotor d'une turbine

chauffage préalable de l'air comprimé assure une sérieuse économie de combustible.

Pour réaliser le cycle que nous venons de résumer, à chaque turbine principale, correspond un volumineux condenseur à surface Delas muni de deux pompes de circulation Rateau, de deux pompes d'extraction d'eau condensée et d'éjecteurs d'air à vapeur Delas doublés par des pompes à air Leblanc. Ces condenseurs qui doivent condenser chacun 160 000 kg de vapeur à l'heure, sont de grands cylindres de tôle de 4 m. de diamètre, 11 m. de long, contenant 7500 tubes de laiton, que traverse un flot d'eau de plus de 1 m³ 5 à la seconde.

Le remplissage des chaudières exige une grande quantité d'eau aussi pure que possible, en fait de l'eau distillée. Bien que cette eau circule en circuit fermé et qu'on se soit efforcé de réduire les pertes au minimum, on ne peut supprimer celles-ci complètement, et il faut tenir toujours en réserve une certaine quantité d'eau pure pour compenser les pertes. Cela ne représente du reste qu'un bien faible tonnage à prélever en Seine, comparé à celui qu'exigent les condenseurs.

Cette eau d'appoint, après décantage, filtrage, puis épuration chimique est vaporisée exclusivement dans deux chaudières Babcock spécialisées à cet effet.

Ainsi, les chaudières principales ne reçoivent jamais que de l'eau distillée et dégazée, c'est-à-dire débarrassée de toute impureté susceptible d'incruster les parois ou de les corroder.

Nous venons de suivre dans leurs grandes lignes

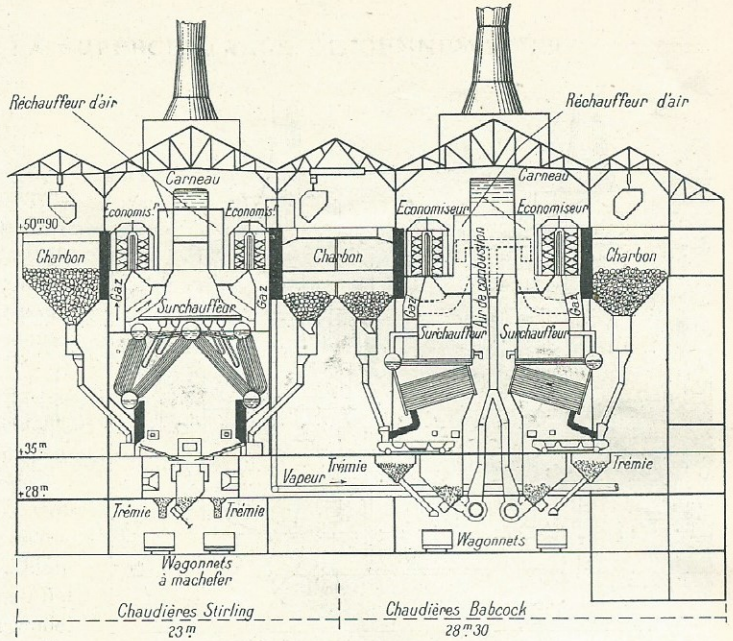


Fig. 8. — Coupe de la chaufferie.

les cycles de la vapeur et de l'eau, des gaz dans l'installation.

Ajoutons quelques détails qui feront ressortir jusqu'à quel point a été poussée la chasse aux calories perdues.

Les alternateurs, si parfaits soient-ils, n'ont pas un rendement égal à 1; une perte minime de 1 pour 100 sur une machine de 40 000 kilowatts représente une puissance de 400 kilowatts dissipée en chaleur, principalement dans les enroulements. Ceux-ci sont concentrés dans un espace réduit, il importe donc de les refroidir énergiquement si l'on veut éviter leur destruction rapide. Ce refroidissement s'opère par insufflation d'air au moyen

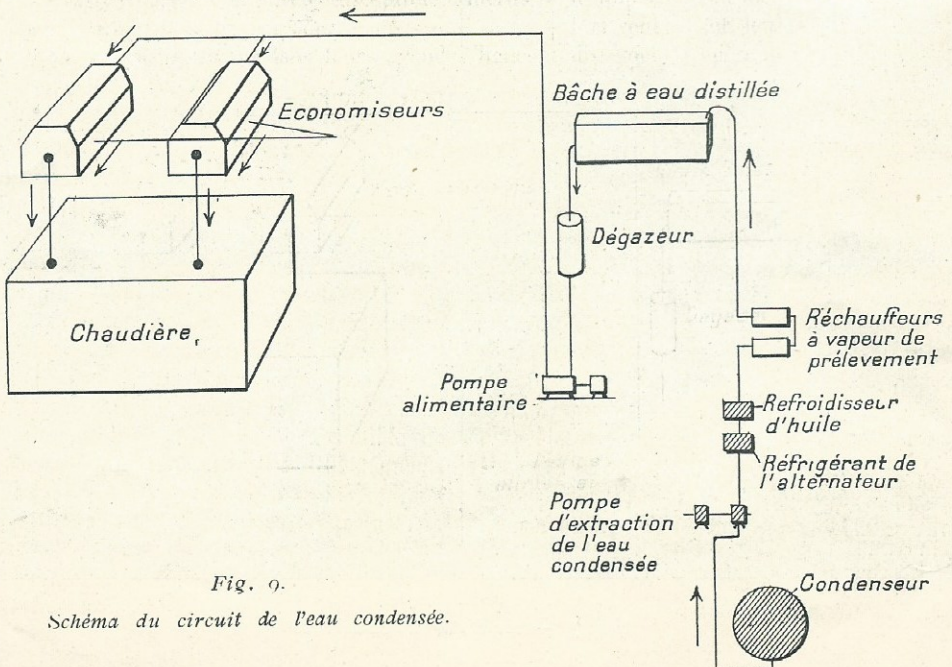


Fig. 9.

Schéma du circuit de l'eau condensée.

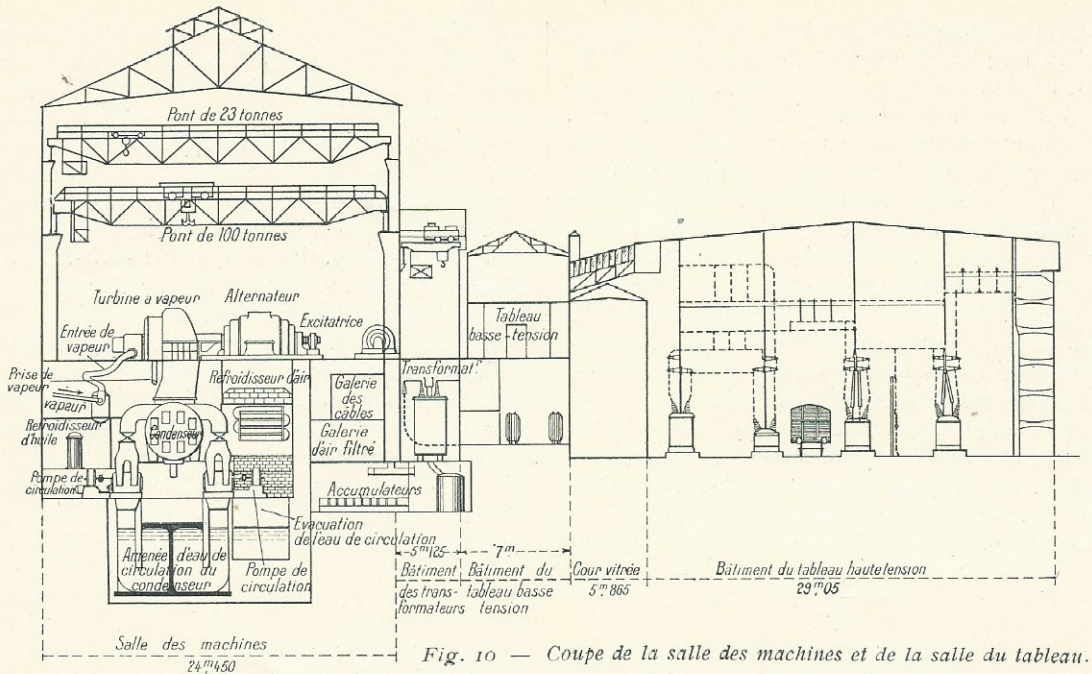


Fig. 10 — Coupe de la salle des machines et de la salle du tableau.

de ventilateurs. L'air ainsi échauffé est refroidi par un prélèvement fait sur le circuit de l'eau condensée, à la sortie des pompes d'extraction du condenseur.

Cette eau se réchauffe donc et les calories perdues dans l'alternateur sont partiellement récupérées. Pour la même raison l'eau passe ensuite à travers le réfrigérant d'huile du groupe générateur; de là elle gagne les réchauffeurs à prise de vapeur; puis la bache de 125 m³ où débouchent les évacuations des pompes alimentaires à vapeur et éventuellement des moteurs de secours auxiliaires ainsi que la prise de prélèvement de vapeur des turbines de 5000 kilowatts destinées aux services auxiliaires de l'usine (fig. 9).

Un mot également sur le service des huiles, qui

présente une grande importance dans une centrale puissante.

Les huiles nécessaires au graissage des machines et à l'isolement des transformateurs se trouvent emmagasinées dans un bâtiment en partie souterrain et qui renferme, en outre, des salles pour le traitement des huiles usées, pour l'installation des filtres et autres appareils accessoires. Des pompes et des canalisations appropriées permettent la distribution automatique de l'huile dans toutes les parties de l'usine.

Telle est, dans ses grandes lignes, l'économie générale de la marche de la supercentrale.

Transformateurs. — Appareillage. — Lignes. —

Les turbo-alternateurs fournissent l'énergie électrique à 6000 volts. Cette tension est trop faible pour la distribution. Des transformateurs, enfermés dans une suite de cellules tout le long de la salle des machines, l'élèvent à 60 000 volts.

Chaque transformateur est directement relié à son alternateur, et il n'y a aucune connexion entre les circuits basse tension de ces transformateurs. Ceci afin de supprimer l'emploi d'interrupteurs dont la construction serait très difficile en raison des énormes intensités qu'ils auraient à couper.

Les alternateurs ne sont donc réunis entre eux que par les circuits haute tension des transformateurs reliés à cet effet à des barres omnibus à 60 000 volts.

Cette disposition, dont l'emploi se généralise dans toutes les centrales

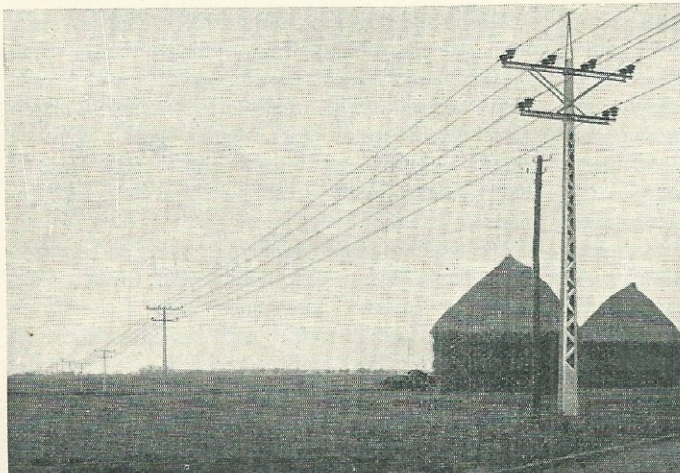


Fig. 11. — La ligne Paris-Creil à 60 000 volts. Pylône de traversée de route.

modernes, simplifie énormément l'appareillage. Le tableau de distribution et de commande, établi dans un bâtiment séparé, comprend pour chaque groupe un interrupteur principal d'alternateur, 3 interrupteurs auxiliaires permettant de brancher automatiquement la machine sur l'un ou l'autre des trois jeux de barres omnibus, 6 interrupteurs des feeders, un interrupteur de sectionnement des barres principales et 3 bobines de self à 60 000 volts destinées à séparer chaque tranche des barres de couplage. Des relais différentiels, qui entrent en jeu en cas d'avarie dans l'alternateur ou le transformateur correspondant, commandent le déclenchement automatique des interrupteurs.

Le courant ainsi produit, aussi bien celui de Gennevilliers que celui de Vitry, de Nanterre ou d'Issy, est distribué à 60 000 volts, 50 périodes aux sous-stations de l'Union de l'électricité au moyen de câbles unipolaires groupés par trois pour

constituer des artères triphasées. Ce réseau souterrain qui, une fois achevé, ceinturera Paris, mesurera 125 km de longueur et sera complété par lignes aériennes doubles à 60 000 volts, établies sur poteaux en ciment armé et pylônes métalliques pour certains passages (fig. 11).

Les branches principales de ce dernier réseau de distribution, orientées suivant les directions Paris-Creil, Paris-Mantes, Paris-Orléans et Paris-Meaux, atteindront 250 km. Seule, la première de ces lignes est aujourd'hui complètement installée.

Mais, vu la tâche véritablement colossale que M. Gustave Mercier et ses collaborateurs de l'*Union d'Électricité* ont su mener à bien en moins de deux ans, cet indispensable complément de l'œuvre entreprise ne tardera sans doute pas à s'achever avec une aussi surprenante rapidité que la station elle-même dont les premiers groupes ont été récemment mis en marche. JACQUES BOYER.

