Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 54 (1928)

Heft: 12

Artikel: L'usine de Broc et son bassin d'accumulation (lac de Montsalvens) (suite)

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-41872

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: 12.07.2025

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

Elle rappela en même temps aux Délégations sa résolution antérieure (voir compte rendu précédent) aux termes de laquelle les Délégations des Etats intéressés sont priées de lui communiquer les dispositions administratives et les instructions techniques qu'ils édicteront pour assurer l'application sur leur territoire de la Convention de Paris.

Les règlements existants relatifs au jaugeage doivent cesser d'être en vigueur le 1er avril 1928.

Statistiques de navigation intérieure. — La Commission centrale a communiqué à la Commission consultative et technique de la Société des Nations les travaux effectués, en matière de statistiques, par le Comité du rapport annuel, le Comité technique et le Secrétariat. Un Comité spécial a été institué par les soins de la Commission consultative et technique en vue de l'étude de cet objet. Les travaux de ce Comité se poursuivent activement.

Parallèlement, un échange de vues préalable a eu lieu au cours de la session de printemps de la Commission centrale, au sujet des résultats de l'examen par les Gouvernements des directives et des solutions proposées en vue d'aboutir graduellement à l'unification des statistiques de navigation intérieure. Les études poursuivies par les administrations intéressées n'ayant pas encore abouti, il a été décidé de renvoyer cet objet à la première session de 1928.

(A suivre.)

L'usine de Broc et son bassin d'accumulation (lac de Montsalvens)

(Suite).[1]

La Centrale.

L'usine s'élève sur la rive droite du cours inférieur de la Jogne, un peu en amont de son confluent avec la Sarine, dans le voisinage de la fabrique de chocolats Cailler. Le bâtiment en béton armé, étudié par M. *Andrey*, architecte, et édifié par M. *Jules Ehlers*, entrepreneur à Fribourg, fut dès l'origine prévu pour cinq groupes électrogènes avec leurs transformateurs et l'appareillage nécessaire (fig. 15).

La création de l'usine imposa la construction d'un pont sur la Jogne. Cet ouvrage en béton, d'une portée de 21 m. 50, fut confié à la maison *O. & E. Kästli*, à Berne.

[1] Voir *Bulletin technique* du 19 mai 1928, page 109.

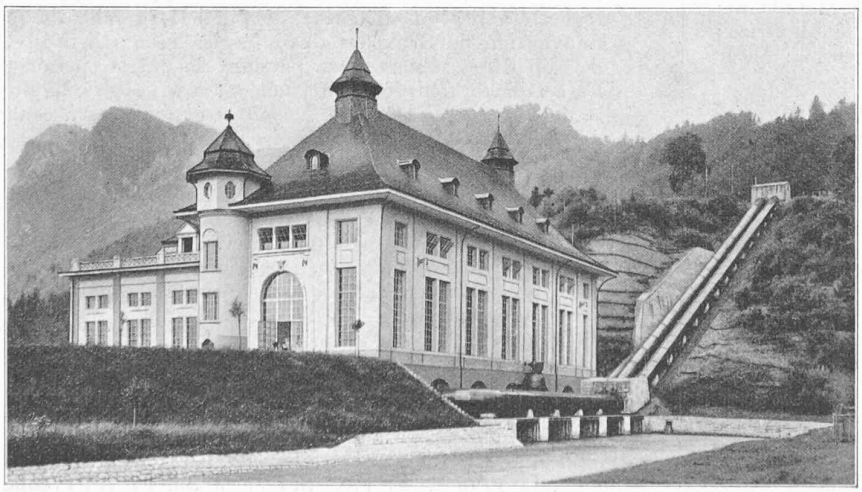

Fig. 15. — L'usine de Broc.

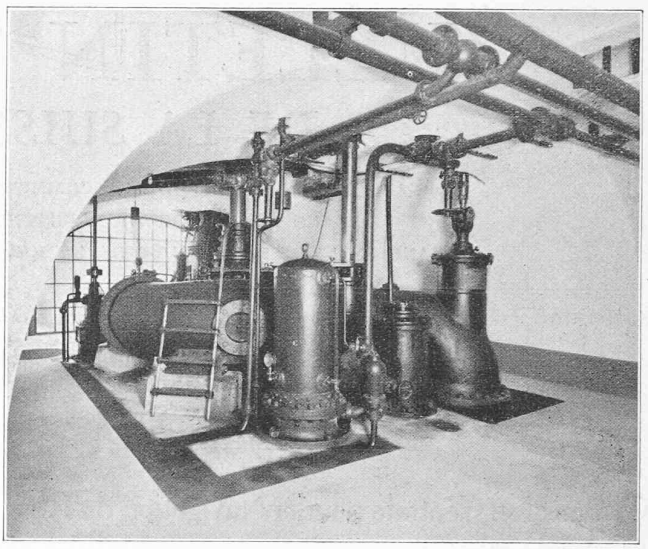

Fig. 16. — Turbine hydraulique et appareils auxiliaires.

Sous la salle des machines se trouve le local des turbines. A chaque groupe électrogène correspond une voûte qui sert de logement à la turbine et aux accessoires dont la présence n'était pas absolument nécessaire dans la salle des machines : vanne compensatrice, vanne d'entrée, pompes, etc... Dans le même local ont pris place également les tuyauteries d'eau, d'huile, la pompe à huile de réserve, etc. (fig. 16).

Parallèlement au local des turbines se trouve la salle des transformateurs où sont réunis les cinq transformateurs élévateurs de tension, deux transformateurs réducteurs, dont un de réserve, pour le service de l'usine, le groupe régulateur automatique de cos φ pour la ligne de l'*E. O. S.* avec son transformateur, plus un certain nombre d'appareils.

Entre la salle des transformateurs et le local des turbines existe un couloir dans lequel a pris place l'appareillage à 8000 V : au plafond deux jeux de barres omnibus, contre le mur côté turbines, les sectionneurs et transformateurs de mesures.

La salle des machines (fig. 17), très largement dimensionnée, est desservie par un pont roulant de 40 tonnes sorti des *Ateliers de constructions mécaniques de Vevey* et muni de trois moteurs électriques. On n'a logé dans cette salle que les alternateurs et les organes qu'il importe strictement d'avoir à portée immédiate de la main ou sous l'œil du surveillant : régulateurs principaux des turbines, commandes des vannes d'entrée.

Les canaux de ventilation des alternateurs débouchent à volonté dans la toiture, pour l'évacuation, ou dans la salle des machines et de l'appareillage pour la chauffer dans la saison froide.

Un podium surélevé domine l'ensemble des alternateurs. On y a réuni les

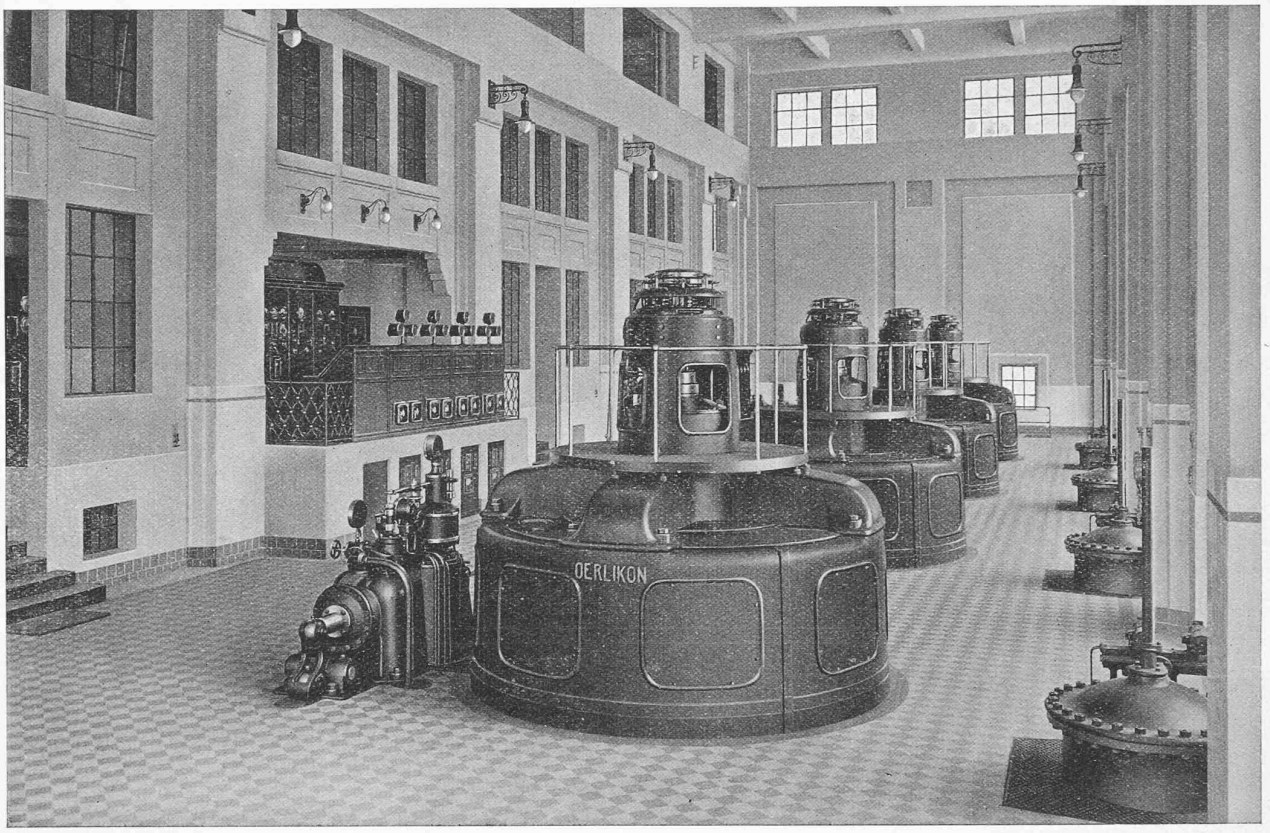

Fig. 17*a*. — Salle des alternateurs de l'usine de Broc. (Vue du tableau).

Fig. 17*b*. — Salle des alternateurs de l'usine de Broc.

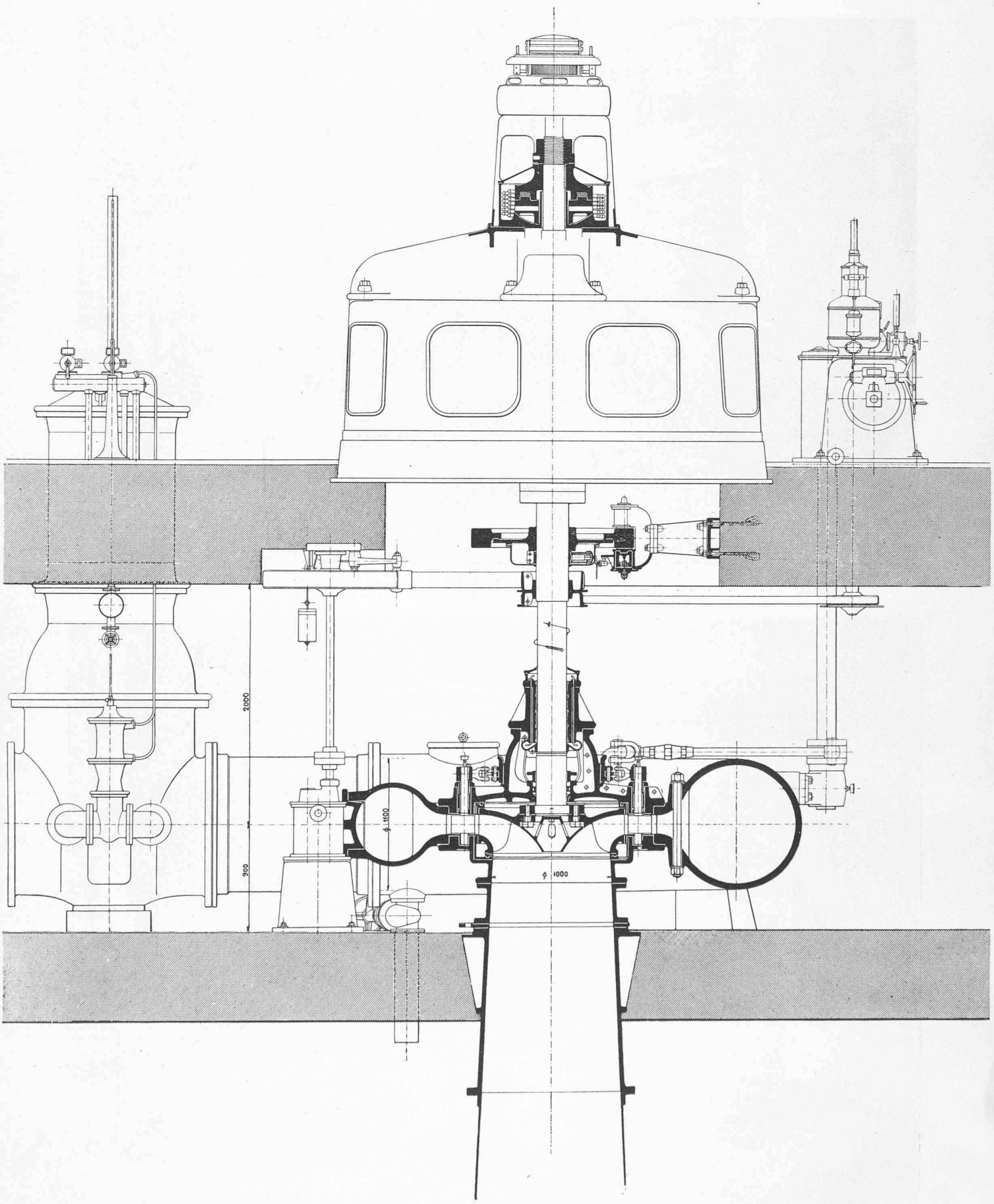

Fig. 18. — Turbine Francis spirale de l'usine de Broc, construite par les « Ateliers de constructions mécaniques de Vevey ».
Echelle 1 : 40.

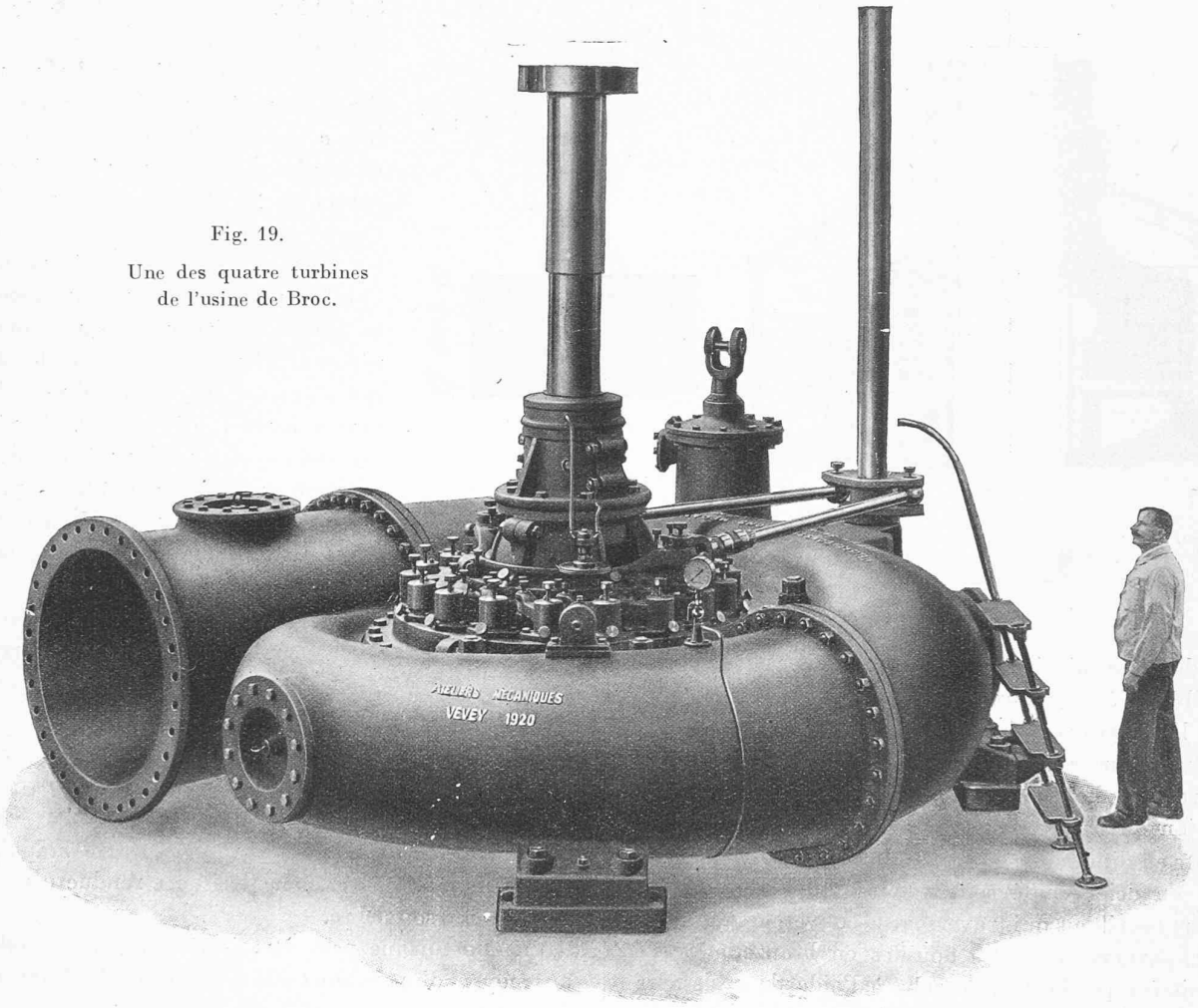

Fig. 19.
Une des quatre turbines de l'usine de Broc.

instruments de mesure et les commandes intéressant toute la centrale. Sur le devant du podium, un pupitre est consacré aux groupes électrogènes et au courant à 8000 V ; au fond du podium, une série de panneaux correspond aux parties à 36 000 et 62 500 V : secondaires des transformateurs et départ des lignes (fig. 17 *b*).

Un seul homme peut faire le service de toute l'usine.

La salle de l'appareillage, de plain-pied avec le podium, est située au-dessus de celle des transformateurs. Des cloisons la divisent en cellules correspondant aux transformateurs et aux sorties de lignes.

Le plafond est occupé par trois jeux de rails omnibus à 36 000 et 62 500 V. Les connexions et les rails collecteurs sont des tubes de laiton montés sur isolateurs de porcelaine.

Les services annexes que comporte toujours une centrale, comme l'atelier de mécanique, la forge, les magasins, etc., sont logés dans la centrale même ou dans un bâtiment à part.

Les turbines et les alternateurs.

Les groupes électrogènes à axe vertical, tournant à la vitesse de 500 tours par minute, présentent la disposition suivante : un seul palier de butée monté sur le croisillon supérieur de l'alternateur soutient l'inducteur de l'alternateur et la roue mobile de la turbine qui lui transmet la poussée de l'eau. L'arbre, en deux pièces assemblées rigidement par deux plateaux venus de forge, est maintenu par deux paliers guides fixés l'un sur le couvercle supérieur du distributeur de la turbine, l'autre dans le croisillon de l'alternateur.

Quatre groupes électrogènes ont été installés dès l'origine en 1921. Le cinquième et dernier groupe différent comme puissance est entré en service en janvier 1928.

Turbines. — Livrées par les *Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey*, elles sont du type Francis et capables de développer chacune une puissance moyenne de 6000 ch. Elles travaillent sous une chute variable dont la hauteur brute passe de 122,30 m (lac plein, cote 800,80), à 96,50 m (lac à son niveau le plus bas, cote 775,00). Leur puissance maxima sous 118 m de chute est de 7320 ch. L'eau est rendue à la cote 678, 50 (fig. 18).

La bâche spirale en fonte est en deux pièces. Son diamètre d'entrée est de 1100 mm. Elle repose sur quatre plaques de fondation scellées dans la maçonnerie.

Le distributeur est formé de deux fonds ou couvercles boulonnés sur les côtés de la bâche spirale. Les aubes mobiles pivotent entre ces deux couvercles. Les joues

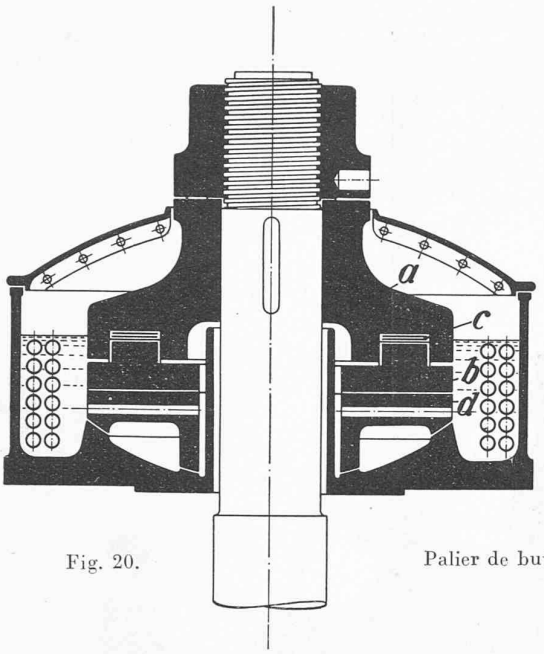

Fig. 20.

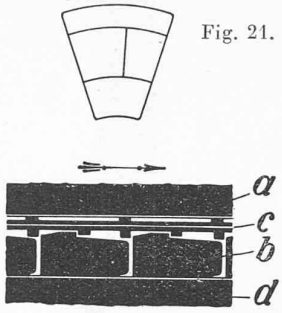

Fig. 21.

Fig. 22.

Palier de butée avec segments pivotants.

de ces derniers, ainsi que les joints de la roue mobile, susceptibles d'être endommagés par l'eau, sont renforcés par des blindages remplaçables. Les joints des blindages du distributeur sont munis d'une série de chicanes circulaires s'emboîtant dans celles de la roue motrice, disposition qui réduit la perte d'eau et atténue l'usure des joints en diminuant la vitesse de cette eau. Les aubes mobiles en acier coulé sont venues d'une seule pièce avec leurs tourillons qui traversent le couvercle supérieur. Ceux-ci tournent dans des douilles en bronze pouvant être graissées pendant la marche à l'aide de graisseurs Stauffer munis d'un dispositif qui les soustrait à la pression de l'eau. Des cuirs emboutis assurent l'étanchéité des tourillons (fig. 19).

L'anneau de réglage extérieur est placé sur le couvercle du distributeur. Des biellettes recourbées le relient aux leviers de réglage clavetés sur les tourillons des aubes pivotantes. Ces biellettes se déforment si au moment de la fermeture un corps étranger s'introduit entre deux aubes; elles empêchent ainsi une rupture de ces dernières tout en permettant au reste des aubes de se fermer.

La roue motrice, en acier coulé, est vissée sur une des brides venues de forge avec l'arbre. Le palier de guidage placé sur le couvercle, est graissé automatiquement par circulation d'huile. Quant au distributeur, il est vissé sur un anneau de fondation en fonte qui porte également le diffuseur conique.

Le palier de butée, système breveté, exécuté aussi par les Ateliers de Vevey, supporte un poids total d'environ 31 000 kg. Il fonctionne de la façon suivante.

Le moyeu *a* calé sur l'arbre repose par l'intermédiaire des anneaux flexibles *c* sur une série de segments *b*. Un de ces segments est représenté en plan par la fig. 21 et en coupe par la fig. 22. Quand la turbine commence à tourner, les segments s'inclinent légèrement et l'huile forcée de passer entre ceux-ci et la lentille inférieure *d* sur laquelle ils reposent, forme une pellicule d'huile qui s'oppose au contact direct des diverses parties métalliques. Ce résultat est obtenu sans recourir à la mise sous pression artificielle de l'huile par une pompe. L'huile est ramenée à une température normale par un serpentin de refroidissement (fig. 20 à 22).

Les rendements effectifs, bien supérieurs aux garanties des *Ateliers de Vevey*, furent les suivants :

$^1/_2$ charge	80 %
$^3/_4$ »	86,4 %
$^7/_8$ »	87 %
$^4/_4$ »	87 %

Ces chiffres expriment le rapport entre la puissance hydraulique absorbée et la puissance rendue par chaque turbine sur son arbre.

Chaque turbine peut être isolée du tuyau collecteur au moyen d'un robinet-vanne à tiroir de 1100 mm de

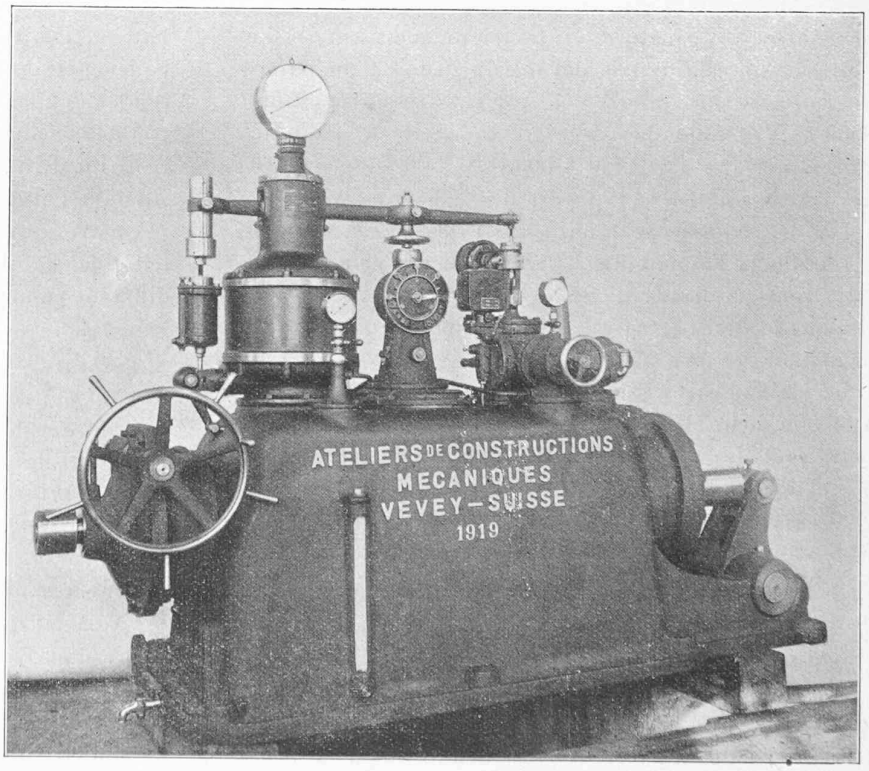

Fig. 23. — Vue du régulateur.

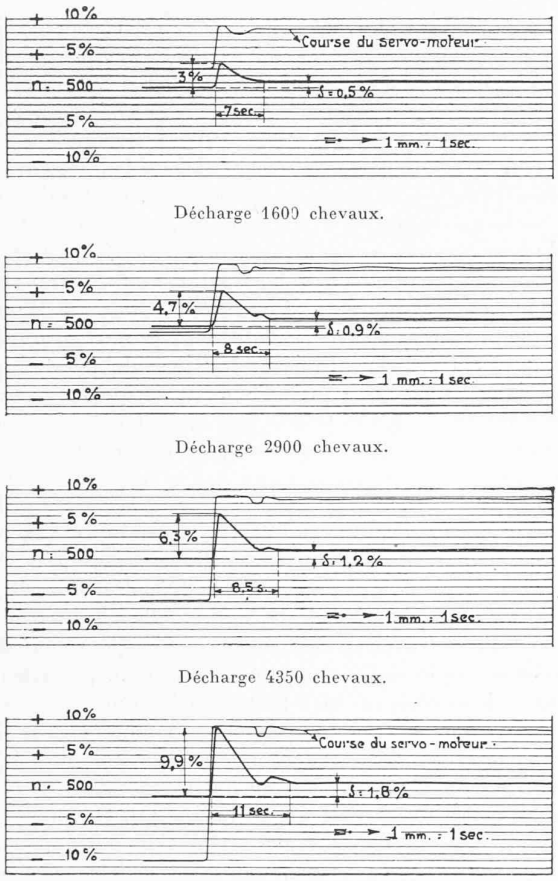

Fig. 24.
Diagrammes de réglage des turbines de l'usine de Broc.

diamètre, avec by-pass de 200 mm, tous deux avec servomoteur hydraulique. Les vannes sont en fonte avec bagues d'étanchéité en bronze. Ces vannes, livrées par les usines *L. de Roll*, peuvent être manœuvrées à la main ou électriquement par des électro-aimants.

Les régulateurs de vitesse des turbines, à pression d'huile, sont installés dans la salle des machines à côté des alternateurs. Leur réglage se fait à la main ou par l'intermédiaire d'un moteur électrique commandé du podium (fig. 23).

Le régulateur proprement dit se compose du bâti formant réservoir d'huile, du servomoteur et des appareils de réglage montés sur le bâti en fonte. Le servomoteur avec piston différentiel agit d'une part sur le vannage des aubes mobiles du distributeur au moyen de l'arbre de réglage vertical et, d'autre part, par l'office d'une cataracte et d'un jeu de tringles, sur le pointeau de la vanne compensatrice dont il est question plus bas.

Les régulateurs ont été soumis à des essais de décharge brusque et les augmentations totales de vitesse constatées furent (fig. 24) :

Pour une décharge brusque de	Ecart de vitesse maximum
1600 ch	3,0 %
2900 ch	4,7 %
4350 ch	6,3 %
6000 ch	9,9 %

La différence de vitesse entre la marche à vide et la pleine charge était de 1,8 %.

Chaque turbine est accompagnée d'une vanne compensatrice ou régulatrice de pression à pointeau, logée dans le sous-sol, dont la fonction est d'atténuer le coup de bélier que produit toujours dans une conduite forcée la fermeture plus ou moins brusque de la turbine ou des turbines qu'elle alimente. Le servomoteur de chacune de ces vannes est sous l'action directe du régulateur de la turbine correspondante : le mouvement du pointeau des vannes compensatrices est donc conjugué avec celui du vannage. Lorsqu'une turbine se ferme, sa vanne compensatrice s'ouvre et laisse s'écouler l'eau à laquelle la fermeture du distributeur vient de couper le passage : cette eau est donc simplement déviée de sa voie normale. Les vannes compensatrices se referment d'elles-mêmes, mais leur mouvement étant très ralenti par une cataracte à huile, la colonne d'eau n'est étranglée que peu à peu et il n'en résulte pas de surpression dangereuse.

L'augmentation de pression résultant d'une décharge brusque de 6000 ch qui, d'après les garanties données par le constructeur, ne devait pas dépasser 10 % fut, en réalité, de 7 %.

Par surcroît de précaution, les turbines ont encore été dotées de régulateurs de sûreté centrifuges qui ferment automatiquement les distributeurs lorsque la vitesse du groupe dépasse une certaine limite fixée, lorsque la pression d'huile fait défaut ou encore quand un organe quelconque du régulateur principal est déréglé.

Ces régulateurs de sûreté, en cas d'accident, ouvrent un robinet qui permet à de l'huile sous pression de serrer des sabots contre un volant monté sur l'arbre de la turbine et de freiner ainsi le groupe. Au moyen de ces régulateurs on peut également fermer les distributeurs, soit à la main, soit depuis le tableau à l'aide d'électro-aimants.

L'huile nécessaire à chaque régulateur de vitesse est fournie par une pompe à engrenage placée au voisinage de la turbine et commandée depuis l'arbre par une courroie. De plus, on a installé une pompe de réserve actionnée par une turbine Pelton de 17 ch réglée à la main.

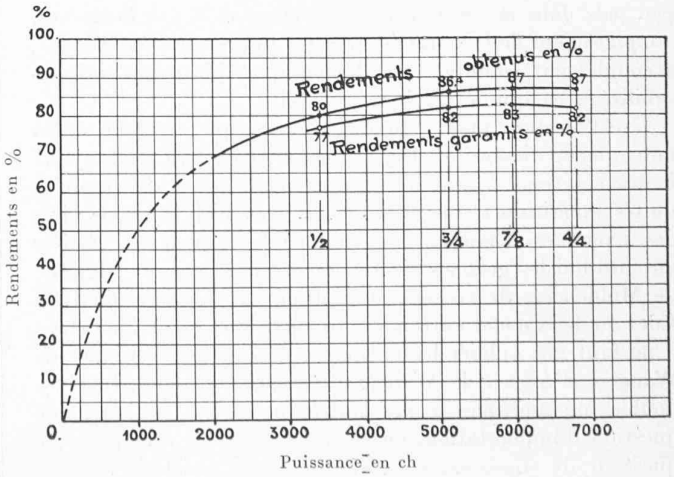

Fig. 25. — Courbes de rendements des turbines de l'usine de Broc, sous 115 m. de chute.

Les quelques renseignements précédents prouvent qu'à la centrale de Broc, toutes mesures ont été prises pour éviter tous les accidents d'origine mécanique qu'il est humainement possible de prévoir.

Les essais des turbines ont été faits sous la direction de M. *Jean Landry*, professeur à l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne. Le rendement maximum est de 87,5 %. Il dépasse 80 % à demi-charge. Une série de décharges brusques ont été effectuées avec une des turbines : malgré une différence de vitesse de 1,8 % seulement entre la marche à vide et celle à pleine charge, le régime a été rétabli en onze secondes au plus. Au moment des décharges brusques, l'augmentation de pression dans la bâche de la turbine n'a pas dépassé 8 %.

(A suivre.)

Au sujet des groupes hydro-électriques à axe vertical ou horizontal.

Nous avons reçu de M. Jules Calame, *ingénieur-conseil à Genève, la communication suivante qui nous paraît répondre, au moins partiellement, au vœu que M.* Dusaugey *exprime à la fin de la note que nous avons reproduite dans notre avant-dernier numéro :*

Dans le *Bulletin Technique* du 19 mai 1928, page 115, vous avez reproduit une note de M. E. Dusaugey à Grenoble, qui résume en peu de mots les conclusions auxquelles l'a conduit une comparaison faite entre des groupes hydro-électriques à axe vertical ou horizontal, du point de vue des constructeurs de turbines et de celui des exploitants.

Que la comparaison, telle que l'a faite M. Dusaugey, soit très attrayante, c'est certain ; qu'elle soit juste dans un ou deux cas particuliers (étant données les conditions d'implantation de l'usine, les prescriptions du maître de l'œuvre ou la fourniture de tel turbinier) je n'ai pas à le mettre en doute, mais la forme objective dans laquelle sont coulés les arguments énumérés ne me paraît pas répondre à la majorité des cas. Elle est, au contraire, de nature à créer pour l'avenir des préjugés inutiles, qui ne serviront pas plus au maître de l'œuvre qu'au constructeur. C'est pourquoi je voudrais y répondre en deux mots.

Et d'abord je remarque que le point de vue de l'électricien n'a pas été considéré. Admettons donc à défaut de mieux que, pour lui, les avantages et les difficultés se compensent à peu près dans la solution à axe vertical et à axe horizontal (emplacement de l'excitatrice, masses tournantes, équilibrage, accouplement, montage et démontage, limite des responsabilités), ce qui resterait à prouver.

Il est certain aussi, comme le remarque l'auteur de la note, que les dimensions des turbines ne se prêtent pas toujours à des solutions à axe horizontal. Sans parler des grandes unités américaines, on ne voit pas très bien — pour citer des exemples classiques — comment on pourrait réaliser aujourd'hui les groupes de Beaumont-Monteux, de Mauzac, de Mühleberg, de Goesgen, d'Eglisau, de Chancy, de Lilla Edet ou de Kachlet autrement qu'à axe vertical. Et pourtant il ne faut pas oublier les exemples, non moins classiques de Wangen, d'Augst, de Wyhlen, de Faal, avec leurs turbines doubles ou multiples à axe horizontal. Il y a toujours une question d'implantation, en ce qui concerne l'usine, et une question de dimensions (vis-à-vis de la résistance, de la fonderie, de l'usinage, du transport) en ce qui concerne les machines, qui sont à considérer séparément.

Le point de vue du *maître de l'œuvre* est certainement le premier à envisager. C'est à lui à choisir l'emplacement, à fournir les bases du projet d'usine. Qu'au cours de la discussion avec le « turbinier », celui-ci lui suggère un déplacement de l'axe de 90°, il est certain que la question mérite sérieusement d'être posée. Tout particulièrement dans l'équipement avec turbines Francis à bâche spirale métallique, c'est-à-dire sous des chutes moyennes entre 20 m et 200 m à peu près. Quand la tubulure d'entrée ne dépasse pas l'ordre de 1500 à 1800 mm de diamètre environ, l'axe horizontal entre parfaitement en discussion. Ventavon, Tremp, le Bois-Noir (St-Maurice-Lausanne), Soulom ou Sainte-Tulle sont là pour le prouver.

La question est alors toujours légitime, du point de vue économique, et elle doit être posée, en ce qui concerne les cubes à mettre en jeu et le prix des équipements. Rien n'est plus utile et plus suggestif que la comparaison de deux solutions bien mises au point, l'une à axe vertical, l'autre à axe horizontal.

Quant aux arguments que M. Dusaugey prête aux *constructeurs de turbines*, j'ai un peu l'impression qu'il s'agit d'arguments qu'on lui a servis pour défendre d'excellentes propositions. La question de la hauteur d'aspiration mise à part et celle de l'aspirateur lui-même — ou pour tout dire : le problème de la cavitation, qui n'est pas au point actuellement — je ne crois pas qu'il faille attacher une valeur objective très grande aux autres arguments énumérés.

Le *nombre* des coudes, sans doute, joue un rôle effectif, mais il y a coude et coude. — Que l'arbre *traverse* le coude de sortie dans les exécutions à axe horizontal, cela n'est pas nécessaire dans la majorité des cas, et il existe plusieurs exécutions, de divers constructeurs, à une seule roue en porte à faux, à vitesse spécifique appréciable, qui ont donné d'excellents résultats de rendement et de durée. — Parce que d'aucuns ont fini par réaliser des *pivots* qui ne chauffent pas, mais ne savent pas aujourd'hui construire des *paliers de butée* susceptibles de supporter l'énorme effort axial des roues à grand n_s, il ne faut pas faire croire au maître de l'œuvre que la solution à axe horizontal soit irréalisable sans équilibrage des poussées par une turbine double.

Il y a enfin la question de l'*aubage*, celle des *tourbillons* et celle de la *vitesse critique*, trois arguments que l'acheteur de turbines n'est en général pas à même de peser et dans lesquels le constructeur et l'essayeur ont jusqu'ici quelque clarté. Je crois qu'il faut le dire franchement : on traite souvent le problème de trop haut. Le vendeur se plaît à agiter un drapeau neuf dont le symbole est encore inconnu de l'acheteur et l'acheteur aime trop, pour n'avoir pas l'air dupe, à répondre par un argument, fourni souvent par la concurrence, et dont il n'est pas à même de percer le mystère. Aubage, tourbillons, vitesse critique, sur quelle base s. v. p. les calculez-vous ? Les mots sont là ; des phénomènes existent. Mais quelle sécurité le maître de l'œuvre a-t-il vis-à-vis des propositions faites, puisqu'il n'est pas à même, dans la plupart des cas, de connaître et de vérifier les hypothèses qui ont servi de base au calcul ? — Un arbre est calculé pour la vitesse critique. Oui, mais comment ? et pour laquelle ? Quant à la vitesse d'emballement, son énoncé éveille à lui seul toutes sortes de perspectives terrifiantes et si souvent injustifiées.

Je m'étonne aussi des arguments donnés par M. Dusaugey contre *les déchargeurs*. Comme je l'ai montré jadis[1], il n'y a perte d'eau (au sens économique du mot) que si l'orifice compensateur est mal construit. En fonctionnement normal, même en régime le plus variable, la perte en débit ne doit

[1] Voir *Bulletin technique* 1924, pages 187, 228 et 237.