

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 23 (1932)  
**Heft:** 18

**Artikel:** La centrale de Rybourg-Schwörstadt sur le Rhin  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057463>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

# BULLETIN

## RÉDACTION:

Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens et de l'Union de Centrales Suisses d'électricité, Zurich 8

## EDITEUR ET ADMINISTRATION:

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei S. A., Zurich 4  
Stauffacherquai 36/38

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXIII<sup>e</sup> Année

N<sup>o</sup> 18

Vendredi, 2 Septembre 1932

## La centrale de Rybourg-Schwörstadt sur le Rhin.<sup>1)</sup>

Communiqué par la «Motor-Columbus, Société Anonyme d'entreprises électriques» à Baden (Suisse).

L'usine hydroélectrique de Rybourg-Schwörstadt, mise en service le 23 août 1931, est actuellement la centrale la plus puissante du Rhin supérieur. Elle contient quatre groupes de 28 500 kW de puissance maximum chacun, à l'arbre de la turbine et sous 11,5 m de chute. Dans les années normales l'usine peut produire à plein rendement  $600 \cdot 10^6$  kWh; les quatre partenaires ont droit chacun à une part égale de la puissance disponible. Pour répartir entre les partenaires aux tensions exigées, chaque alternateur est relié à un transformateur à quatre enroulements, qui élève la tension de 10,5 kV à 45, 125 ou 150 kV, suivant les besoins. L'article ci-dessous est une description détaillée de cette usine.

621.311.21(494)

Das Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt, das am 23. August 1931 den Betrieb aufgenommen hat, ist z. Zt. das grösste Werk am Oberrhein. Es enthält vier Maschinengruppen von je 28 500 kW maximaler Turbinenleistung bei 11,5 m Gefälle. Die in normalen Jahren bei voller Ausnutzung des Werkes erzeugbare Energie beträgt  $600 \cdot 10^6$  kWh; auf die jeweils anfallende Leistung des Werke haben die vier Partner zu gleichen Teilen Anrecht. Jedem Generator ist zur Abgabe der Energie in den von den Partnern geforderten verschiedenen Spannungen ein Vierwicklungstransformator zugeordnet, der die Spannung von 10,5 kV auf 45 kV, bzw. 125 kV, bzw. 150 kV transformiert. Im folgenden ist dieses Kraftwerk näher beschrieben.

### I. Disposition générale de la centrale et puissance.

La centrale de Rybourg-Schwörstadt est la cinquième et la plus grande des centrales établies jusqu'à ce jour sur le Rhin supérieur; sa mise en service régulier avec ses quatre machines date du 23 août 1931. La centrale appartient à la Société Anonyme «Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt» à Rheinfelden (Suisse), fondée le 9 octobre 1926 par les quatre sociétés: Motor-Columbus S. A., Baden (Suisse), Kraftübertragungs-werke Rheinfelden (Bade), Nordostschweizerische Kraftwerke A.-G., Baden (Suisse) et Badenwerk A.-G. à Karlsruhe (Bade). Ces quatre participants ont fourni chacun un quart du capital-actions de la nouvelle société, et ont chacun droit en retour, moyennant une participation d'un quart aux frais annuels d'exploitation, à une répartition proportionnelle de la production annuelle d'énergie de la centrale.

La Motor-Columbus S. A. à Baden a établi le projet de toute l'installation et dirigé les travaux.

La centrale est située à environ 5 km en amont de Rheinfelden et utilise la chute existante sur le Rhin entre Säckingen et le plan d'eau du bief amont de la centrale de Rheinfelden (fig. 1). Le barrage et le bâtiment des machines de la nouvelle centrale ont ensemble une longueur de 240 m, ils barrent le Rhin sur toute sa largeur, provoquant

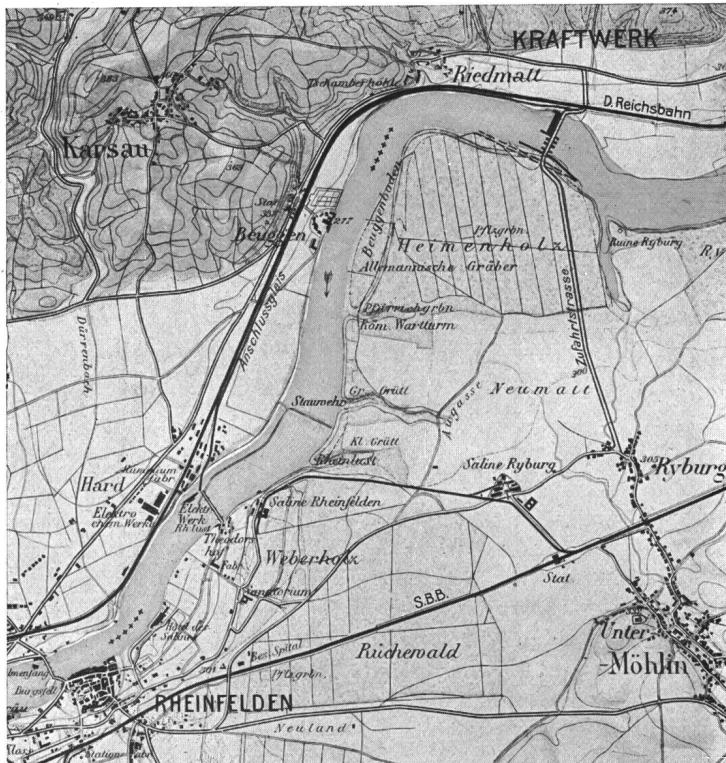


Fig. 1.  
Plan de situation de la centrale de Rybourg-Schwörstadt  
(échelle 1 : 50 000).

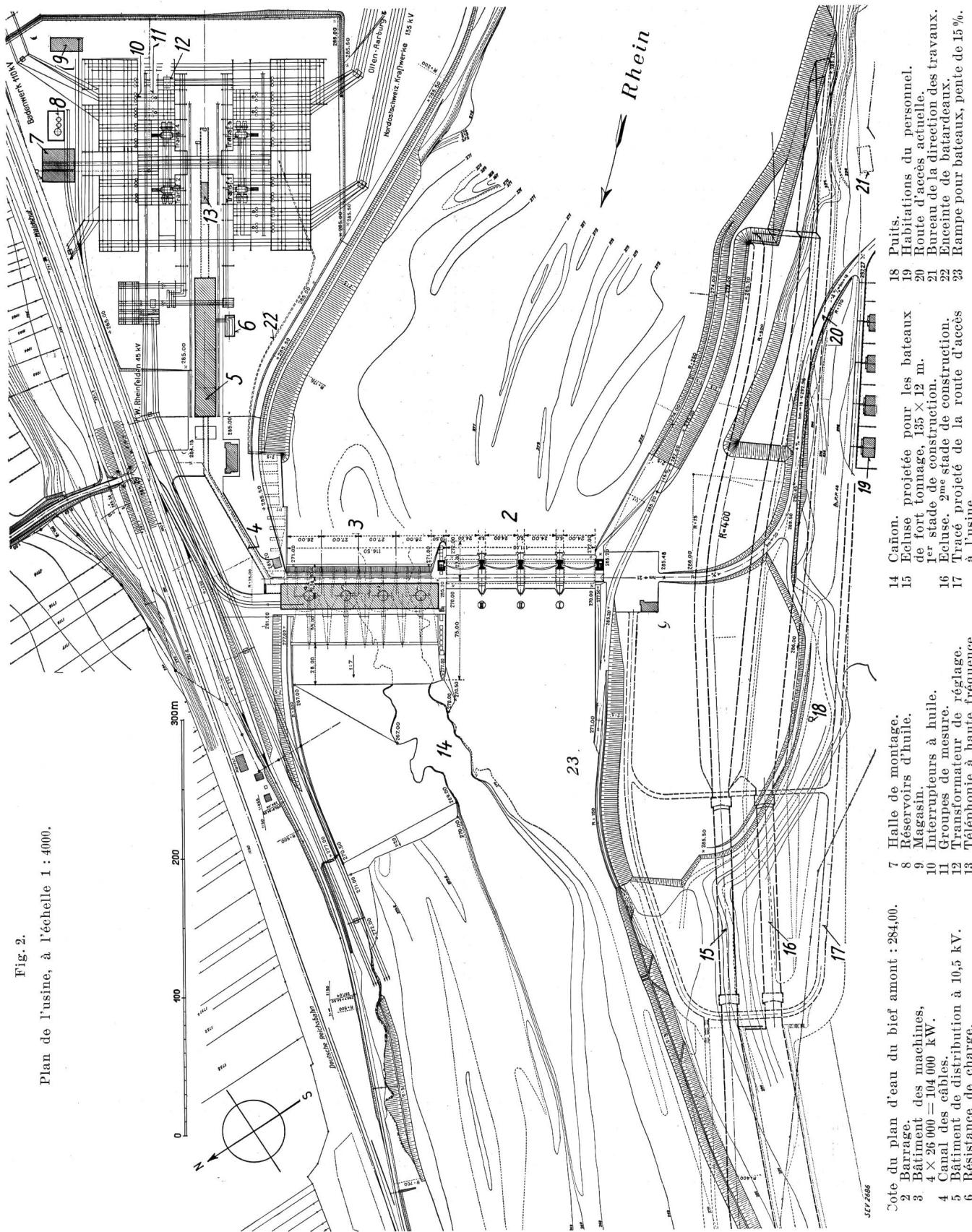
une retenue de 12 m au-dessus du niveau des basses eaux (fig. 2 et 3). Les rives dans le domaine de la

Revue Polytechnique Suisse, ainsi qu'un certain nombre d'originaux.

<sup>1)</sup> Les clichés des fig. 1, 7, 9 à 15, 18, 19, 21, 23, 26 à 29, 31 et 33 ont été obligamment mis à disposition par la

retenue ont presque partout une hauteur suffisante, de sorte qu'il n'a pas été nécessaire d'empêtrer beaucoup sur les terrains environnans; quelques travaux pour la protection des rives ont été exé-

cutés, mais seulement dans la partie moyenne et dans la partie supérieure du bassin de retenue. Un petit nombre de bâtiments, situés trop bas, ont dû être enlevés.



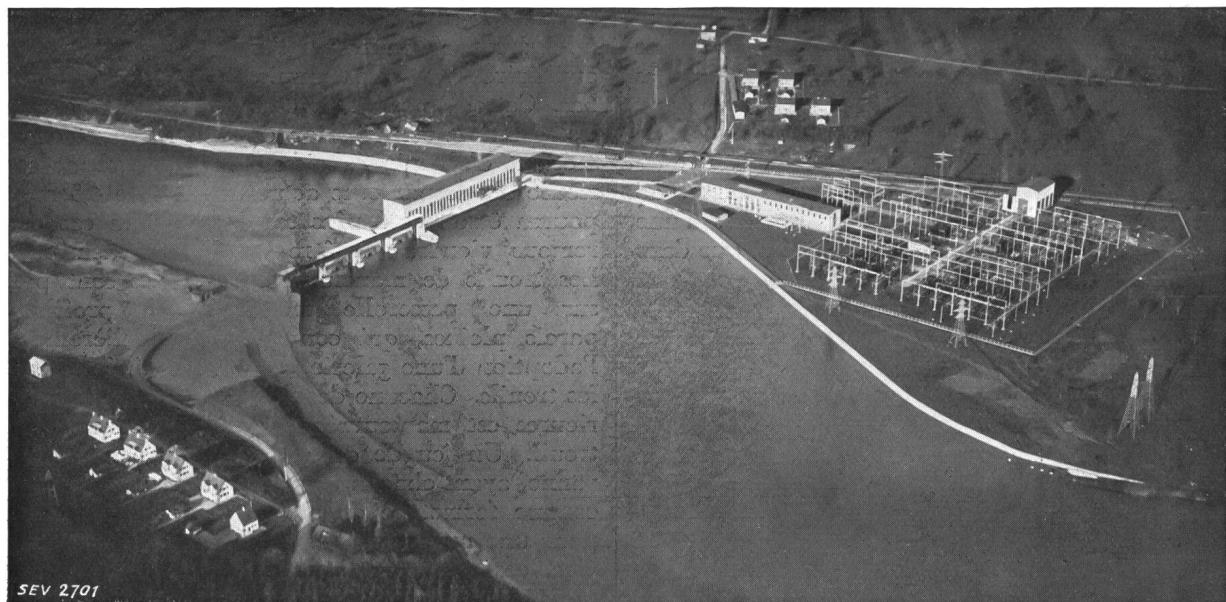


Fig. 3.

La centrale de Rybourg-Schwörstadt sur le Rhin supérieur, vue à vol d'oiseau du sud, dans la direction du bief aval.

La centrale est prévue pour un débit de  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ ; c'est la quantité d'eau qui passe dans le Rhin pendant 182 jours, dans les années hydro-métriquement normales. Les quatre groupes sont équipés avec des turbines dont la capacité moyenne d'absorption est de  $250 \text{ m}^3/\text{s}$  et qui développent une puissance de  $26000 \text{ kW}$  sous environ  $11,9 \text{ m}$  de chute. La puissance totale maximum est développée sous un débit de  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $10,8 \text{ m}$  de chute et comporte env.  $96000 \text{ kW}$ ; en période d'étiage la puissance fournie par les turbines tombe à env.  $37000 \text{ kW}$ . Dans les années normales et à plein rendement, la centrale peut largement produire  $600 \cdot 10^6 \text{ kWh}$ . Dans le but d'épargner les frais de l'installation d'un groupe spécial de réserve, les machines ont été dimensionnées de telle sorte que chaque turbine peut absorber, en travaillant en surcharge,  $300 \text{ m}^3/\text{s}$ ; en cas d'arrêt d'un groupe, on

peut encore avec les 3 groupes restants et moyennant une légère baisse de rendement, utiliser  $900 \text{ m}^3/\text{s}$ , ce qui représente 90 % du débit normal.

Les transformateurs et la station de distribution, ainsi que le poste de commande, sont installés sur la rive badoise à  $200 \text{ m}$  environ en amont de la centrale et sont reliés aux générateurs par des câbles.

Le futur canal avec écluse pour bateaux de fort tonnage passera sur la rive gauche; les aménagements pour le passage des bateaux sont ici, pour la première fois sur le Rhin supérieur, absolument indépendants de la centrale (fig. 2).

## II. Barrage.

Le barrage, du type à vannes, a quatre ouvertures qui présentent chacune une largeur de pas-



Fig. 5.

Le barrage côté aval, vue prise de la rive suisse. A droite, la rampe pour les bateaux.

sage de 24 m avec une hauteur de vannes de 12 m (fig. 4 et 5). Les vannes du barrage sont formées de doubles panneaux glissant l'un sur l'autre. Les vannes inférieures sont de forme normale avec deux poutres principales qui transmettent la pression de l'eau aux piliers du barrage, par l'intermédiaire de chariots à rouleaux. Les vannes supérieures, de section en forme de crochet, ne sont munies d'une poutre principale avec chariots à rouleaux que dans

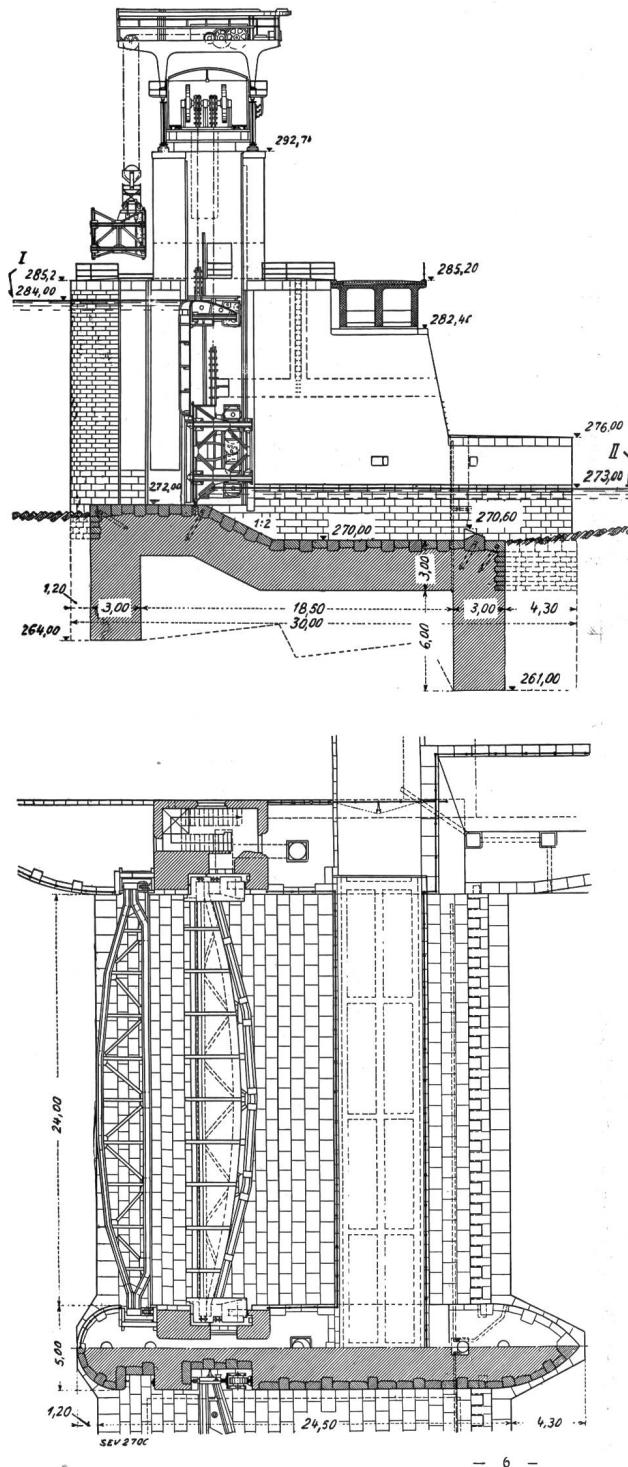


Fig. 4.  
Barrage (échelle 1 : 450).  
En haut: Section transversale:  
I Niveau du bief amont.  
II Niveau moyen du bief aval.  
En bas: Plan.

le haut; le surplus de la pression d'eau est transmis à la vanne inférieure par l'intermédiaire de poutres auxiliaires verticales munies de rouleaux dans le bas. Cette disposition présente des avantages essentiels pour la construction du barrage, tout en permettant d'obtenir l'abaissement de la vanne supérieure sur le parcours actuel étendu de 4,5 m, qui pourra être porté plus tard à 5 m au cas où le remous viendrait à être élevé d'un demi-mètre. Les treuils de manœuvre des vannes sont placés sur une passerelle métallique à profils en parois pleines, qui convenait particulièrement à l'adoption d'une galerie couverte destinée à abriter les treuils. Chacune des vannes supérieures et inférieures est manœuvrée au moyen de son propre treuil. Un jeu de quatre panneaux, en forme de vanne, ayant chacun 3,2 m de hauteur, a été prévu comme fermeture en amont des vannes, et suffit pour une ouverture. Lorsqu'ils ne sont pas en service, ces panneaux reposent au-dessus des ouvertures du barrage en s'appuyant par leurs extrémités sur les têtes des piliers; un pont roulant électrique de 75 t, placé à cheval sur la passerelle des treuils et circulant le long de cette dernière,



Fig. 6.  
Le barrage vu de l'amont, avec les panneaux de secours et le pont roulant pour leur manœuvre.

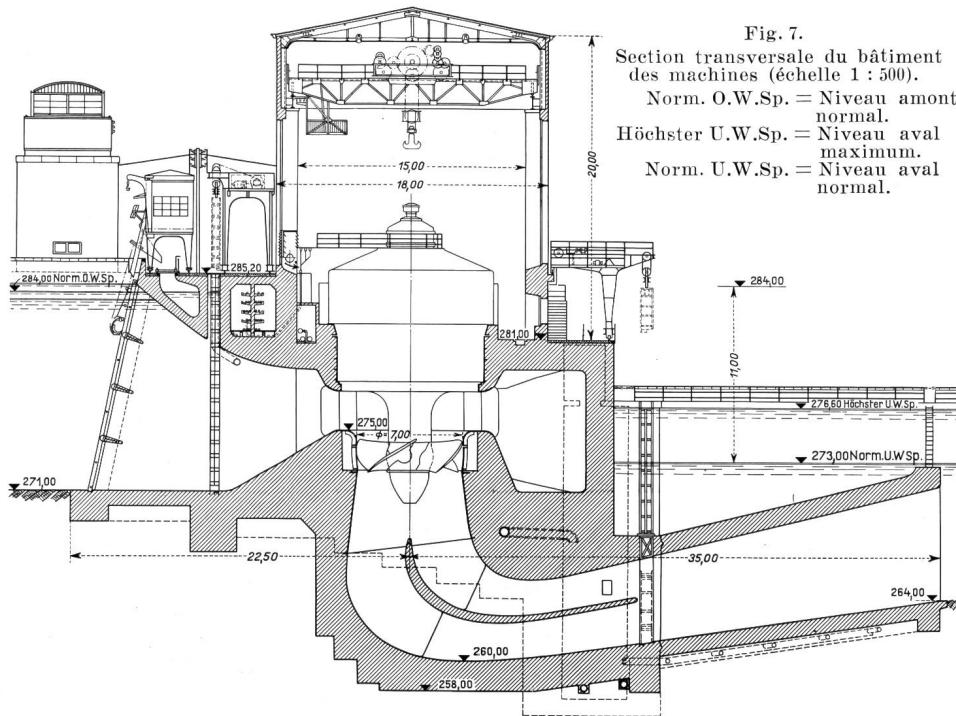
vient, si besoin est, chercher les panneaux d'obturation, les saisit au moyen d'une poutre munie d'un système d'accrochage à pinces et les glisse dans l'ouverture du barrage à obturer (fig. 6). On ne s'est pas pourvu, du côté aval des vannes, de dispositif d'obturation de secours, mais tout a été prévu lors de la construction du barrage pour l'utilisation éventuelle d'un tel dispositif. Un pont formé de poutres en béton armé conduit le long du barrage, en aval des vannes et aboutit à la passerelle de service des grilles; il ne sert qu'au trafic de la centrale. Un plan incliné avec chemin de roulement, qui sert aux besoins de la batellerie, est installé sur la rive gauche; une échelle à poissons a été ménagée dans le pilier commun au barrage et au bâtiment des machines.

### III. Bâtiment des machines.

L'infrastructure du bâtiment des machines (fig. 7 à 9) comporte principalement les ouvrages

d'amenée de l'eau, les bâches spirales ainsi que les tuyaux d'aspiration des quatre turbines, et mesure, depuis le seuil d'entrée de l'eau jusqu'au plan de sortie des tuyaux d'aspiration, une largeur de 57,5 m, sa longueur étant de 110 m avec 27 m d'écartement des groupes d'axes en axes; le point

116 m de longueur est exécutée en béton armé jusqu'à la hauteur des rails du pont roulant; au-dessus elle se compose de charpente métallique et de béton armé. Il a été ménagé à travers l'infrastructure et la superstructure 3 joints transversaux, de telle sorte que l'ouvrage que comporte chacun des grou-



le plus bas du tuyau d'aspiration est à 24 m au-dessous du niveau de l'eau dans le bief amont, alors que le point le plus bas des fondations de la centrale se trouve à 32 m au-dessous de ce niveau. L'infrastructure de la centrale est en béton, en majeure partie fortement armé. La salle des machines de 18 m de largeur, 19 m de hauteur et

pes forme en lui-même un tout indépendant. Les vannes de fermeture, appliquées généralement dans les centrales à l'entrée des bâches spirales, ont été supprimées. Par contre, deux dispositifs d'obturation de secours, dont l'un pour l'amont et l'autre pour l'aval, permettent d'isoler l'une quelconque des chambres de turbine; des ponts roulants, installés sur les passerelles de service de part et d'autre de la centrale, servent à la mise en place de ces dispositifs. Normalement c'est l'appareil directeur de la turbine qui fait fonction de vanne d'obturation. Il a été tenu compte de ces conditions dans la construction du réglage de la roue motrice de la turbine. Les bâches spirales et les tuyaux d'aspiration peuvent, après avoir été fermés au moyen des dispositifs d'obturation de secours, être vidés depuis deux puits prévus du côté aval de la centrale, d'où l'eau est évacuée par deux pompes débitant chacune 300 l/s. La grille en fer (fig. 9) de 13 m de hauteur, devant la centrale, est formée de barreaux épais de 2 cm et larges de 20 cm dont le profil assure un bon guidage de l'eau. L'espace-ment des barreaux est de 15 cm. La grille s'appuie non seulement en bas sur le seuil d'entrée de la bâche spirale, et en haut sur la passerelle de service, mais encore sur trois poutres en charpente métallique

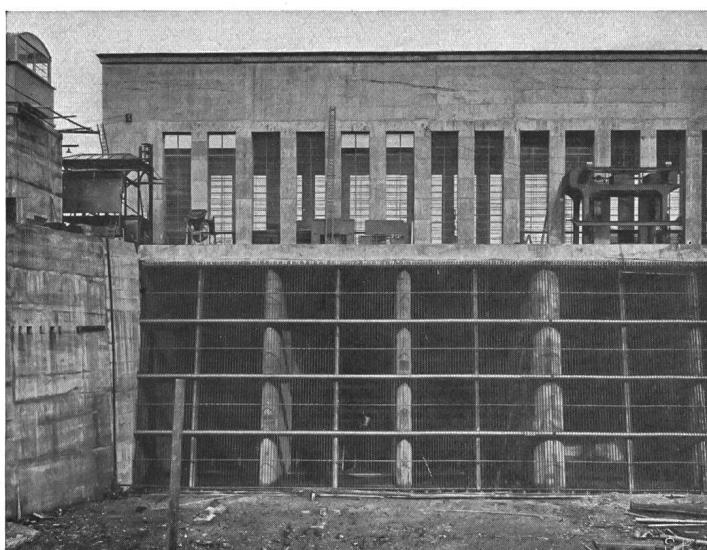


Fig. 9.  
Grille à l'entrée de la chambre de turbine 1. A gauche: pilier de séparation entre le barrage et le bâtiment des machines.

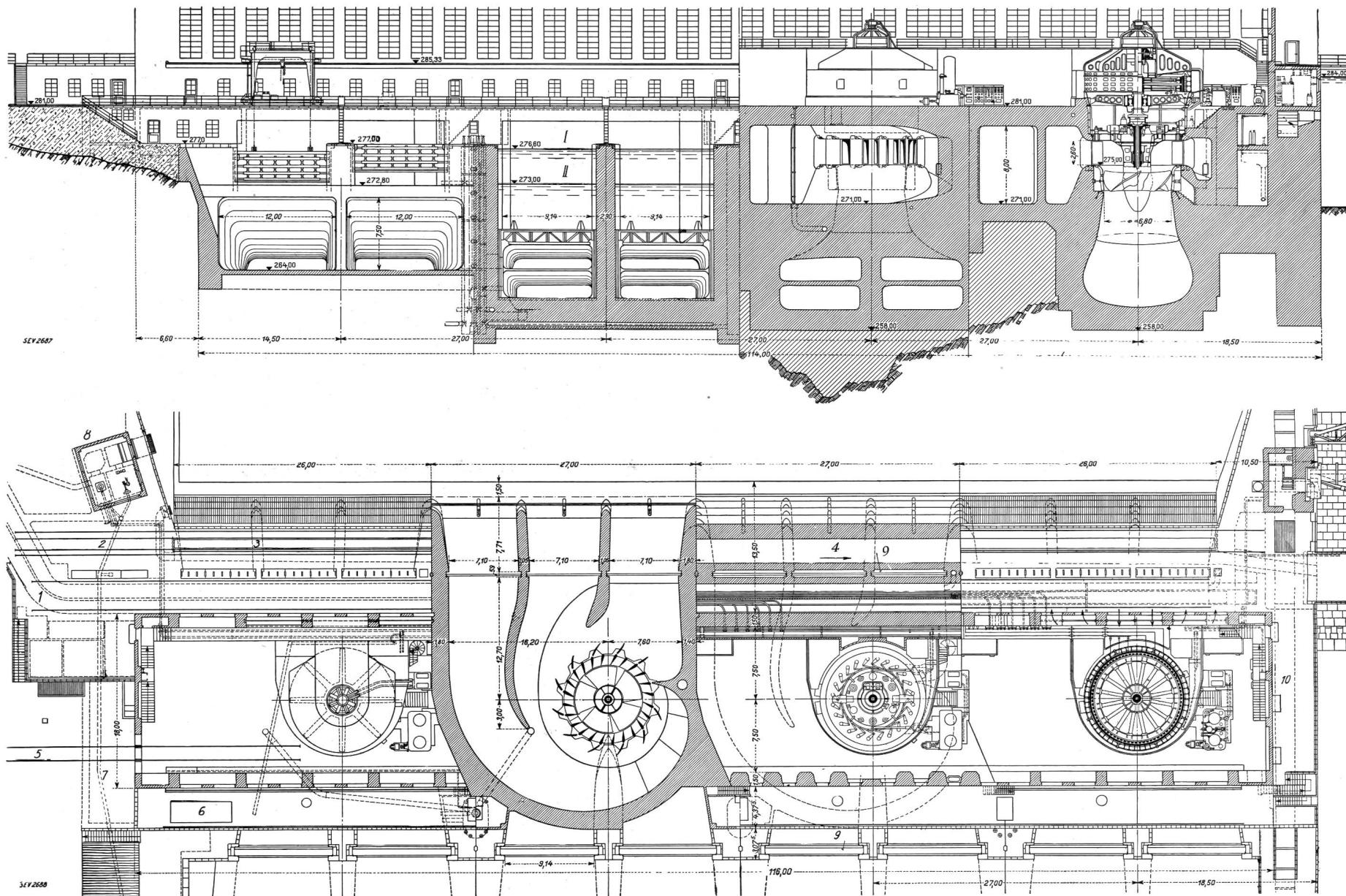


Fig. 8.

En haut: Coupe longitudinale en échelons des tuyaux d'aspiration et du bâtiment des machines (échelle 1 : 600). I Niveau aval maximum. II Niveau aval normal.

En bas: Coupe horizontale en échelons du bâtiment des machines (échelle 1 : 600).

- 1 Canal des câbles.  
2 Entrepôt des panneaux d'obturation de secours.

- 3 Déversoir pour les corps flottants recueillis par le déversoir.  
4 Canal d'évacuation des corps flottants.

- 5 Voie de raccordement.  
6 Local du groupe Diesel.

- 7 Dépôt d'huile.  
8 Installation de filtrage de l'eau de refroidissement.

- 9 Panneaux d'obturation de secours.  
10 Locaux pour les services auxiliaires.

noyées dans du béton. La grille est nettoyée par un appareil dégrilleur circulant le long de la passerelle de service; les corps flottants recueillis sont déversés dans un canal d'évacuation spécial, au travers duquel ils sont entraînés dans le bief aval par l'effet d'un courant d'eau. Les deux ponts roulants d'une force de 150 t chacun, mis électriquement, installés dans la salle des machines et pouvant être accouplés au moyen d'une poutre horizontale qui leur permet de travailler ensemble pour le levage de très lourdes charges, les installations de filtrage et de distribution d'eau de refroidissement, le système de protection des générateurs contre l'incendie et les dispositifs de ventilation des générateurs et des locaux complètent l'équipement de la centrale.

#### IV. Exécution des travaux de génie civil.

Le procédé de construction employé, compte tenu du fait que le barrage et la centrale devaient être édifiés en plein fleuve, diffère fondamentalement des méthodes usuelles appliquées jusqu'alors dans l'installation de centrales sur le Rhin supérieur, en ce sens que la formation étanche du rocher sur l'emplacement du chantier, établie préalablement par de nombreux sondages, a permis d'exécuter tous les travaux dans le Rhin en chantiers ouverts, sous la protection de batardeaux (fig. 10 à 12). Des enceintes de batardeaux en béton posés sur la roche calcaire affleurant sur presque tout le lit du fleuve servirent à cet effet, tandis que, pour le franchissement d'un profond cañon creusé dans le lit du Rhin et rempli de gravier, les batardeaux furent constitués par plusieurs parois en palplan-

ches Larsen placées les unes derrière les autres. La méthode appliquée a conduit à un succès complet, quoique pour la centrale, du fait du cañon cité et en général par suite du courant violent du fleuve, dont la largeur se trouvait réduite de moitié environ par les fosses des chantiers, les entreprises eurent à certains moments à faire appel à toute leur science. Les travaux de construction du barrage et du bâtiment des machines ont été commencés au printemps 1927; le programme des travaux put être tenu exactement et les délais en furent même en partie écourtés. C'est ainsi que le premier groupe put entrer déjà en service régulier le 20 octobre 1930, soit 3 ans 1/2 après le début des travaux, suivi du deuxième groupe à fin 1930. Comme il en est fait mention au début de cette publication, les quatre groupes sont en service régulier depuis le 23 août 1931.

#### V. Turbines.

Les quatre turbines, dont la puissance est celle qui est indiquée dans l'introduction, sont des turbines Kaplan à axe vertical et bâche spirale, tournant à 75 tours/m (fig. 13).

La roue motrice a un diamètre extérieur d'environ 7 m et comporte cinq aubes mobiles, dont les mouvements sont commandés par l'huile sous pression au moyen d'une tige de réglage logée dans l'arbre creux de la turbine (fig. 14). L'appareil distributeur, à mécanisme externe, possède 24 aubes distributrices mobiles et présente une hauteur d'entrée de 2600 mm. Il est actionné à l'huile sous pression par deux servomoteurs et leurs



Fig. 10.

Ensemble des chantiers au premier stade de la construction, vu de l'ouest à vol d'oiseau (mai 1928).  
A droite: la première fosse A pour le barrage; à gauche: la première fosse B pour le bâtiment des machines.

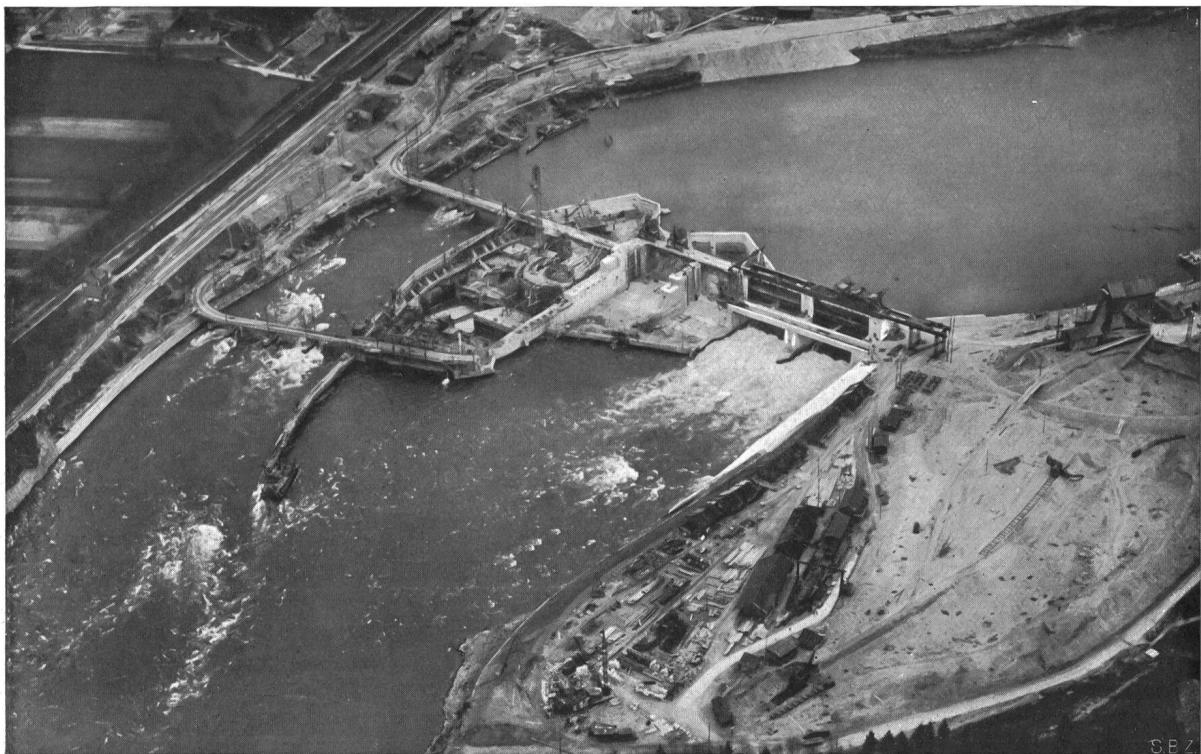


Fig. 11.

Ensemble des chantiers au troisième stade de la construction, vu de l'ouest à vol d'oiseau (fin avril 1929).  
A gauche: la première fosse *B* pour le bâtiment des machines, avec la digue de protection prolongée vers l'aval pour la seconde fosse *D*; à droite: la deuxième fosse *C* pour le barrage.



Fig. 12.

Ensemble des chantiers au quatrième stade de construction, vu à vol d'oiseau (novembre 1929).  
A droite: le barrage presque terminé; à gauche: les deux fosses *B* et *D* réunies.

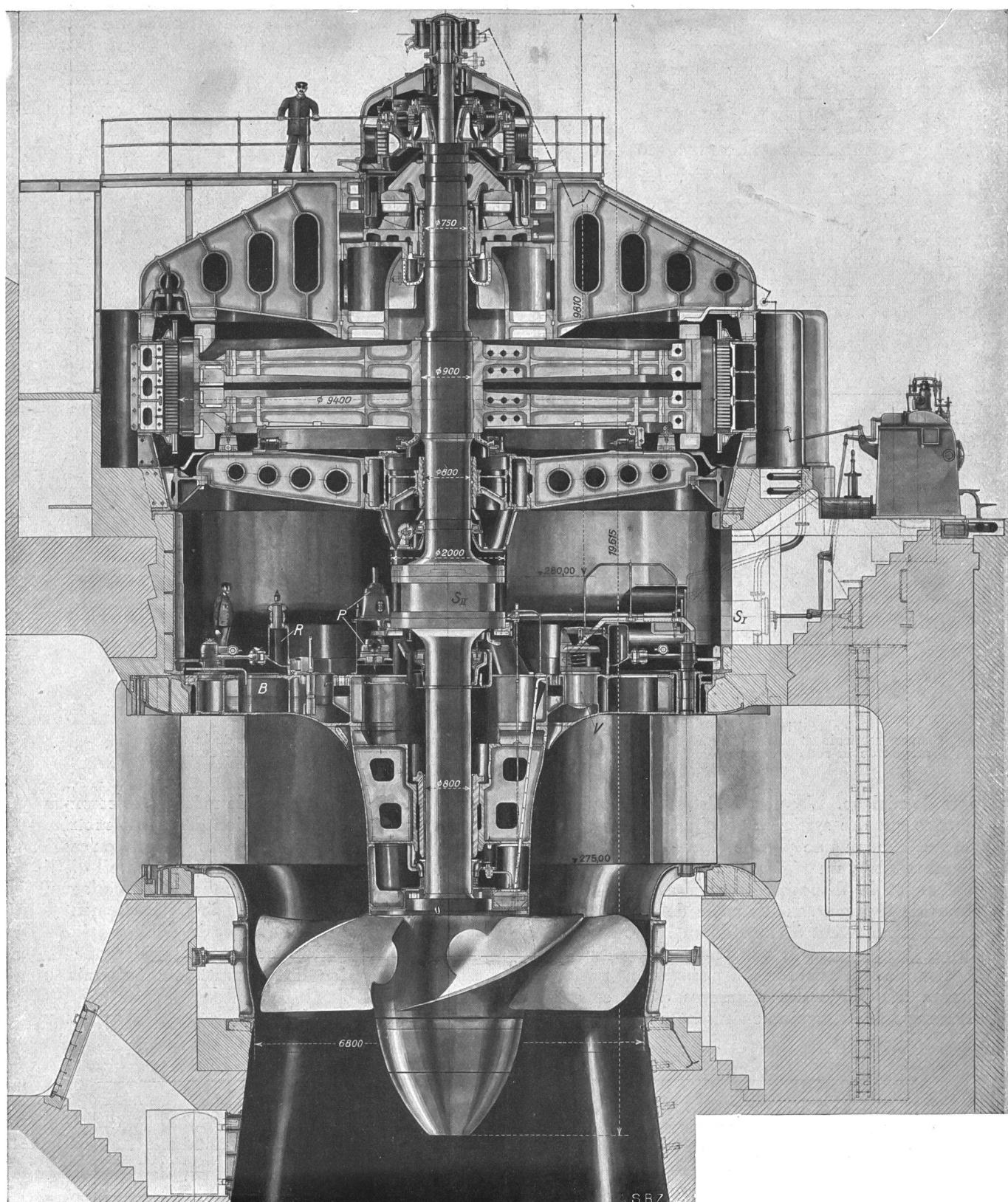


Fig. 13.  
Coupe verticale d'un groupe.

*B* Récipient pour recueillir les fuites d'huile.

*P* Pompe à huile.

*R* Réglage.

*SI* Servomoteur pour l'aubage directeur.

*SII* Servomoteur pour la roue à aubes mobiles.

*V* Reniflard automatique.

Diamètre maximum du cuvelage de la roue 7000 mm. Puissance maximum 28 500 kW sous 11,5 m de chute, 75 t/m.

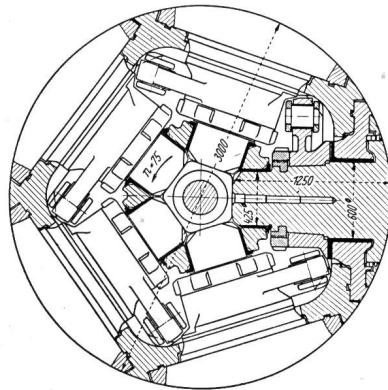
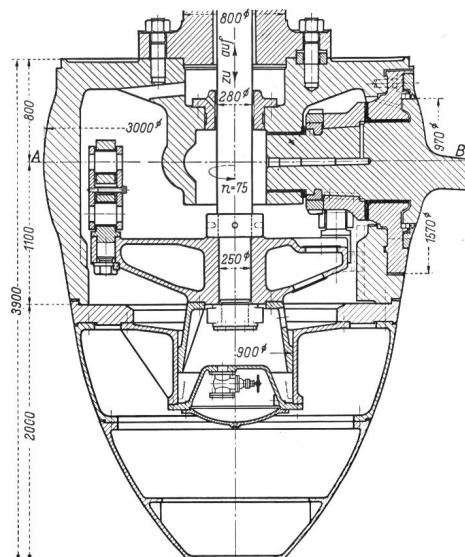


Fig. 14.  
Coupes verticale et horizontale à travers le  
moyeu de la roue à aubes (échelle 1 : 50).

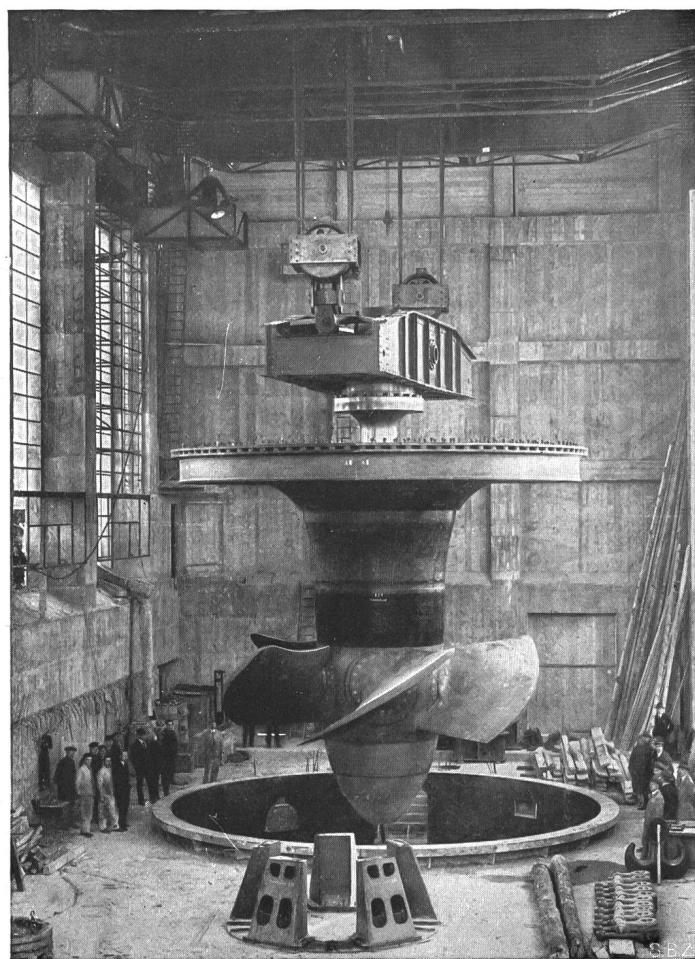


Fig. 15.  
Roue à aubes mobiles, arbre et couvercle de la turbine 1,  
avant la mise en place dans la chambre de turbine.

tiges de réglage. L'appareil distributeur et la roue motrice ont des systèmes de réglage distincts comportant chacun une pompe à huile et une propre chambre d'air, un régulateur et ses accessoires, un régulateur et le dispositif d'entraînement. Ces systèmes de réglages sont exécutés de telle sorte que, si l'un d'eux vient à faire défaut, la continuation du service est assurée par l'autre travaillant seul.

Comme il n'existe pas, à proprement parler, de vannes à l'entrée des chambres d'eau et que la fermeture de la turbine en amont n'est assurée que

par les aubes distributrices, le mécanisme commandant le mouvement de rotation des aubes motrices a été construit de manière à ce qu'il puisse, en cas de non fonctionnement du réglage de l'appareil distributeur, même si le nombre de tours d'emballage a été atteint, fermer et réduire ainsi l'écoulement de l'eau à travers la turbine à  $\frac{1}{6}$  du débit maximum que celle-ci peut absorber de cette dernière; le dispositif d'obturation de l'amont peut être mis en place sous le débit ainsi réduit.

La roue motrice de la turbine ainsi que le cou-

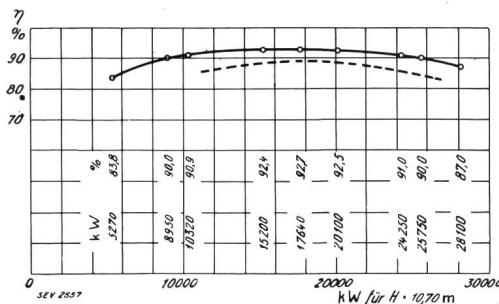


Fig. 16.  
Rendement mesuré de la turbine 1, en fonction  
de la puissance. La courbe en pointillé indique  
les valeurs garanties.

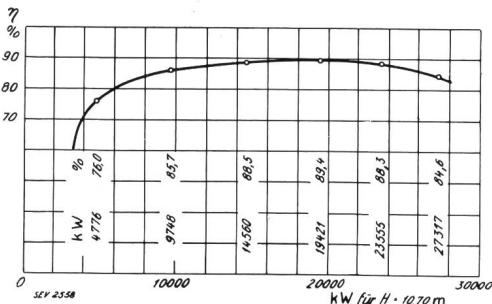


Fig. 17.  
Rendement total mesuré du groupe 1, en fonction  
de la puissance.

vercle exécuté en plusieurs parties peuvent être enlevés et déplacés en un seul bloc par le pont roulant lors d'un montage ou d'un démontage. Le poids maximum à soulever est dans ce cas de 280 t (fig. 15). Le pivot, supportant tout le poids de la partie tournante du générateur et de la turbine ainsi que la pression hydraulique agissant sur la roue motrice, est un palier à segments qui produit automatiquement, par effet élastique, la pression d'huile nécessaire sous la charge maximum d'environ 900 t.

Les essais de rendement sous la chute de 10,7 m effectués sur la turbine 1 avant sa mise en exploitation ont accusé une plus-value réjouissante sur les rendements garantis; en effet, sur la base des rendements garantis pour les générateurs (dont les rendements mesurés ont été également plus élevés que les rendements garantis), la courbe de rendement de la turbine a accusé une valeur maximum de 92,7 % pour une puissance de 17 600 kW (fig. 16). La fig. 17 montre le rendement total du groupe 1 en fonction de la puissance.

## VI. Générateurs.

Les générateurs de courant alternatif triphasé, directement accouplés aux turbines, sont d'une puissance de 32 500 kVA pouvant atteindre en surcharge continue 35 000 kVA, sous  $\cos \varphi = 0,7$ , 50 pér./s et 75 tours/m, la tension nominale étant de 10 500 V (fig. 13). Les générateurs ont un alésage de 9,40 m afin de rendre possible, lors d'un démontage, le passage à travers le stator de la roue de la turbine accompagnée du couvercle. Ils mesurent sur leur diamètre externe 11 m, sans le manteau extérieur en tôle, sur lequel la largeur maximum est de 13,5 m; leur hauteur est de 8,8 m au-dessus du sol de la salle des machines.

Ces dimensions exceptionnelles ont exigé un assemblage des machines tel que les pièces principales soient encore de dimensions admissible, tant pour les exécuter et les ouvrager que pour les transporter et pour les monter. Le bâti du stator a été divisé en huit segments (fig. 18) et repose sur un anneau de fondation également en huit segments, qui s'appuie à son tour sur le cuvelage en fonte de la turbine. Le fer du stator, en tôle d'alliage pour dynamo, est formé de paquets distancés entre eux par des profils d'écartement qui y sont soudés et entre lesquels peut circuler l'air de refroidissement. Les rainures pour l'enroulement sont ouvertes. L'enroulement du stator du type en barres comporte par rainure deux barres en fils tressés et entrecroisés. La partie de l'enroulement qui se trouve dans la rainure est à enrobement de micaite exécuté à la presse et imprégnée, tandis que la partie des barres à l'extérieur du fer du stator est isolée par plusieurs couches d'un ruban imprégné de vernis. Les têtes de l'enroulement sont consolidées entre elles et fixées à des anneaux d'acier reliés au stator, pour résister à l'effet des courts-circuits. L'enroulement se compose par phase, de deux cir-

cuits, branchés en parallèles. Six éléments thermoelectriques, reliés à une plaque de bornes commune, sont montés dans le bobinage du stator pour le contrôle de la température.

Le croisillon supérieur est formé d'une pièce centrale en fonte d'acier à laquelle sont vissés huit bras également en fonte d'acier. Le pivot est monté dans la pièce centrale où il est en partie noyé et se combine avec le palier de guidage supérieur. Les deux paliers sont isolés du croisillon supérieur contre les courants vagabonds. Le croisillon inférieur, qui contient l'autre palier de guidage du générateur, se compose également d'un noyau central en une pièce et en huit bras qui y sont vissés. Les coussinets des paliers de guidage supérieur et inférieur, garnis de métal blanc, peuvent être démontés par le bas, sans nécessiter de démontage préalable de pièces importantes de la machine. Un thermomètre électrique est monté dans chaque palier.

Le rotor du générateur consiste en deux roues en fonte d'acier placées l'une au-dessus de l'autre, formée chacune par l'assemblage d'une couronne en quatre parties et d'un croisillon également en quatre parties. Les pièces polaires en tôles d'acier estampées, serrées entre des plaques de fonte

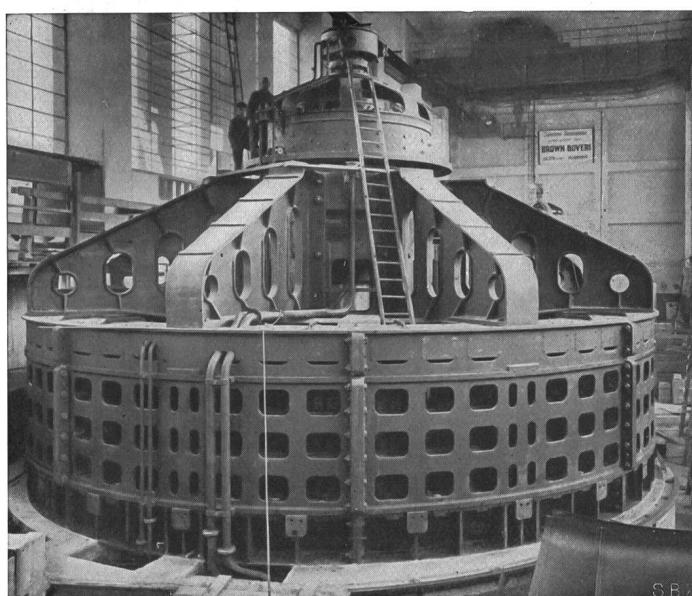


Fig. 18.  
Montage d'un alternateur dans la centrale.

d'acier, sont vissées aux couronnes des roues. Le bobinage des pôles est en ruban de cuivre enroulé de champ, avec couches de presspan entre les spires. Les pièces polaires contiennent un enroulement amortisseur, fait de barres rondes, en cuivre, destiné à assurer un service stable. L'arbre en acier forgé Siemens-Martin possède à sa partie inférieure une bride d'accouplement de 2 m de diamètre venue de forge; il pèse à lui seul environ 30 t et est foré sur toute sa longueur; au travers de ce forage de 360 mm passent les tuyaux pour l'huile de réglage des aubes de la roue motrice de la turbine. Le rotor, d'un poids de 260 t, a subi après montage

en atelier une épreuve à la force centrifuge sous une vitesse de 185 tours/m. La vitesse périphérique correspondant au nombre de tours de cet essai atteignit 91 m/s. Le rotor possède un moment de giration  $GD^2$  de 12 500 t/m<sup>2</sup> (fig. 19).

Les générateurs sont munis d'un certain nombre de pistons de freins mus par air comprimé, installés sur le croisillon inférieur et agissant sur un anneau de freinage fixé au rotor. L'arrêt par freinage du groupe tournant au nombre de tours de service, l'appareil distributeur de la turbine étant fermé, peut être obtenu en une ou deux minutes. En cas d'impossibilité de fermeture de l'appareil distributeur, les freins sont en outre capables d'arrêter le groupe, la roue motrice seule ayant pu être fermée.

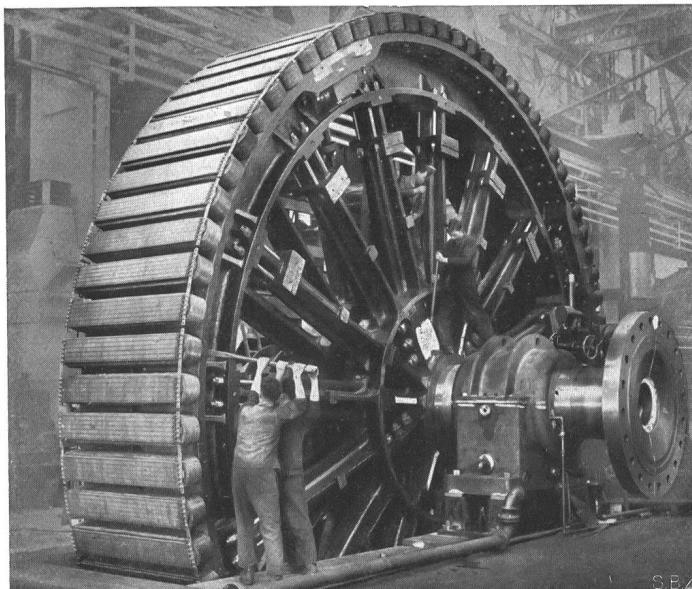


Fig. 19.  
Rotor d'un alternateur en atelier.

Les générateurs assurent eux-mêmes leur ventilation et sont, comme il a déjà été dit, entourés complètement d'une enveloppe de tôle qui sert à la conduite de l'air. La ventilation du générateur est réalisée par un jeu d'ailettes en tôle fixé de chaque côté du rotor. L'air frais pénètre du côté amont dans le haut du générateur, passe à travers les ouvertures ménagées à la périphérie du stator dans le canal collecteur d'air chaud constitué par l'enveloppe de tôle, et monte entre les doubles fenêtres formant canal d'air chaud, pour retourner au dehors (fig. 20).

Chaque générateur est équipé de sa propre excitatrice, d'une puissance de 370 kW, montée en shunt avec pôles auxiliaires et placée directement sur le pivot; afin de satisfaire aux garanties de réglage; une excitatrice auxiliaire servant à l'excitation de l'excitatrice principale est montée à l'intérieur de cette dernière.

La fig. 13, représentant une coupe horizontale à travers l'ensemble d'un groupe, montre la manière dont ce dernier est pris dans l'infrastructure de béton.

Un générateur complet avec ses accessoires pèse environ 565 t, dont 35 t représentent le poids du cuivre. Les rendements à pleine charge de 32 500 kVA garantis étaient de 97,3 % sous  $\cos \varphi = 1$ , de 96,2 % sous  $\cos \varphi = 0,8$  et de 95,5 % sous  $\cos \varphi = 0,7$ . Les valeurs de rendement mesurées correspondantes comportent 97,9 %, 97,2 % et 96,7 % dépassant ainsi les valeurs garanties de 0,8 à 1,3 %.

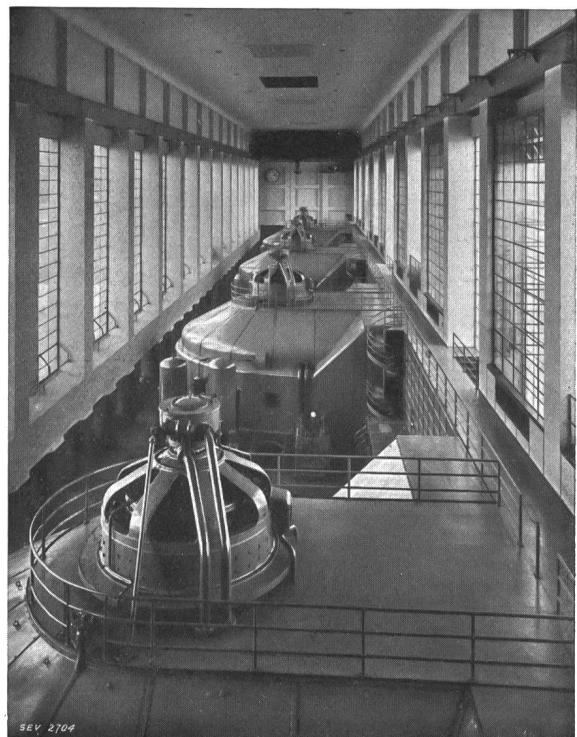


Fig. 20.  
Vue de la salle des machines.

## VII. Transformateurs et installation de distribution. But de l'installation de distribution.

L'installation de distribution est destinée à répartir entre les quatre participants l'énergie produite dans la centrale et c'est là que les échanges d'énergie doivent avoir lieu entre eux. Chacun des participants doit pouvoir disposer en tout temps, à la tension requise, d'un quart de l'énergie produite par les groupes et cela, même après mise hors service, soit de machines, soit de transformateurs. Le premier stade de construction actuellement achevé est représenté par le schéma de la figure 21 et comprend l'installation de distribution pour 4 générateurs et 8 lignes aériennes de départ. A complet achèvement, 13 lignes aériennes aboutiront à l'installation de distribution et 2 commutatrices à glissement avec leurs transformateurs respectifs y seront éventuellement encore installées pour le couplage de réseaux asynchrones.

### Possibilités de distribution et disposition générale.

Des générateurs, l'énergie est conduite sous 10,5 kV par câbles à l'installation de distribution

sous tension des générateurs, éloignée de la centrale d'environ 200 m (fig. 22 et 23). En service normal, l'énergie se dirige de là, sans emprunter les barres omnibus, vers le côté basse tension du transformateur à 4 enroulements installé à l'air libre attribué respectivement à chacun des générateurs. Un système de barres omnibus à 10,5 kV donne la possibilité de brancher les machines en parallèle, ou sur un autre transformateur que celui qui est attribué à chacun de générateurs, ou encore sur une

médiane et où il est possible de circuler. Le bâtiment de distribution, d'une longueur de 100 m, placé au-dessus du canal des câbles qui y aboutit, contient l'installation de distribution sous tension des générateurs, l'installation de distribution du service auxiliaire et le poste de commande avec tous les dispositifs accessoires; plus loin à l'est se dresse un bâtiment à un étage où sont installés les appareillages à haute fréquence de téléphonie à ondes dirigées et de mesures à distance des participants.

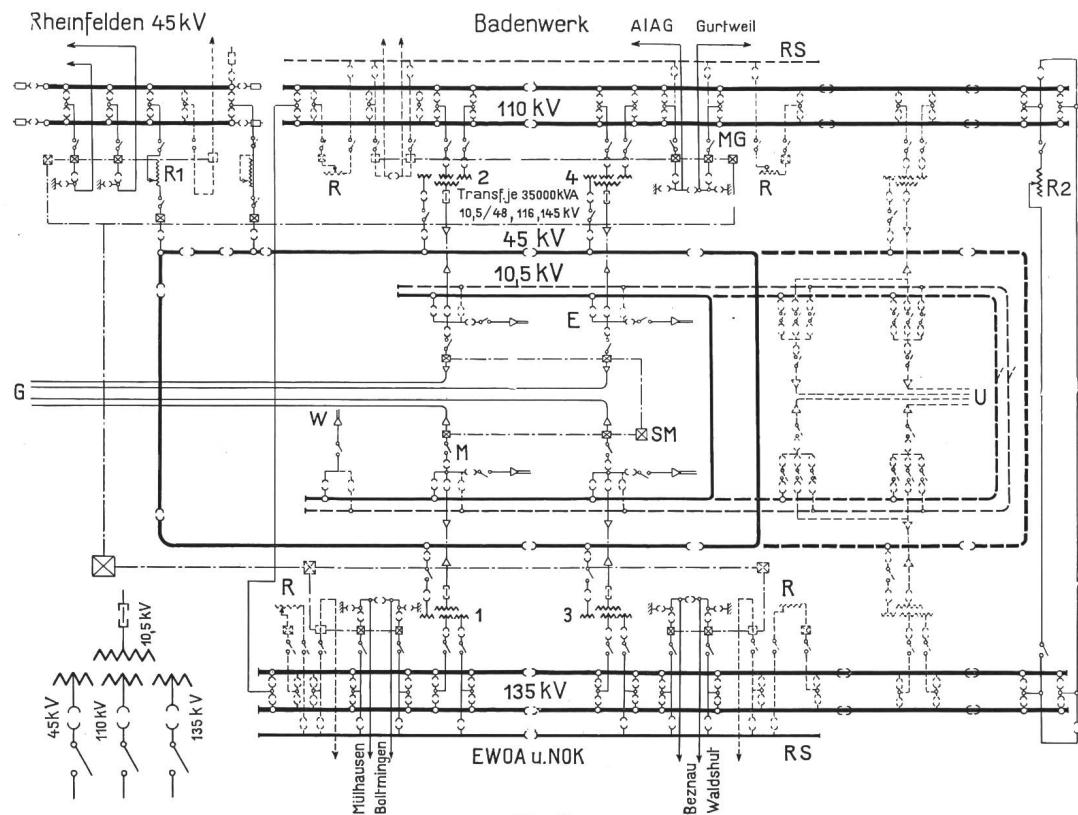


Fig. 21.

Schéma de l'installation de distribution. Les adjonctions prévues pour plus tard sont dessinées en pointillé.

*E* Service auxiliaire.

*G* Arrivée du courant des générateurs.

*M* Dispositif de mesure (les dispositifs actuels seront complétés plus tard de la même manière que ceux qui sont indiqués en pointillé).

*R* Réglage.

*R*<sup>1</sup> Réglage 45 kV ± 15 %.

*R*<sub>2</sub> Réglage 110 ou 135 kV ± 15 %.

35 000 kVA puissance de passage.

*RS* Barre de réglage.

*SM* Mesure par sommation.

*U* Dérivation aux convertisseurs de fréquence 12 000 kW.

*W* Résistance de charge.

résistance hydraulique utilisable jusqu'à 30 000 kW. L'énergie partant des transformateurs est dirigée sur des barres omnibus doubles (fig. 27), pouvant être coupées en plusieurs points et construites pour les services 45, 125 et 150 kV, d'où partent dans différentes directions les lignes aériennes des participants. L'installation de distribution en plein air comporte, outre les quatre transformateurs principaux, un transformateur de réglage à 48 kV et un autre pour les services à 125 et 135 kV, ce dernier pouvant être branché dans une direction quelconque sur les deux barres omnibus ou sur n'importe laquelle des lignes aériennes à 125 ou 135 kV.

Les câbles reliant le bâtiment des machines à l'installation de distribution à l'air libre placée sur la rive badoise sont disposés dans un canal couvert, long de 440 m, partagé en deux par une cloison

Il y a encore lieu de mentionner comme installations annexes, au nord et à l'est de l'installation de distribution en plein air, un hall de montage équipé d'un pont roulant d'une force de 110 t, pour le montage des gros transformateurs, un entrepôt d'huile, un atelier de réparation bien équipé et un magasin.

#### Installations à 10,5 kV.

Pour la liaison à 10,5 kV entre les générateurs et les transformateurs à quatre enroulements il a été employé des câbles spéciaux triphasés pour tension nominale de 15 kV, composés chacun de 3 câbles à un conducteur sous plomb de 300 mm<sup>2</sup> de section de cuivre, tordus ensemble sans matière de remplissage; afin que le câble triphasé résiste aux efforts dynamiques en cas de court-circuit, chaque câble a été pourvu d'une armature commune en

ruban de fer enroulée sur un ruban de plomb intermédiaire. Ces câbles sont branchés en parallèle par groupes de cinq, servant chacun au transport de la puissance d'un générateur. La fig. 22 montre une section à travers le canal des câbles et la façon dont les câbles y sont disposés sur des consoles en béton armé. Deux ventilateurs installés

à l'extrémité du canal des câbles servent, en été, à l'élimination de la chaleur dégagée par les câbles.

La disposition des parties de l'installation montées dans le bâtiment de distribution est visible dans la fig. 22. L'installation principale de distribution à 10,5 kV (fig. 24) comprend: quatre interrupteurs à huile pour les générateurs, quatre

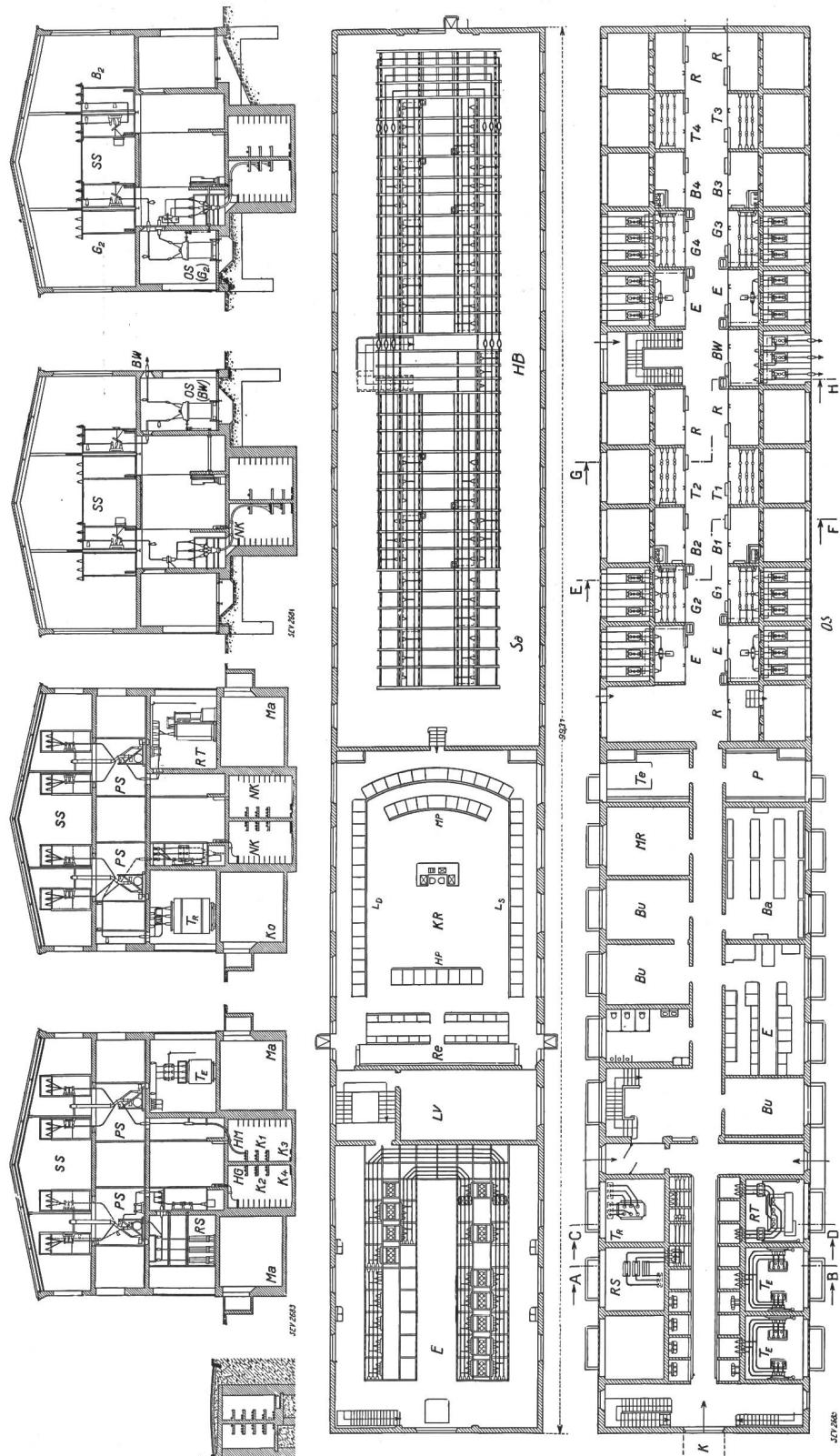


Fig. 22. Distribution à 10,5 kV pour le service principal et le service auxiliaire.

<i>Ba</i>	Batterie d'accumulateurs.
<i>Bu</i>	Bureau.
<i>B<sub>1</sub></i> à <i>B<sub>4</sub></i>	Connexions entre les panneaux des générateurs et des transformateurs.
<i>BW</i>	Panneau de la résistance de charge.
<i>E</i>	Service auxiliaire.
<i>G<sub>1</sub></i> à <i>G<sub>4</sub></i>	Panneaux des générateurs.
<i>HG</i>	Câbles de service auxiliaire venant des générateurs.
<i>HM</i>	Câbles de service auxiliaire allant au bâtiment des machines.
<i>HP</i>	Panneaux du service auxiliaire.
<i>K</i>	Canal des câbles.
<i>K<sub>1</sub></i> à <i>K<sub>4</sub></i>	Câbles des générateurs.
<i>KK</i>	Poste de commande.
<i>Ko</i>	Local des compresseurs pour les interrupteurs à air comprimé.
<i>LV</i>	Poste futur de répartition de la charge.
<i>Ls</i>	Panneaux des lignes des partenaires suisses.
<i>LR</i>	Panneaux des lignes de partenaires allemands.
<i>Ma</i>	Magasin.
<i>MP</i>	Pupitres de commande des machines.
<i>MR</i>	Local de mesure.
<i>NK</i>	Câble de basse tension.
<i>OS</i>	Interrupteurs à huile.
<i>P</i>	Local pour le personnel.
<i>PS</i>	Local des interrupteurs à air comprimé.
<i>R</i>	Panneau de réserve.
<i>RS</i>	Bobines de réactance.
<i>RT</i>	Transformateurs de réglage 1500 kVA, 10 000 + 10 × 150/10 500 V.
<i>Re</i>	Tableau de relais.
<i>SS</i>	Local des barres collectrices.
<i>T<sub>1</sub></i> à <i>T<sub>4</sub></i>	Panneaux des transformateurs.
<i>T<sub>e</sub></i>	Station de téléphonie automatique.
<i>TR</i>	Transformateurs de service auxiliaire, 100 et 300 kVA.
<i>T<sub>E</sub></i>	Barres collectives.
<i>HB</i>	Transformateurs 6400/10 500 V, arrivée des lignes de Rheinfelden.
<i>Sa</i>	Service principal.

pour les dérivations du service auxiliaire et un pour la résistance hydraulique de charge d'une puissance de rupture de 1000 MVA chacun, les transformateurs d'intensité et de tension pour la

de réglage de 1500 kVA de puissance de passage avec interrupteur de charge. A part une station distributrice installée dans le pilier entre barrage et centrale, où se trouvent deux des transformateurs



Fig. 23.  
L'installation de distribution sur la rive badoise, vue du sud-est, à vol d'oiseau.

mesure de l'énergie produite, les barres omnibus 10,5 kV et les cellules de connexion des câbles.

Le service auxiliaire de la centrale (fig. 25) est desservi par un ensemble de 8 transformateurs 10 500/380/220 V, 50 pér./s, ayant des capacités allant de 100 à 1000 kVA, un transformateur 6,3/10,5 kV de 1000 kVA et un auto-transformateur

précités d'une capacité de 1000 kVA chacun desservant le service de moteurs et deux de 100 kVA chacun desservant le service de lumière de la centrale et du barrage avec leur appareillage de manœuvre, tous les dits transformateurs, une bobine de self limitant le courant et les interrupteurs 10,5 kV du service auxiliaire avec barres omnibus, sont

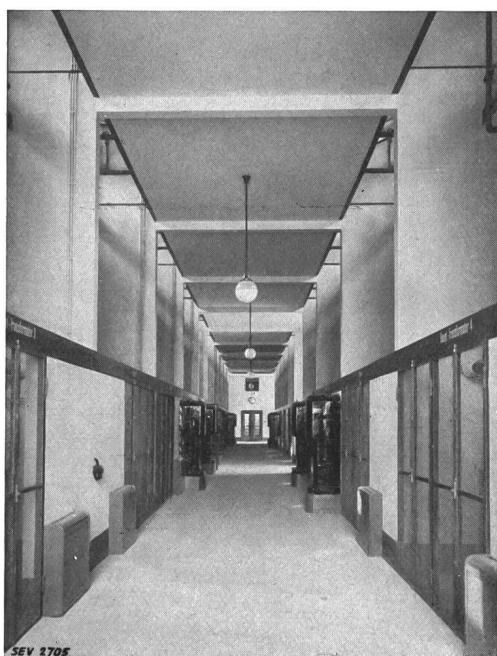


Fig. 24.  
Couloir de service de la distribution principale à 10,5 kV.

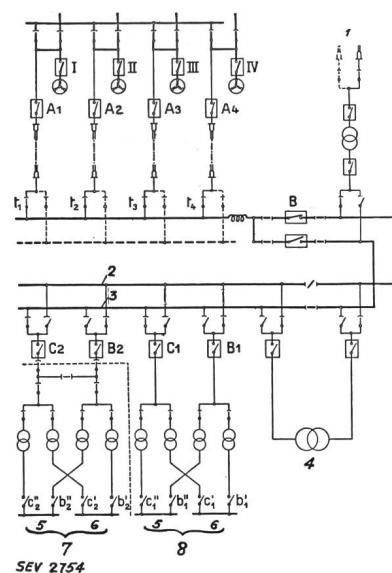


Fig. 25.  
Schéma de l'installation du service auxiliaire.

- |                              |                                     |
|------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Départ Rheinfelden.        | 5 Force motrice.                    |
| 2 Barre B.                   | 6 Éclairage.                        |
| 3 Barre C.                   | 7 Bâtiment des machines.            |
| 4 Transformateur de réglage. | 8 Bâtiment de distribution 10,5 kV. |

disposés dans l'aile ouest du bâtiment de distribution. Les interrupteurs sont des appareils A. E. G. sans huile, fonctionnant par air sous pression (fig. 26), dont la puissance de déclenchement est de 300 MVA; la pression d'air de 15 kg/cm<sup>2</sup> nécessaire

ment du générateur alimentant ces barres, provoque l'interruption automatique de la liaison avec ces derniers et enclanche automatiquement le service auxiliaire sur le générateur le plus proche en service.

Il existe en plus une amenée de courant sous 6,5 kV de la centrale de Rheinfelden, ainsi qu'un moteur Diesel de 110 kW, accouplé à un générateur triphasé, ce groupe ayant à pourvoir uniquement au service des vannes du barrage.

La station de distribution du pilier central est reliée, par deux câbles de 10,5 kV, au service auxiliaire dans le bâtiment de distribution, un seul de ces câbles pouvant satisfaire à l'alimentation de cette station.

Une batterie d'accumulateurs de 260 Ah sert de source de courant continu. La tension en est de 220 V. La charge de la batterie s'effectue au moyen d'un redresseur à mercure en verre, un groupe moteur-générateur servant de réserve. Outre les divers circuits de commande qu'elle dessert, l'éclairage de secours y est connecté par une des phases de l'installation d'éclairage, qui normalement est à courant triphasé et est commutée automatiquement sur le continu en cas de défaut du triphasé.

#### *Installation de distribution à l'air libre.*

L'appareillage et les lignes de départ de chacun des participants sont rassemblés dans un quart respectif de l'installation en plein air, de sorte que la possibilité d'extension future est menagée en général; tous les interrupteurs à huile et sectionneurs ainsi que les transformateurs de mesure sont disposés sur le même plan, les différents rails et conducteurs se trouvant à des hauteurs de 9, 13 et 17 m. Pour la tension et la suspension de ces con-

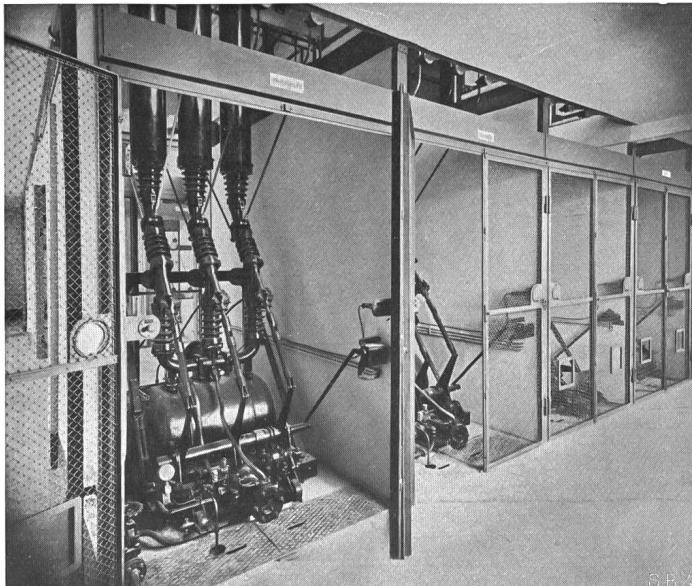


Fig. 26.  
Interrupteur 10,5 kV, AEG, à gaz comprimé, dans l'installation du service auxiliaire.

pour les actionner est fournie par un compresseur installé dans le sous-sol du bâtiment de distribution.

Il a été prévu, pour l'alimentation des auxiliaires, des réserves et automatismes étendus. Les barres omnibus précédant la bobine de résistance peuvent être desservies par chacun des générateurs; la mise hors service, respectivement le déclanche-

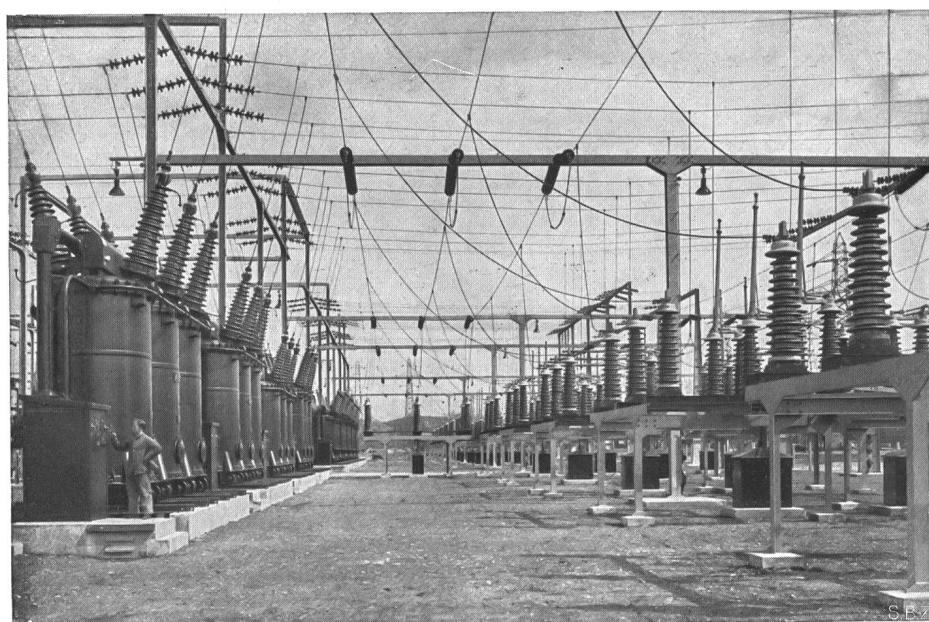


Fig. 27.  
Interrupteurs à huile (à gauche) et sectionneurs (à droite) de l'installation à 150 kV.

ducteurs il a été utilisé exclusivement des isolateurs type Motor à deux protections parapluie en céramique (fig. 27 et 28).

Les interrupteurs à huile 45 kV sont d'une puissance de rupture de 1000 MVA et celle des interrupteurs 125 et 150 kV est de 1500 MVA.

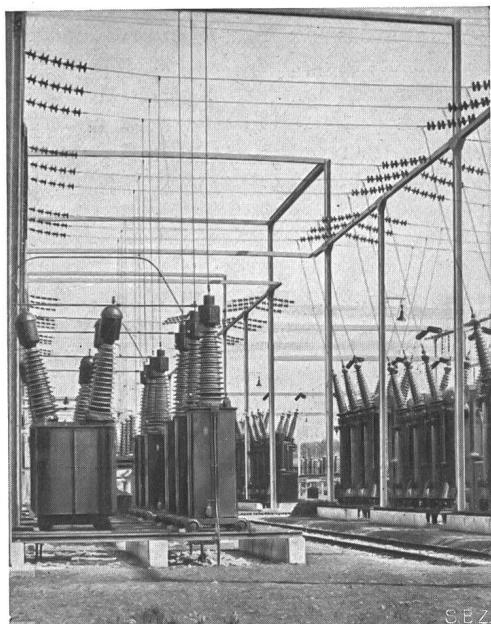


Fig. 28.

Transformateur de tension et d'intensité; à droite: interrupteurs à huile de l'installation à 150 kV.

Les appuis en fer de l'installation de distribution à l'air libre sont en parois pleines et constitués par des profils à ailes larges renforcés suivant les besoins par des tôles soudées dessus ou en dedans. Ils furent zingués sur place par le procédé à projection métallique. L'ensemble des appuis agit comme construction en cadres, les appuis étant retenus entre eux par des tendeurs en câbles d'acier.

#### Transformateurs.

Pour desservir les quatre participants sous trois tensions différentes (environ 45, 110 et 135 kV), des transformateurs à 4 enroulements furent adoptés afin de pouvoir unifier le mode de construction dans toute l'installation, tout en conservant, en cas de dérangement à l'un des transformateurs, la possibilité de maintenir pour chaque participant la fourniture de la quote d'énergie lui revenant. Il s'ensuit que, temporairement, l'énergie d'un générateur ne doit pas, de la tension inférieure, être transformée seulement sous une, mais simultanément sous deux ou trois tensions supérieures. On peut aussi livrer l'énergie d'un générateur sous l'une des tensions supérieures tout en transmettant aussi 35 000 kVA par les deux autres enroulements à haute tension; ce service exige, vu les pertes plus fortes, une augmentation du dispositif de réfrigération facile à réaliser.

Les transformateurs sont d'une puissance normale de 32 500 kVA qui peut être débitée par chaque enroulement et portée à 35 000 kVA au moins, en surcharge continue; ils sont construits pour les rapports de transformation, en marche à vide, de 10,5 kV primaire à 48/116/145 kV secondaire et sont pourvus de deux prises intermédiaires à  $\pm 5\%$  sur les enroulements 116 et 145 kV, commutables hors tension par inverseurs de prise de courant. L'enroulement 10,5 kV est en triangle, les trois enroulements haute tension sont en étoile, le point neutre étant conduit à l'extérieur et isolé pour la pleine tension. Les tensions de court-circuit des divers enroulements varient entre 7,5 % et 9 % pour cinq combinaisons des enroulements; pour le rapport de tension 116/145 kV, la tension de court-circuit fut fixée à 16 %, afin de limiter le courant de court-circuit, vu la forte capacité des réseaux. Les transformateurs sont du type pour installations à l'air libre, ils permettent une surcharge de tension de 10 % en service continu et satisfont aux normes VDE, RET 1930 d'échauffement, de tension d'essais, etc.; ils sont pourvus d'une batterie de refroidisseurs, en deux parties à circulation d'air par ventilateur à faible pression, montées séparément en dehors du transformateur. La circulation d'huile s'effectue par gravité, soit sans l'usage de pompes.

Les rendements varient, sous  $\cos \varphi = 1$ , entre 98,82 % et 98,98 % pour les différentes combinaisons des enroulements, et sous  $\cos \varphi = 0,7$ , entre 98,32 % et 98,44 %.

Les transformateurs d'un poids de 200 t env.

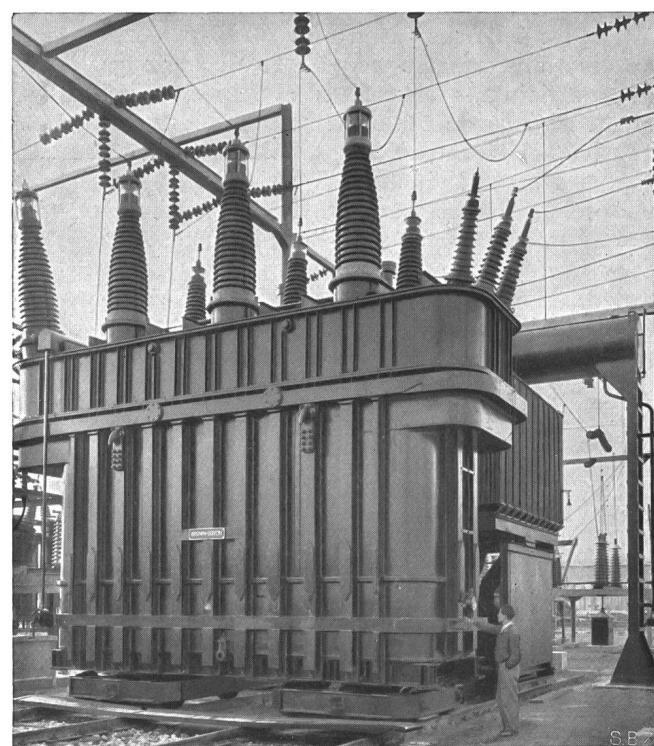


Fig. 29.  
Transformateur BBC 32 500 kVA à quatre enroulements; derrière, le groupe refroidisseur.

sont sur deux bogies et tirés par un tracteur à chenilles sur une voie spécialement solide, pour être amenés du hall de montage à leur emplacement, le changement de direction à 90° s'opérant par conversion des bogies.

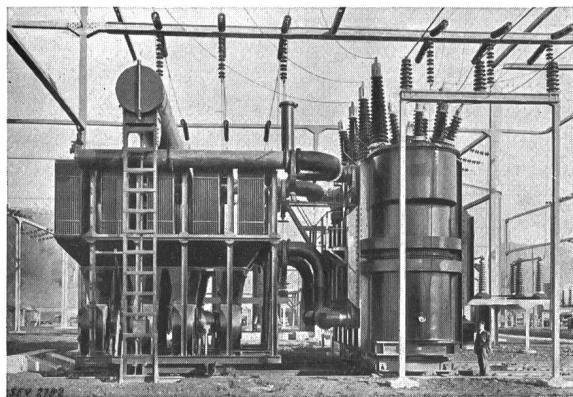


Fig. 30.  
Transformateur à quatre enroulement, 32 500 kVA, des Ateliers d'Oerlikon, avec son groupe refroidisseur.

Le transformateur de BBC est représenté par la fig. 29 et celui de MFO par la fig. 30; la fig. 31 montre la partie active d'un tel transformateur.

A part les transformateurs à quatre enroulements, l'installation en plein air comprend encore deux auto-transformateurs de réglage à refroidissement naturel à air et interrupteur de charge commandé à distance, tous deux pour une puissance de passage de 32 500 kVA, surchargeables en service continu à tous les échelons jusqu'à 35 000 kVA. L'un de ces transformateurs, qui sert au couplage des participants allemands et suisses, ainsi qu'au réglage de l'une ou l'autre des lignes 110 ou 145 kV, a un rapport de transformation en marche à vide de  $145/145 \pm 8 \cdot 2,84$  kV; vu sa fonction ce transformateur est dimensionné pour le passage de la puissance totale sous la tension de 116 kV, la tension par gradin de réglage variant de 2,27 kV. Le deuxième auto-transformateur de réglage, d'un rapport de transformation en marche à vide de  $48/48 \pm 10 \cdot 1,01$  kV environ, est prévu pour le couplage du réseau KWR avec ceux des autres participants.

#### Poste de commande.

Le poste de commande, qui se trouve à l'étage supérieur de la partie centrale du bâtiment de distribution, réunit sur une surface de 14,22 m, en dessous de laquelle est situé le local de distribution des câbles, tout l'appareillage nécessaire à la conduite et la surveillance de l'exploitation, ainsi que les relais et dispositifs de signalisation (fig. 32).

Les panneaux de distribution et de mesures pour les générateurs et les installations des participants sont disposés en

forme de fer à cheval, ont une hauteur d'environ 2,40 m et sont ouverts sur leur face antérieure le long de laquelle existe un passage libre avec accès à l'installation de distribution de 10,5 kV. Sur l'arc du fer à cheval s'alignent les panneaux de mesures pour les générateurs, le schéma répétiteur de l'ensemble des installations à haute tension, ainsi que les dispositifs de synchronisation et de contrôle de mises à la terre; une des branches latérales du fer à cheval contient les appareils de commande et instruments de contrôle non enregistreurs des participants suisses, l'autre branche ceux des participants allemands. Devant les panneaux de mesure des générateurs est placé le pupitre de commande des générateurs, qui contient également la commande de la résistance hydraulique et un dispositif de signalisation optique pour la constatation rapide de dérangements. En face se tient le pupitre de commande du service auxiliaire et les panneaux qui complètent le poste de commande proprement dit, dans lesquels sont rassemblés tous les signaux ainsi qu'un limimètre enregistreur. En arrière de ces panneaux se trouvent les relais sélectifs de distance et les appareils enregistreurs des lignes de départ.

Dans le local de distribution des câbles sont installés tous les compteurs, y compris les comp-

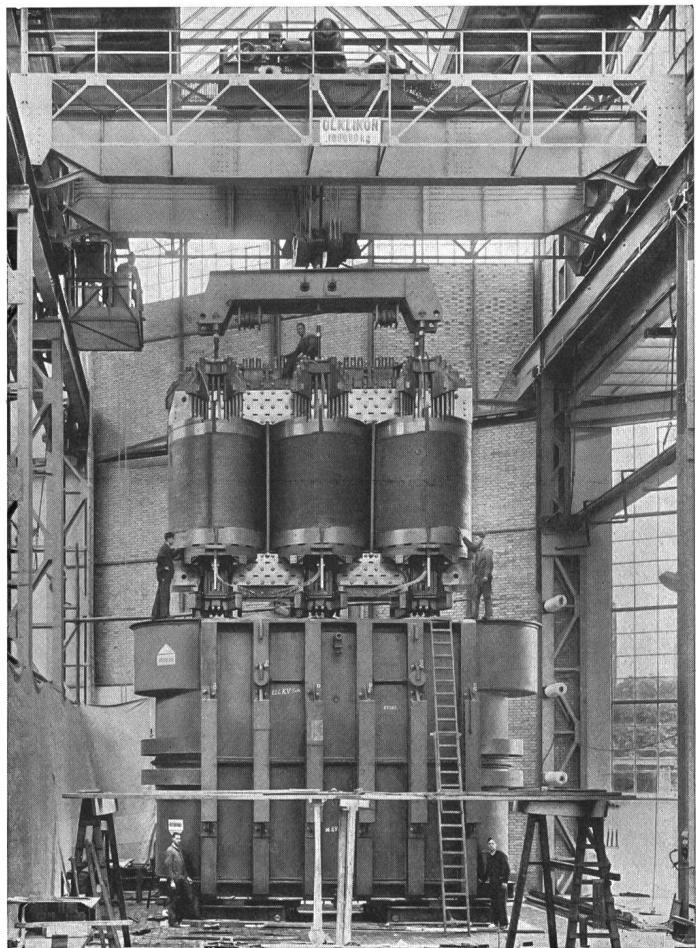


Fig. 31.  
Transformateur Oerlikon lors de sa mise en cuve.

teurs totalisateurs et indicateurs de maxima, les relais pour la commutation automatique du service auxiliaire, ainsi que, sous protection de verre spécial, les commutatrices de l'appareillage de mesures et les dispositifs de contrôle de périodes pour les horloges.

cet émetteur fonctionne suivant le procédé à impulsions de fréquence et communique les impulsions par l'intermédiaire d'un transmetteur de mesures HF-Telefunken. Il y a lieu de noter encore que, dans la centrale, les instruments électriques les plus importants pour l'exploitation, de même

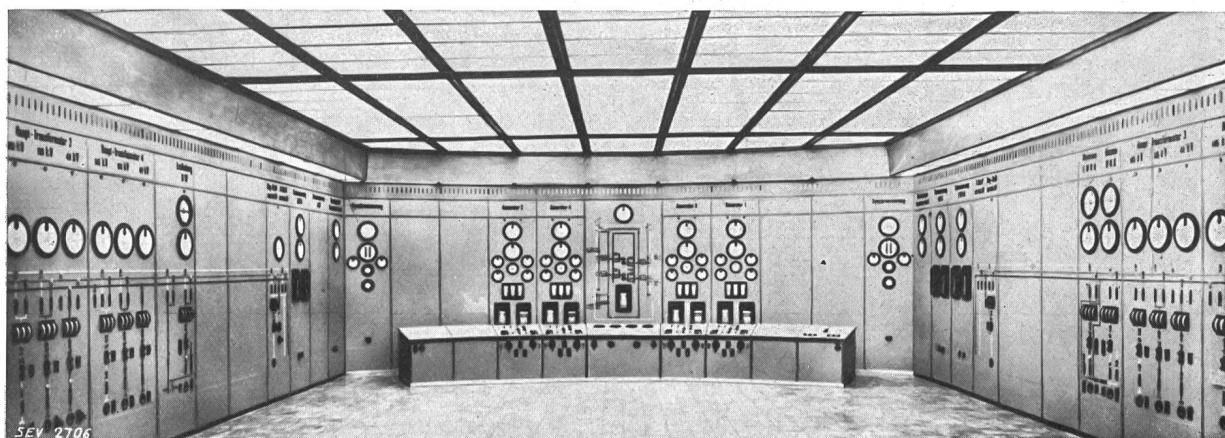


Fig. 32.

Poste de commande, vue prise vers le pupitre de commande des générateurs.  
A gauche et à droite: les panneaux des transformateurs et des lignes aériennes.

#### *Mesure de l'énergie par instruments et compteurs.*

Pour pouvoir surveiller constamment et contrôler ultérieurement la distribution de l'énergie, une installation de mesure importante a été prévue; celle-ci comporte des appareils de mesure indicateurs et des compteurs pour l'énergie active et l'énergie déwattée des divers branchements, ainsi que la mesure des totaux d'énergie active, par instruments indicateurs et compteurs. Deux totalisateurs indicateurs et deux compteurs somment l'énergie produite par les générateurs et celle qui au total est distribuée aux participants; quatre autres systèmes semblables somment l'énergie distribuée sur les différentes lignes aériennes aux participants. La totalisation des valeurs de nature différentes, à faire pour des services asynchrones, s'effectue pour les instruments indicateurs et enregistreurs d'après le système de compensation AEG, et pour les compteurs d'après le système à impulsion AEG; les deux systèmes se prêtent à la transmission à distance des valeurs mesurées.

Outre la totalisation de l'énergie active des différents participants par compteurs de kilowattheures, à indication simultanée de maximum, s'établit la différence totale de l'énergie active (énergie totale consommée moins celle qui arrive d'autres centrales comme transit), ce qui fait que les conditions du régime d'énergie sont toujours clairement sous les yeux. Des compteurs de contrôle comptent l'énergie active transmise aux lignes aériennes. Sauf les compteurs mesurant l'énergie active des générateurs, dont la totalisation s'effectue également d'après le système précédent, tous les compteurs sont à tarif double.

Un émetteur de mesures à distance S & H transmet les valeurs de quantité d'énergie active d'une des lignes de départ à 2 centrales des NOK;

que les régulateurs de tension sont installés auprès de chacun des générateurs.

#### *Protection.*

Les transformateurs à quatre enroulements sont protégés par relais Buchholz et dispositifs différentiels d'exécution normale, ces derniers à transformateurs auxiliaires analogues, branchés comme les transformateurs principaux, et à relais à courant différentiel normal. Aux transformateurs de réglage 48 et 145 kV a été appliqué, outre le relais Buchholz, une nouvelle protection différentielle AEG qui, s'adaptant aux propriétés des transformateurs de réglage, maintient entièrement, malgré une certaine inexactitude dans l'accord des transformateurs d'intensité, tant la sélectivité que la sensibilité.

La protection des barres omnibus est réalisée par quatre jeux de relais de distance AEG pour chaque transformateur à quatre enroulements. De part et d'autre de ceux-ci est monté un jeu de relais entre barres omnibus et transformateur, qui actionne l'interrupteur à huile correspondant. Comme il n'y a pas d'interrupteur du côté 10,5 kV, les trois interrupteurs à huile haute tension du transformateur correspondant sont, en cas de court-circuit sur les barres 10,5 kV, déclenchés par l'action d'un relais auxiliaire sur lequel agit le relais 10,5 kV. Pour éviter, du côté de la tension supérieure des transformateurs, l'emploi onéreux des transformateurs de potentiel, on s'est borné à installer un de ces appareils sur chacun des circuits basse tension, pour avoir le voltage nécessaire à la commande des relais. Les relais de distance ont été établis compte tenu du branchement des transformateurs, ainsi que des conditions d'impédance résultant de la manière particulière dont est pré-

levée la tension pour l'alimentation de ces appareils.

La protection des lignes aériennes de départ est également obtenue par des relais de distance AEG donnant, au point de vue de la caractéristique, un échelonnement suffisant par rapport aux relais insérés pour la protection des barres omnibus.

Des surveillants de circuit de protection AEG contrôlent si les dispositifs de protection sont aptes à fonctionner. Ces appareils signalent automatiquement le fonctionnement du circuit de protection et la présence de dérangements qui s'y produisent, tels que manque de la tension de commande, rupture de conduites, relâchement de contacts ou terres doubles.

#### *Dispositifs de réglage de la tension des machines.*

La tension voulue aux générateurs est maintenue automatiquement à l'aide d'un régulateur par pression de carbons d'un nouveau genre, commandé au travers de solénoïdes par un régulateur à action rapide BBC type normal; le régulateur par pression de carbons provoque, en fonction des variations de pression qu'il reçoit, des variations de résistance correspondantes. L'installation est réglée pour l'obtention en une seconde d'un accroissement de tension de 40 %.

Le réglage de la tension des générateurs s'effectue comme à l'ordinaire, au moyen de résistances sur lesquelles agit le système mobile du régulateur à action rapide. Ces résistances sont montées auprès des régulateurs de tension dans la centrale et sont munies, outre de commande à mains, de commande par moteur, de sorte qu'elles peuvent être réglées à distance, ainsi que les résistances de champ, depuis le poste de commande. Tant pour le régulateur que pour les résistances de champ, les positions momentanées sont en outre reproduites au poste de commande. Il a été possible de cette façon de transférer au poste de commande la maîtrise sur les valeurs principales d'exploitation, sans avoir à poser à l'aller et au retour des conduites d'excitation coûteuses et compromettantes pour la sécurité d'exploitation.

#### *Synchronisation.*

On s'est attaché à réaliser un dispositif de synchronisation permettant de procéder de façon simple, claire et rapide aux nombreuses jonctions possibles dans l'exploitation. Ce but fut atteint indépendamment des diverses tensions de distribution, par reproduction du circuit haute tension sur les panneaux de distribution où il est représenté par une seule phase et où le transformateur ne figure que comme point de jonction (fig. 33). Tous les interrupteurs à huile et les sectionneurs possèdent des contacts sur l'arbre de commande, de telle sorte que, les connexions du circuit haute tension étant établies, les connexions de synchronisation précédant la mise en parallèle sont également prêtes, les fiches nécessaires restant uniquement à

mettre en place. Toute fausse manœuvre est ainsi éliminée, étant donné que le personnel ne dispose que d'une fiche d'interrupteur à huile triphasé et de deux fiches de transformateurs de tension qu'il est impossible de confondre. Les bobines d'enclanchement des interrupteurs, dont les fiches ne sont pas en place, sont bloquées. La concordance des phases est donnée par la présence de deux synchronoscopes.

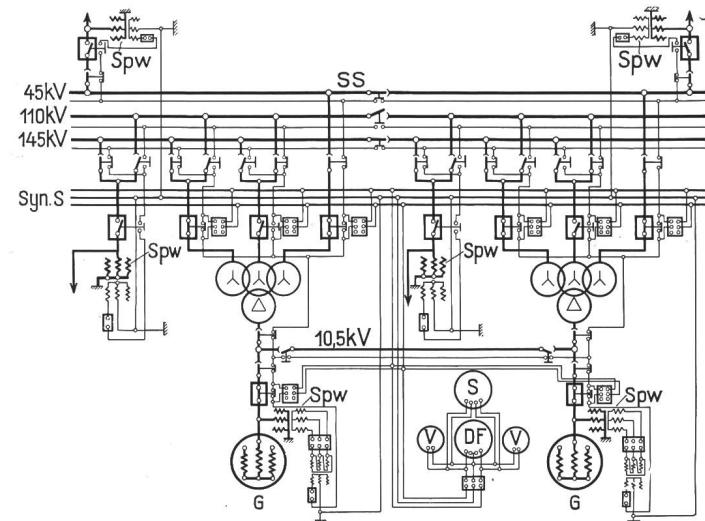


Fig. 33.

Schéma des dispositifs de synchronisation.  
 DF Fréquencemètre double. V Voltmètre.  
 G Générateur. SS Barres collectives.  
 Spw Transformateur de tension. Syn. S Barres de synchronisation.  
 S Synchronisateur.

#### *Installation téléphonique.*

La grande extension des installations de la centrale et le fait que 4 réseaux différents, répartis sur deux pays, sont à desservir, ont conduit à des installations téléphoniques assez importantes.

Trois groupes de postes téléphoniques, fondamentalement différents dans leur fonction, sont à disposition. Le premier groupe, sans possibilité de liaison avec l'extérieur, sert essentiellement aux communications internes de la centrale; le deuxième groupe comporte les points vitaux d'exploitation, qui peuvent communiquer entre eux et avec les deux autres groupes, par les lignes du service officiel des téléphones; le troisième groupe est constitué par les postes téléphoniques des participants, qui ne peuvent être reliés qu'entre eux et avec les postes du deuxième groupe.

Une ligne des réseaux d'Etat tant allemands que suisses relie la centrale aux réseaux téléphoniques publics des deux pays.

Un téléphone présélecteur automatique à 100 directions, dont environ 55 sont occupées, sert au service de la centrale; chacun des participants y est raccordé pour le moment par une ligne privée, à savoir: K. W. Rheinfelden et E. W. Olten-Aarburg A.-G. par un câble souterrain, Badenwerk et NOK par téléphonie à haute fréquence. Ces raccordements de participants aboutissent d'une part au

téléphone automatique et d'autre part à deux plaquettes de commutation montées sur le pupitre du poste de commande, d'où la communication peut être prise directement ou être transmise à d'autres stations et surveillée. L'administration de la centrale à Rheinfelden/Argovie est aussi, outre les participants, raccordée directement à l'automate de l'usine, et ceci par un câble souterrain à 20 paires de conducteurs; une partie de ces conducteurs est prévue pour la transmission des valeurs mesurées.

#### Horloges.

Pour éviter que les mouvements d'horlogerie n'accusent des différences de marche, les horloges murales et de contacts à temps ainsi que les mouvements qui commandent l'avance des bandes des appareils enregistreurs sont actionnés par un petit moteur synchrone monté dans chaque appareil. Tous ces moteurs synchrones sont alimentés par un groupe moteur-générateur commun, dont la marche est maintenue par un régulateur de précision à la périodicité constante de 50 pér./s. De petites variations par rapport au temps exact se rectifient à la main. La comparaison entre le temps indiqué par les horloges synchrones et le temps astronomique se fait par l'intermédiaire de deux horloges de contrôle de périodicité, munies de deux aiguilles de minutes tournant l'une au-dessus de l'autre, dont l'une est actionnée par un régulateur gardant le temps astronomique et l'autre par un moteur synchrone. Une différence de marche entre les deux systèmes se constate par le décalage des deux aiguilles. Le moteur à courant continu du groupe motor-générateur précité entraîne également les dynamos produisant les tensions continues auxiliaires pour les mesures de totalisation d'ensemble ou partielles de l'énergie. Un groupe moteur-géné-

rateur de réserve, ainsi que des dispositifs de protection et de commutation automatiques continuent à assurer en cas de dérangement l'alimentation en courant auxiliaire des instruments de mesures, compteurs et mouvements d'horlogerie.

#### Documentation.

Parmi les nombreuses publications qui ont paru sur la centrale de Ryburg-Schwörstadt, nous ne citerons que les quelques articles suivants, qui ont trait spécialement à des parties de l'installation:

Die Verhütung schädlicher Kolke bei Sturzbetten. Par Th. Rehbock, Karlsruhe. «Der Bauingenieur», Berlin. Du 27 janvier 1928.

Fangdammsprengung in Ryburg-Schwörstadt. Par E. Wiesmann, Zurich. «Hoch- und Tiefbau», Zurich. Du 15 novembre 1930.

Die Telephonanlage des Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt. Par J. Sondergger, Zurich. «Schweizer. Wasser- und Elektrizitätswirtschaft», Zurich. Du 25 novembre 1930. Versuche mit einem grossen Luft-Oelkühler für Transformatoren. Par P. Güttinger. «Bulletin Oerlikon». Du décembre 1930.

Abnahmeversuche an den Turbinen des Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt. Par S. Bitterli, Rheinfelden. «Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure», Berlin. Du 28 mars 1931.

Die 32 500-kVA-Dreiphasen-Stromerzeuger für das Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt. «Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure», Berlin. Du 23 mai 1931.

Zusammenbaukrane für das Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt. «Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure», Berlin. Du 23 mai 1931.

Dreiphasen-Vierwicklungstransformator für Ryburg-Schwörstadt. Par H. Schneider. «Bulletin Oerlikon». Du mai 1931.

Schleuderversuche am Polrad des ersten Grossgenerators der Kraftwerk anlage Ryburg-Schwörstadt. Par K. Kupper. «Brown Boveri-Mitteilungen», Baden (Suisse). Du juin 1931.

Die Turbinen des Rheinkraftwerk Ryburg-Schwörstadt. Par la Turbinenbau-Arbeitsgemeinschaft Ryburg-Schwörstadt. «Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure», Berlin. Du 10 septembre 1931.

### Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

#### Besuch in den Werkstätten der Escher Wyss Maschinenfabriken A.-G., Zürich.

Die neue Leitung der Escher Wyss Maschinenfabriken A.-G. hatte in verdankenswerter Weise in der Woche vom 18. bis 23. Juli Vertreter der Hochschule, der Technikerschaft und der Presse zu einer Besichtigung ihrer Etablissements eingeladen, um den Fachkreisen zu zeigen, dass und wie in der Firma nach der finanziellen Rekonstruktion gearbeitet wird. Der neue Leiter des Unternehmens, Herr Hauptdirektor Huguenin, der den älteren Kunden von Escher Wyss kein Unbekannter ist, begrüsste die Anwesenden, erklärte kurz das Wesentliche dessen, was in den Werkstätten zu sehen ist und gab der Erwartung Ausdruck, dass es trotz der Ungunst der Zeiten gelingen werde, dem Namen Escher Wyss, der ja seit vielen Dezennien einen internationalen Ruf geniesst, mit neuen technischen und administrativen Mitteln, aber auf der soliden Basis der altbewährten Tradition zu neuem Glanz und Erfolg zu bringen. Es war der aufrichtige Wunsch wohl aller Anwesenden, dass sich dieser schöne Optimismus, der heute in unserer ganzen Wirtschaft nötiger ist als je, bewähren werde.

Unter der Führung der Herren Direktor Maas und Oberingenieur Moser wurde dann ein äusserst instruktiv vorberei-

teter Rundgang durch die Werkstätten angetreten, wobei man gleich als allgemeinen Eindruck den einer lebhaften Tätigkeit erhielt, die in der Turbinenabteilung gar nicht zu der vielbeklagten allgemeinen Arbeitslosigkeit zu passen schien. Für denjenigen, der längere Zeit die Fabrik nicht mehr gesehen hatte, fiel besonders die Neuartigkeit der Formen und die imposante Grösse der Abmessungen der Objekte auf. Sah man früher hauptsächlich die relativ einfachen Rotationskörper von Francis- und Peltonräder und dann etwa noch ein grosses gegossenes oder geschweißtes Spiralgehäuse, so sind es heute die fast phantastisch anmutenden Flügel- und Regulierorgane der Kaplan-turbinen und der dazugehörigen gewaltigen Gehäuse, die das Feld zu beherrschen scheinen. Escher Wyss hat diesen neuen Turbinentyp in den letzten Jahren besonders entwickelt; gegenwärtig sind 10 grosse derartige Turbinen in Arbeit: 3 zu 8000 kW für Wettingen, 3 zu 28 000 kW für Albruck-Dogern, 2 zu 15 000 kW für Klingnau, und 2 zu 1250 kW für das neue Limmatwerk Dietikon der EKZ. Im interessantesten Stadium der Ausführung sind eben die 3 Turbinen für Albruck-Dogern für rund 28 000 kW, 11,5 m Gefälle und 75 U/m, welche je 300 m<sup>3</sup>/s, d. h. das mittlere Hochwasser der Limmat bei Zürich schlucken, und die dritte der Turbinen für das Kraftwerk Wettingen, die allerdings «nur» rund 8000 kW leisten, bei 214 U/m, dafür aber unter dem höchsten bisher je für