

# LA HOUILLE BLANCHE

J. REY, Éditeur, GRENOBLE

Abonnement pour une Année { France... 30 francs } Le Numéro : 5 francs  
 { Étranger . 40 francs }

## SOMMAIRE

**MONOGRAPHIE D'USINE.** — La Centrale d'Olten Gœsgen. par H. DE WATTEVILLE, Ingénieur E. P. Z.

**HYDROLOGIE.** — Sur l'étude des relations entre le régime des pluies et le boisement des surfaces, par Laurent RIGOTAUD, Ingénieur agronome.

**ÉLECTRICITÉ.** — Chauffage et Cuisine électriques par accumulation, par Charles BOULEAU, Lauréat de l'Institut, Membre du Jury permanent du Concours-Exposition de Lyon. — Des diverses applications du régulateur automatique à action rapide Brown-Boveri, et des méthodes de branchement correspondantes, par V. SYLVESTRE, Ingénieur A. M. et I. E. G. — Laboratoire d'essai à très haute tension, par J. VALLET, Ingénieur I. E. G.

**LÉGISLATION.** — Les procès engagés par ou contre les con-

cessionnaires. Question des Tribunaux compétents, par Paul BOUGAULT, Avocat à la Cour d'appel de Lyon.

**DOCUMENTATION.** — La Pompe centrifuge et ses applications, par COMTE, ingénieur. — Utilisation des combustibles. — Conférence internationale des grands réseaux de transport d'énergie électrique à haute tension. — Lampe Mazda demi-watt et la contrefaçon. — Salon du Mobilier et des Arts appliqués.

**BIBLIOGRAPHIE.**

**SOCIÉTÉS SAVANTES.**

**NOTICES INDUSTRIELLES.** — Groupes électrogènes de secours « Force et Lumière », pour station hydroélectrique et usages industriels, par R. VAN MUYDEN, Ingénieur, membre sociétaire de la Société des Ingénieurs de France.

## MONOGRAPHIE D'USINE

### Centrale hydroélectrique suisse d'Olten-Gœsgen

Par H. DE WATTEVILLE, Ingénieur E. P. Z.

La centrale d'Olten Gœsgen a été mise en service en novembre 1917. Elle utilise une chute de l'Aar en aval de la ville d'Olten. La longueur totale utilisée de la rivière est d'environ 14 kilomètres ; en basses eaux, la chute brute est d'environ 18 mètres. Cette chute est obtenue en partie par une surélévation du plan d'eau, en partie par un canal de dérivation. La surélévation du plan d'eau est d'environ 4 mètres et se fait sentir sur une longueur de 5 kilomètres en basses eaux et de 3 kilomètres en hautes eaux. La distance entre le barrage et le confluent entre le canal de fuite et la rivière est de 9 kilomètres.

Le canal d'amenée et le canal de fuite ont une longueur totale de 6 kilomètres 2, qui, par rapport au lit de la rivière, présente un raccourci d'environ 3 kilomètres. La chute utile à la centrale est en basses eaux, de 17 mètres ; en eaux moyennes de 15 mètres et, en hautes eaux, de 14 mètres. On a prévu un débit de 350 m<sup>3</sup> seconde, mais les machines n'ont encore été installées que pour 300 m<sup>3</sup> seconde, ce qui correspond à une puissance de 45.000 HP. Le débit moyen de l'Aar est de 100 m<sup>3</sup> seconde, celui de 300 m<sup>3</sup> seconde a lieu pendant 180 jours et celui de 350 m<sup>3</sup> seconde pendant 120 jours.

La retenue est faite au moyen d'un barrage placé en travers de la rivière.

On a profité des travaux exécutés pour la construction du barrage et des canaux pour corriger le lit de l'Aar.

#### CONSTRUCTION

Les sondages ayant indiqué qu'il n'y avait aucun rocher jusqu'à une profondeur de 18 mètres à l'emplacement où devait être construit le barrage, celui-ci a été fondé sur le lit de graviers. Des précautions spéciales ont été prises pour éviter l'affouillement sous le barrage et les infiltrations.

Le barrage a été construit en déversoir ; les vannes du barrage sont donc baissées quand on veut augmenter le débit et non relevées.

Les vannes sont doubles. L'énergie de l'eau est ainsi annihilée et elle ne peut pas endommager les rives et les ouvrages d'art voisins.

Dans la position normale les deux vannes empêchent complètement l'écoulement de l'eau jusqu'à la cote 391,30. Si l'on abaisse celle d'en haut, l'eau se déverse par dessus cette vanne en sorte que l'on puisse maintenir cette cote. Quand cette vanne a atteint sa position inférieure, et s'il faut laisser s'écouler encore plus d'eau, en continuant à manœuvrer les treuils dans le même sens, on soulève les deux vannes, celle inférieure entraînant la supérieure au moyen d'un dispositif particulier. On peut aussi si on le désire remonter simultanément les deux vannes dans la même position relative qu'en service normal ; ceci a lieu quand on veut évacuer les dépôts. On peut encore exceptionnellement soulever uniquement la première vanne en laissant en place celle inférieure.

En ce qui concerne l'étanchéité des vannes, elle a été obtenue jusqu'en dessus du niveau normal de l'eau en ajustant la vanne inférieure à la maçonnerie. A cet effet, l'extrémité supérieure en formé de caisson de la vanne a reçu un prolongement auquel est fixée la suspension de la vanne.

L'étanchéité latérale est obtenue au moyen d'une lame de bois fixée à la vanne, placée entre deux fers à U dont l'un est placé en avant dans la niche de la vanne et l'autre contre celle-ci. La pression de l'eau serre le bois contre les deux fers. La vanne supérieure n'est donc rendue étanche que par rapport à celle inférieure. Cette étanchéité est donnée par des tôles élastiques en forme de Z.

L'ouverture totale du barrage est de 90 mètres, elle est divisée en 5 parties de 15 mètres 60, par 4 pilliers.

Le barrage repose sur deux caissons de fondation fixés à deux hauteurs différentes, à un seuil moins profondément ancré. Cette forme empêche d'abord l'affouillement, l'arête supérieure du barrage est à environ 2 mètres en dessous du niveau des basses eaux à peu près à la cote de l'ancien lit de la rivière. Dans la travée de gauche elle est plus basse de 0 m. 50 pour permettre la chasse. La fondation du barrage est pour la caisse inférieure à 11 m. 50 en dessous du seuil du barrage, soit à environ 14 m. en dessous du

niveau normal de l'eau et à 17 m. 60 en dessous de la cote de refoulement.

L'embouchure du canal d'aménée est à 30 mètres au-dessus du barrage ; elle a 90 mètres de largeur ; elle peut être fermée par 15 vannes de 6 mètres de largeur.

La longueur du canal d'aménée est de 4,80 km ; la pente a été calculée pour un débit de 350 m<sup>3</sup>/sec., elle est de 0,013 % dans la partie supérieure normale de 3,2 km de longueur, et de 0,023 % dans le reste à section réduite exécutée dans le rocher.

Des kilomètres 0 à 25, le canal a un profil ayant une largeur à la partie inférieure de 32 m. et des berges de 1 m. 45. La hauteur normale de l'eau est de 6 m. 10 et la vitesse moyenne d'écoulement est de 1 m. 40/seconde.

## CENTRALE

La centrale a une longueur de 117 mètres, elle est située en travers du canal qui, à cet endroit, a une largeur de 100 mètres.

Le nettoyage de la grille amont est assuré au moyen d'un râteau à commande électrique.

Les turbines sont à axe vertical ce qui permet d'y accéder facilement dès la fermeture des vannes. Pour éviter un étage intermédiaire, les alternateurs sont surélevés par rapport au sol de la salle des machines et reposent sur des colonnes en fonte. De ce fait toutes les machines auxiliaires se trouvent dans la salle des machines, ce qui facilite l'entretien et la surveillance.

La centrale a été prévue pour 8 groupes dont 6 sont actuellement installés.

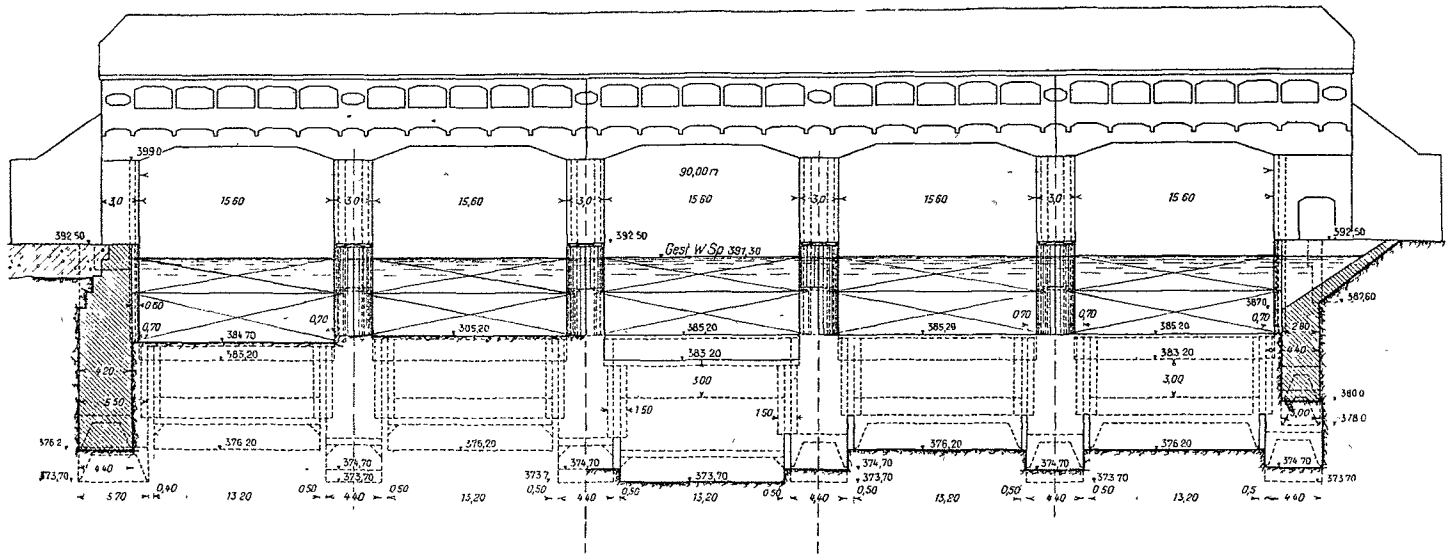


Fig. 1. — Coupe du barrage

Des kilomètres 2,5 à 3,3, le canal a dû être endigué car le terrain solide ne se trouvait alors qu'à quatre mètres de profondeur. La digue consiste en un noyau en argile ayant une largeur de 1 m. 50 au sommet, elle va en s'évasant sur le bas avec une pente de 6/1.

Une couche de 1 m. de terre argileuse, assure une étanchéité parfaite. L'argile a été apporté par couches de 20 cm. et comprimé par des rouleaux. Ce noyau d'argile a été recouvert de terre en couches de 0 m. 50 comprimé avec des rouleaux de 6 tonnes.

Au kilomètre 3,3, le canal entre dans le rocher. La section du canal a été réduite et la citerne d'écoulement portée à 1 m. 80/sec. Avec une largeur à la base de 24 mètres, le canal a des berges ayant des pentes de 4/1 de 3 m. 60 à 4 m. 90 de hauteur. Ensuite les berges comportent une partie horizontale large de 0 m. 50 et ensuite une pente de 1/45. La hauteur maxima taillée dans le rocher est de 16 m., le revêtement en béton varie entre 0 m. 30 et 1 m. d'épaisseur.

Pendant la construction du canal, on a extrait 1.350.000 m<sup>3</sup>, dont 250.000 de rocher. On a employé environ 300.000 m<sup>3</sup> de matériaux dont 220.000 dans les digues.

Remarquons qu'il n'y a rien été prévu pour la navigation commerciale ; seules de petites écluses permettent la navigation de service.

Sur la rive de gauche, on a construit une échelle à poissons système Denil avec des marches de 1 m. 50 de hauteur comportant des bassins intermédiaires de 2 m. 50 ; ces marches ont une inclinaison de 35 °. Au moment de la remonte on a remarqué jusqu'à 50 kilos de poissons dans chaque bassin intermédiaire.

A une extrémité de la centrale, il y a un atelier de montage et de réparations qui comporte une étuve pour le séchage des transformateurs.

Chaque turbine est munie de ses machines auxiliaires.

Les turbines sont d'une puissance de 7.000 HP et travaillent sous une chute variable de 13 m. 5 à 17 mètres ; leur puissance maxima est de 10.000 HP. La vitesse de quatre des groupes est de 83,3 t/m et celle des deux autres est de 93,6 t/m.

La centrale devait primitivement alimenter, d'une part, un ancien réseau à 40 pps et, d'autre part, se relier à la ligne principale suisse de distribution à 50 pps. Deux alternateurs ont été prévus pour pouvoir fonctionner indifféremment à 40 et 50 pps ; c'est pourquoi deux turbines ont été construites pour pouvoir fonctionner indifféremment aux deux vitesses correspondant à 50 et 42 périodes ; ce sont celles tournant à 93,6 t/m pour 50 pps.

Chaque groupe turbine-alternateur comporte deux paliers-guide, l'un placé au-dessus de la turbine et l'autre au-dessus de l'alternateur. Le palier-butée repose sur le croisillon supérieur de l'alternateur. La charge totale de ce palier est de 100 tonnes. Les paliers-butée des quatre groupes normaux sont à huile sous pression avec pompe à huile séparée ; tandis que les paliers des deux autres sont à frottement suivant le dispositif d'Escher-Wyss et C<sup>o</sup>, qui produit lui-même la pression nécessaire. Ces machines ont été aussi munies de pompes à huile séparées pouvant, le cas échéant, alimenter les paliers avec de l'huile sous pression. La roue de la turbine pèse environ 26 tonnes, elle a été coulée en une seule pièce.

Le réglage de la vitesse a lieu par huile sous pression. Ce réglage peut être commandé électriquement à distance depuis le tableau. En outre, un réglage mécanique, normalement actionné par un moteur électrique peut, en cas de nécessité, être commandé à main. Deux pompes identiques à commande par engrenages, à deux étages servent à l'alimentation des paliers-butée et du réglage en huile sous pression.

En principe, le circuit de réglage est distinct de celui du palier-butée, mais, cependant, un dispositif permet, en cas de manque de pression dans le circuit du palier, l'alimentation automatique de celui-ci

par la pompe de réglage. Le refroidissement de l'huile des paliers alimentés sous pression se fait dans un serpentin. Dans les paliers à frottement, le refroidissement a lieu au moyen d'un dispositif placé dans le palier. L'huile de réglage est également refroidie dans un serpentin. Les pompes de circulation d'huile sont toutes les deux entraînées par courroie, par l'intermédiaire d'un engrenage conique. Pour le démarrage, la pompe d'alimentation des paliers est entraînée par un moteur électrique.

La turbine entraîne encore par l'intermédiaire du même arbre le régulateur et une petite pompe de circulation d'huile pour les paliers-guide.

Un petit groupe fournit de l'air comprimé pour les chambres de compression et pour les freins à air comprimé servant à arrêter les groupes.

L'air nécessaire à la ventilation est aspiré par en bas et refoulé par en haut.

Chaque alternateur porte, en bout d'arbre, une excitatrice à dix pôles avec pôles auxiliaires ayant une puissance maxima de 145 kws à 250 volts. Un escalier et une galerie permettent un accès facile à l'excitatrice.

La surélévation maxima de température admise est de 50° et l'alternateur possède une capacité permanente de surcharge de 10 % et instantanée de 25 %. Les rendements sont pour  $\cos \varphi$  0,7 à 4/4 de charge 92,5 %, à 3/4 de charge 91,5 % et à 2/4 de charge 89 %.

#### TRANSFORMATEURS

La distribution se fait à la tension des alternateurs, soit 8.000 volts,

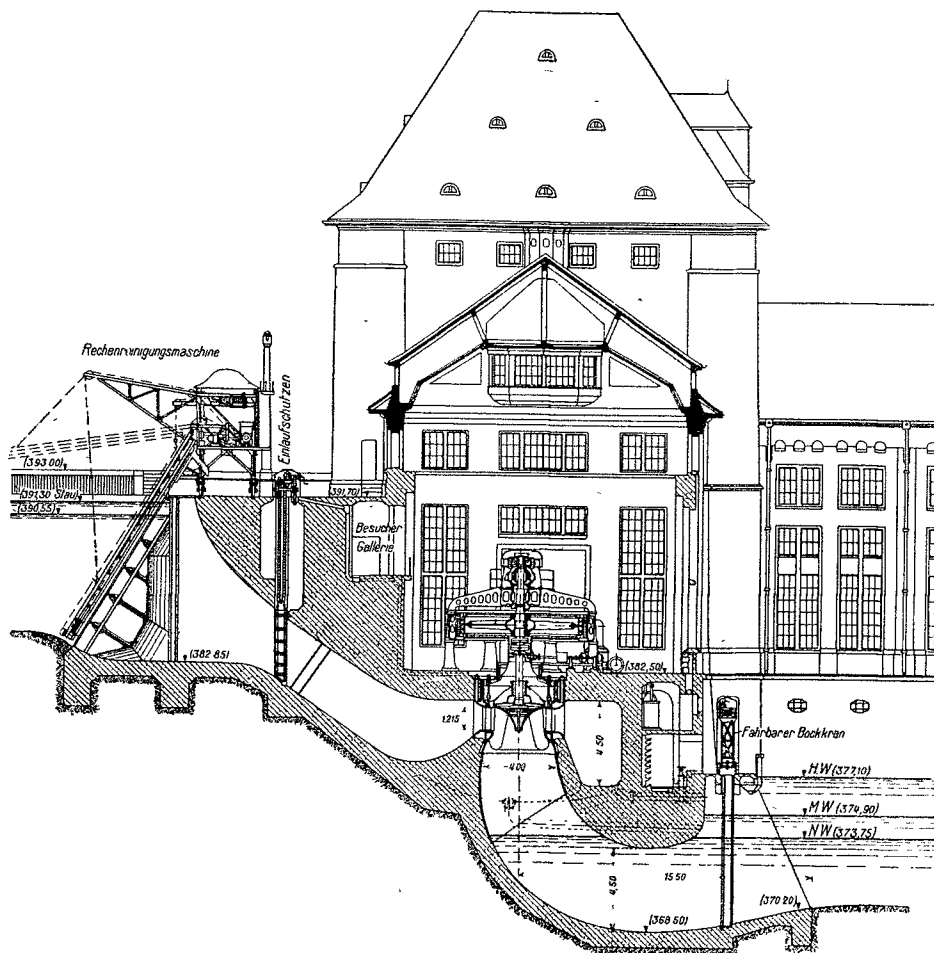


Fig. 2. - Coupe de l'usine par l'axe d'une turbine.

#### ALTERNATEURS ET EXCITATRICES

La puissance normale des alternateurs Brown-Boveri est de 7.050 K.V. A., leur tension de 7.700 à 8.400 volts. Ils sont prévus pour un facteur de puissance normale de 0,7. Les quatre alternateurs de 83,3 t/m ont 72 pôles et ceux de 93,6 t/m, 64 pôles.

Le poids total d'un alternateur avec son excitatrice est de 168 tonnes, dont 56 pour le rotor.

La carcasse du stator est en quatre parties et repose sur huit colonnes en fonte. L'alésage du stator est de 6.800 mm. ; les enroulements sont maintenus dans les encoches par des clavettes en bois. Ils sont imprégnés et isolés au mica. Pour la ventilation, les tôles du stator sont divisées en quinze paquets. Le corps du rotor est en acier coulé, le croisillon des bras est en deux parties et la couronne extérieure est en quatre parties. Le PD<sup>2</sup> du Rotor est d'environ 1.500 t/m<sup>2</sup> alors que le constructeur des turbines ne demandait que 1.000 t/m<sup>2</sup>. Les pôles en acier coulé ont des épanouissements polaires rapportés. Les bobines d'excitation sont constituées par des bandelettes de cuivre. Les bagues sont placées sur le rotor et peuvent être visitées depuis le plancher de la salle des machines.

L'alternateur est relié à la turbine par un tourteau ce qui permet de le démonter séparément.

dans le voisinage immédiat de la centrale. Pour les grandes distances elle se fait à 50 et 70.000 volts. Cette dernière devra être portée ultérieurement à 100.000 volts et toute l'installation a été prévue en conséquence sauf pour les transformateurs. Les transformateurs à 70.000 volts peuvent être facilement connectés pour 50.000 volts.

La puissance d'un transformateur correspond exactement à celle d'un alternateur ; elle est donc de 7.050 K.V.A. Il y a quatre transformateurs à 50.000 volts et trois transformateurs à 70.000 volts. L'un de ces derniers constitue une réserve aussi bien pour le 70.000 volts que pour le 50.000. Les enroulements, haute et basse tension, sont en étoile avec neutre sorti. Le rapport à vide pour les uns est de 8.800/53.700 V. avec prises supplémentaires à la basse pour 8.600/8.400 volts. La tension secondaire à vide des seconds est de 77.370 volts ; ils ont également des prises supplémentaires.

Les transformateurs à 70.000 volts pèsent 28.200 kilogs, ceux à 50.000 volts, 26.400 kilogs. Tous sont à circulation d'huile avec refroidisseur. Les noyaux sont cruciformes et les enroulements cylindriques.

L'enroulement haute tension est placé entre deux cylindres isolants. Il est constitué par un enroulement en fil en galettes doubles. Les transformateurs ont deux enroulements basse tension entre

esquels l'enroulement haute tension est placé. Les enroulements basse tension sont constitués par une bande de cuivre sur champ. Tous les enroulements sont serrés par des anneaux en acier, à travers lesquels passent des tiges de serrage avec écrous et ressorts. Sous la première spire de l'enroulement, est placé un disque en lai-

presses. Les transformateurs sont munis de thermomètres avertisseurs. Un dispositif permet de remplir la cellule du transformateur d'acide carbonique en cas d'incendie.

Les rendements sont à 4/4 de charge de 97,9 % pour 50.000 volts et 97,8 % pour le 70.000 volts.

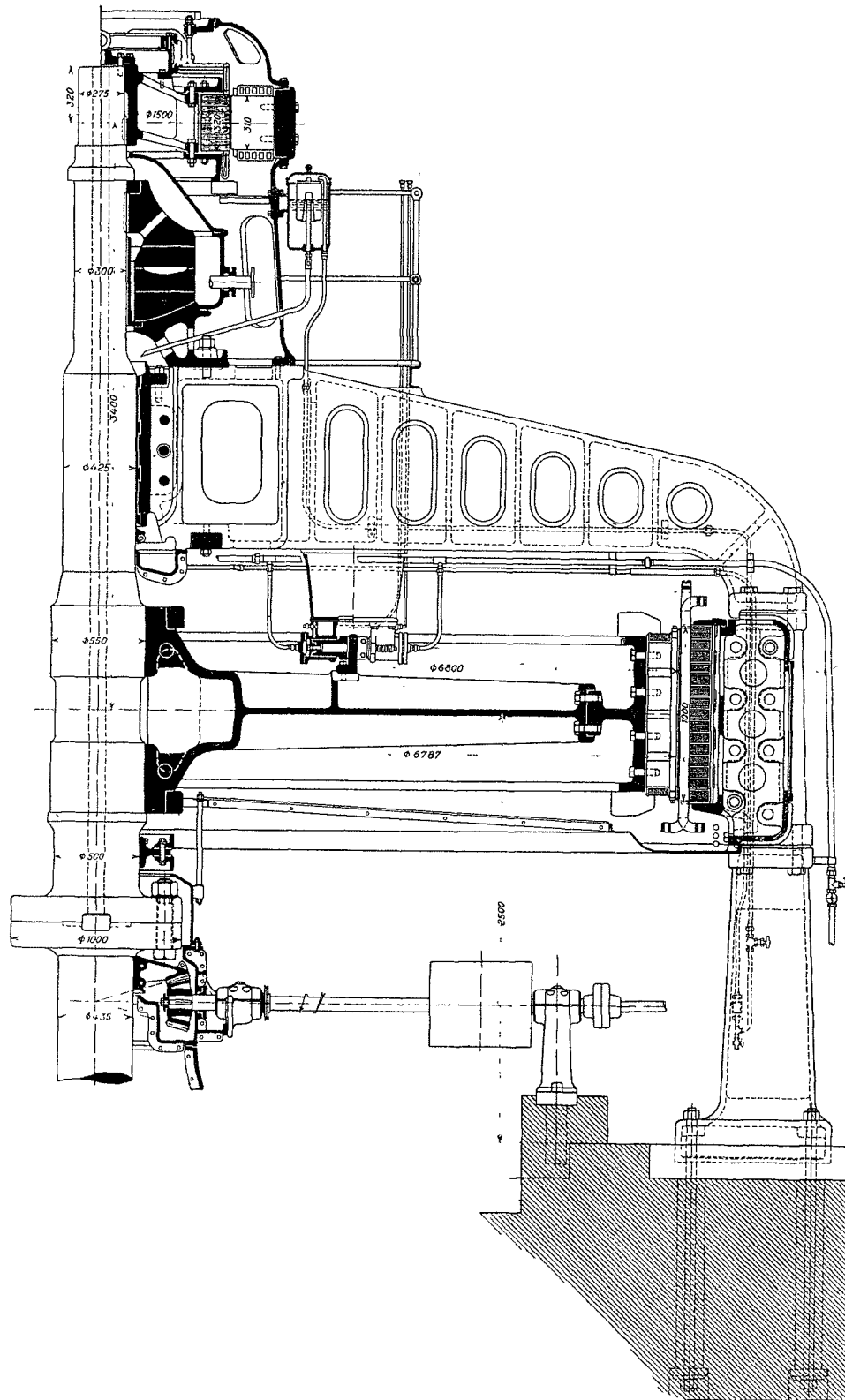


Fig. 3. — Coupe d'un alternateur de 7 050 KVA.

ton qui, avec l'anneau de serrage en acier, forme condensateur de protection.

La circulation de l'huile est assurée par une petite pompe centrifuge actionnée par un moteur de 4 HP. Le débit est de 400 litres à la minute. Il faut, pour le refroidissement de l'huile, 130 litres d'eau à 15° C par minute. Des prises sont placées sur les cuves des transformateurs pour permettre de faire passer l'huile par des filtres-

#### SERVICES DIVERS

La centrale est pourvue de tout un réseau de canalisation d'eau pour divers usages. Elle comporte deux ponts roulants de 40 tonnes qui peuvent être jumelés. Un atelier de réparation a été équipé avec toutes les machines-outils nécessaires.

Une résistance hydraulique a été placée à côté de la centrale pour permettre de mettre les alternateurs en charge.

APPAREILLAGE

SALLE DES TABLEAUX

La centrale a été construite sur le principe moderne « tout en un seul étage ».

Les barres omnibus à 8.000 volts comportent un double jeu placé dans un plan horizontal et qui court sur toute la longueur du bâtiment. En dessous se trouve, d'un côté, les câbles provenant des alternateurs et de l'autre les interrupteurs à huile des alternateurs et des transformateurs.

Immédiatement derrière ces interrupteurs se trouvent les transformateurs décrits ci-dessus ainsi qu'un auto-transformateur avec régulateur d'induction, qui permet de maintenir constante à 8.000 volts la tension des départs directs pour l'alimentation du voisinage.

Il nous faut signaler tout spécialement la salle des tableaux qui se fait remarquer par ses grandes dimensions.

Face à une fenêtre, permettant de surveiller la centrale, se trouvent les pupitres des alternateurs. Derrière ceux-ci sont placées les armoires pupitres des transformateurs et des départs.

Sur tous ces pupitres sont figurés les jeux de barres omnibus. Les lumineux de position sont supprimés et remplacés par de petits disques portant un trait qui, suivant qu'il se trouve dans le prolongement des baguettes figurant les barres, ou dans une position perpendiculaire à celles-ci, indique que les interrupteurs et les sectionneurs sont fermés ou ouverts. Le surveillant peut donc, à tout instant, se rendre compte exactement des connexions qui sont faites ;

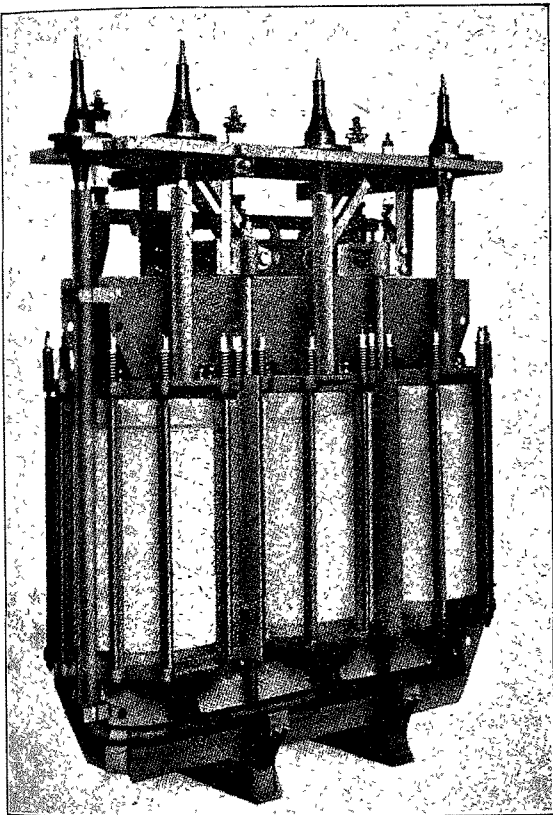


Fig. 4. — Transformateur triphasé de 7.050 KVA (8.000/50 000 volts).

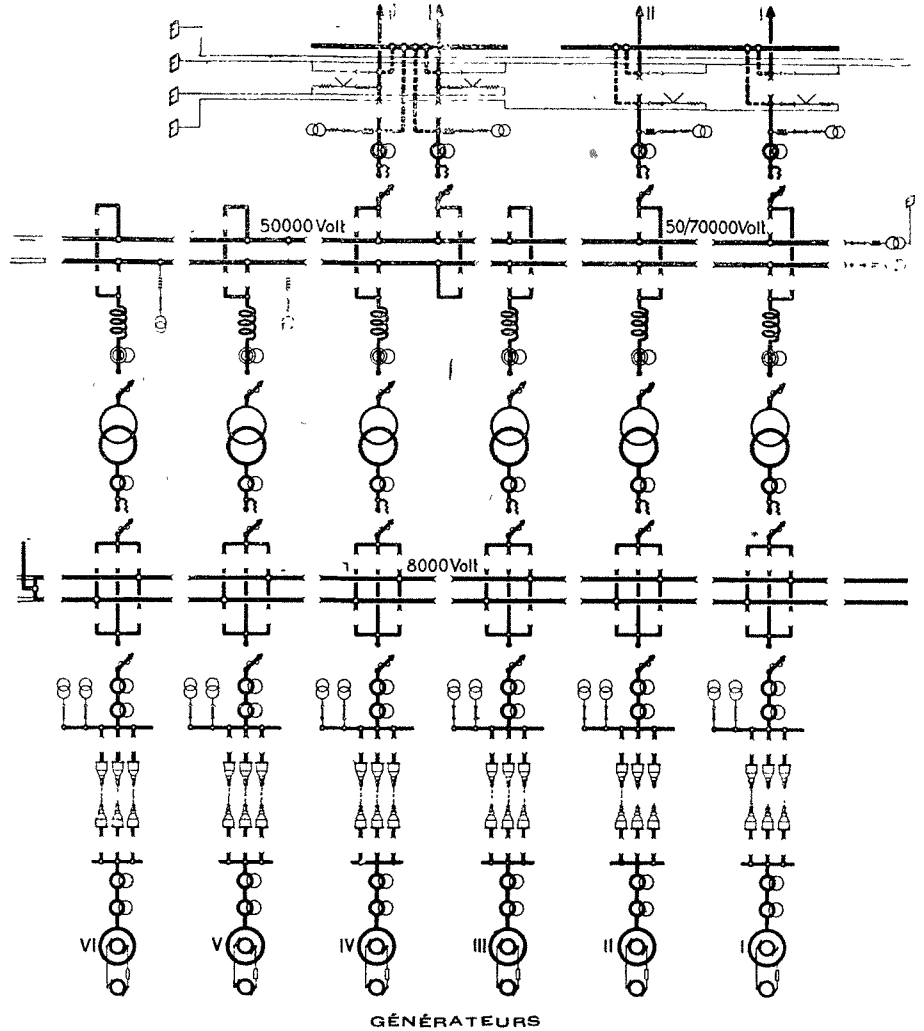


Fig. 5. — Schéma de la Centrale d'Olten Gœsgen (sans les services intérieurs ni le départ à 8 000)

Une voie de chemin de fer pénètre dans la galerie sur laquelle ouvrent les cellules des transformateurs.

A chaque transformateur principal correspond un interrupteur dans l'huile haute tension protégé par des bobines de self.

On a disposé deux jeux de barres omnibus à haute tension. Une partie des connexions passe sous le plancher. Celui-ci constitue une passerelle en béton qui court d'une extrémité du bâtiment à l'autre, avec des bras transversaux donnant accès dans les salles voisines.

De l'autre côté de la salle des barres se trouvent les interrupteurs des départs avec les résistances de choc et les transformateurs de mesure.

Les lignes des départs montent ensuite dans la tour. Dans cette tour sont placés les sectionneurs des départs et les parafoudres à cornes avec résistances liquides de grandes dimensions. Chaque parafoudre est muni d'un enregistreur de décharge.

Les bobines de self ne sont pas disposées à l'entrée des lignes dans la centrale, mais seulement après les barres omnibus. Celles-ci sont protégées par les bobines de self en dérivation, genre Petersen, ayant pour but de mettre les charges statiques à la terre et de limiter les court-circuits.

dans le cas d'un déclenchement automatique des interrupteurs, l'attention du surveillant est attirée par un feu blanc très brillant qui s'allume sur le pupitre correspondant.

Il faut remarquer que la signalisation est très développée dans les Centrales de la Suisse et que, en outre de l'indication ci-dessus de la position des interrupteurs et des sectionneurs, des dispositifs avertisseurs renseignent sur la température atteinte dans les machines et sur les circulations d'huile et d'eau.

Sur une armoire située à droite du pupitre alternateur, se trouvent les régulateurs de tension et d'intensité B. B. C. Le tableau des services auxiliaires fait face à cette armoire.

Au centre de la salle se trouve le bureau du chef de centrale qui peut communiquer par téléphone avec 25 postes distribués dans toute la centrale.

Au-dessus de la fenêtre ayant vue dans la salle des machines, se trouve un tableau portant tous les appareils des barres omnibus.

Le tout a été disposé de façon à ce que le surveillant puisse d'un coup d'œil embrasser tous les pupitres et tableaux, se rendre compte à chaque instant de tout ce qui se passe dans la Centrale et contrôler son fonctionnement.