Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 59 (1933)
Heft: 25

Artikel: Les turbines de l'usine hydro-électrique de Kembs
Autor: Virchaux, J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-45694

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: 02.07.2025

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

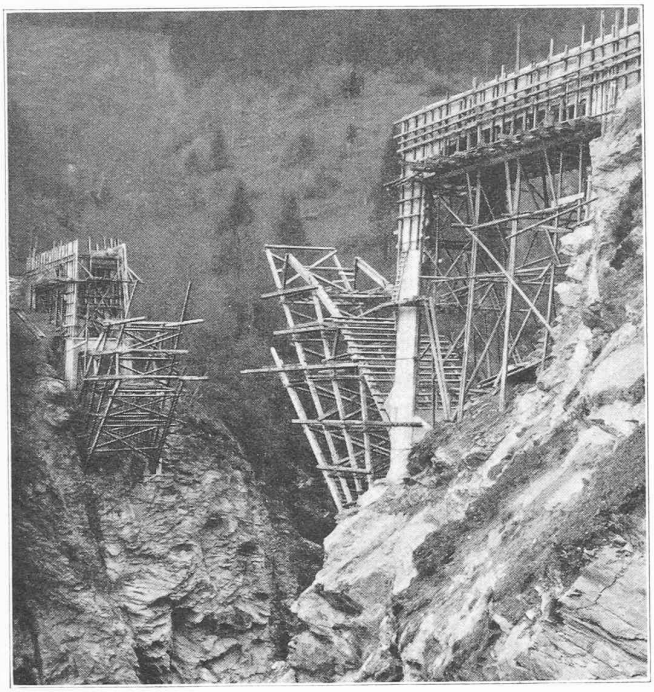

Fig. 8. — Pont sur la Viège, à Meryen.
Une phase intéressante de la construction du cintre.

charges postérieures à son durcissement, c'est-à-dire pour le poids du macadam et pour les surcharges. Il a une hauteur variable et sa rigidité est grande par rapport à celle des arcs. Il absorbe donc une grosse partie des moments fléchissants provoqués par des charges dissymétriques.

L'étude faite pour le pont de Meryen prouve que l'on commet une erreur grossière lorsqu'on calcule un ouvrage semblable comme un simple arc encastré. On ne peut davantage, à titre d'approximation, répartir entre l'arc lui-même et le longeron — en tenant compte de l'inertie et de la longueur des éléments — les moments fléchissants que l'on obtiendrait dans le cas de l'arc encastré. En effet, outre que le système réel est plus défavorable que l'arc encastré simple pour le retrait et les variations de température, il ne faut non plus pas perdre de vue que si l'arc est encastré, le longeron, lui, repose librement à ses extrémités. Il reste pour l'arc, dans le voisinage des naissances, des moments relativement importants par rapport à ceux que l'on a dans les autres sections. C'est pourquoi, au pont de Meryen, les sections aux naissances sont frettées, tandis que dans les régions voisines des reins et de la clé, les efforts dus à la compression et à la flexion restent toujours inférieurs à la limite de 50 kg/m² prévue par les prescriptions suisses de 1915 pour la compression excentrique avec majoration pour construction en arc.

Le travail fut exécuté par l'entreprise *Losinger et Cie*, à Vernayaz, sous la direction tout d'abord de M. *Dubuis*, puis ensuite de M. *Muller*, ingénieurs en chef du Service des routes de montagne.

Le professeur *Ros*, directeur du Laboratoire fédéral d'essais de matériaux, effectua, en décembre 1930, les essais très complets de ce pont. Il utilisa, comme charge, quatre camions d'un poids total de 37,8 tonnes, et mesura les flèches, les oscillations, les rotations, les tensions, ainsi que les mouvements des joints de dilatation. Les résultats obtenus furent en tous points excellents. Il y a lieu de souligner, en particulier, que les tensions mesurées étaient partout inférieures de 15 à 40 % aux tensions calculées, ce qui prouve que la sécurité est encore plus grande que ne le fait ressortir le calcul. La flèche maximum de l'arc au quart, sous une charge mobile de 37,8 tonnes, ne s'éleva qu'à 1,8 mm, soit $\frac{1}{37\,000}$ de la portée. L'amplitude des oscillations verticales, sous un convoi de trois camions avec une vitesse de 10 km à l'heure, atteignit 0,1 mm seulement.

(A suivre.)

Les turbines de l'usine hydro-électrique de Kembs

par M. J. VIRCHAUX, ingénieur à Genève.

(Suite et fin) [1]

Nous allons donner une brève description de ces machines, dont l'une est représentée par la figure 9.

Chaque turbine est logée dans une spirale en béton à laquelle elle est reliée par un avant-distributeur. Celui-ci comporte 12 entretoises en acier coulé, visibles sur la figure 9. Ces entretoises sont reliées entre elles, à leur partie inférieure et supérieure, par des anneaux en fonte

[1] Voir *Bulletin technique* du 25 novembre 1933, page 293.

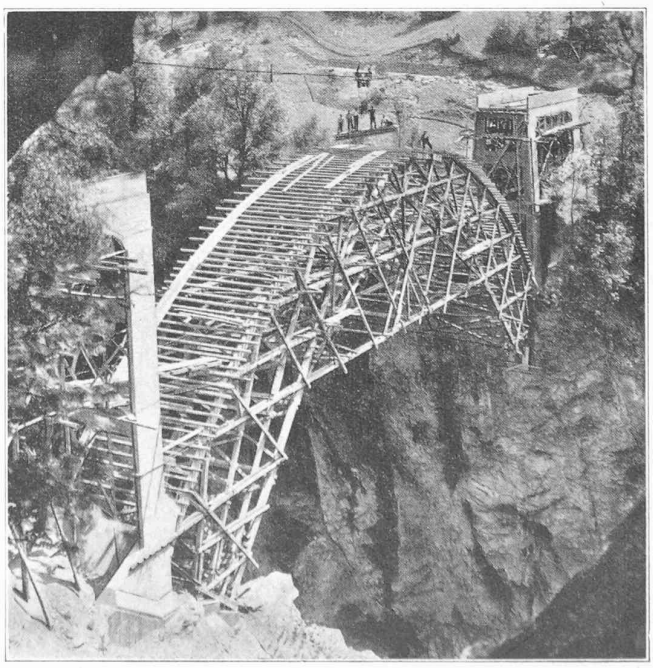

Fig. 9. — Pont sur la Viège, à Meryen. Le cintre terminé.

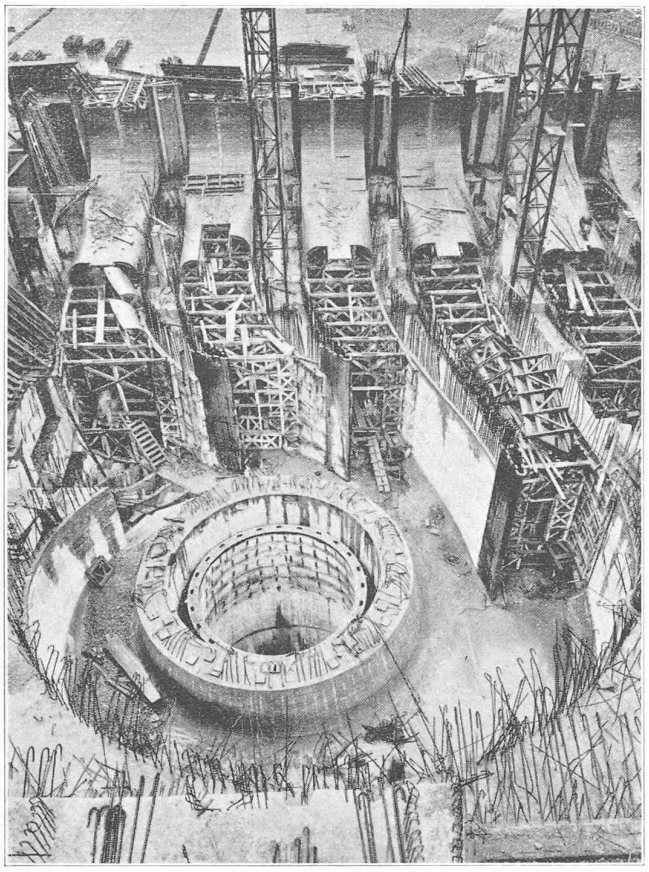

Fig. 8. — Coffrage de l'une des bâches.

scellés dans les maçonneries. La pièce ainsi réalisée a un diamètre extérieur de 9650 mm. La courbure des entretoises est choisie pour donner à l'eau une direction appropriée à son entrée dans le distributeur lui-même. Ce sont ces entretoises qui reportent sur les fondations le poids des parties fixes de l'alternateur, auquel s'ajoute celui des parties tournantes du groupe, ainsi que la poussée hydraulique, soit, au total, près de 970 tonnes.

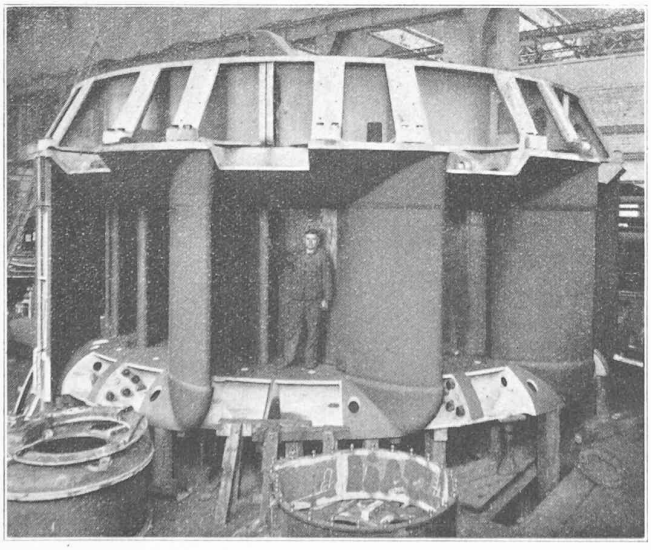

Fig. 9. — Vue d'une des turbines pendant son montage en atelier.

L'anneau supérieur du cercle des entretoises supporte les 24 directrices mobiles qui composent le distributeur. Chaque directrice pivote autour de deux tourillons guidés dans des paliers en bronze. Ces 24 aubes sont mues toutes ensemble par un anneau en fonte, le « cercle de vannage », auquel chacune d'elles est reliée par un système de levier et de bielle qui est libéré automatiquement si un obstacle s'introduit entre deux aubes consécutives pour en empêcher le rapprochement. On évite, de cette manière, la rupture possible de pièces importantes.

Chacune des directrices, en acier coulé, a 1900 mm de hauteur ; sa longueur totale, tourillons compris, est de 3250 mm ; le poids en est de 1000 kg environ.

Les paliers des tourillons supérieurs sont réunis deux par deux dans une pièce en fonte, dont l'enlèvement permet le démontage séparé de chaque aube. Pour obtenir le déplacement latéral nécessaire à l'enlèvement, ainsi que pour pouvoir sortir le tourillon inférieur de son logement, la partie supérieure de chaque aube porte une pièce amovible qui peut être retirée lorsque l'aube se trouve dans sa position de démontage.

Le couvercle proprement dit, boulonné sur l'anneau supérieur de l'avant-distributeur, supporte la pièce centrale, en fonte, dans laquelle est fixé le palier de guidage de l'arbre moteur, d'un alésage de 750 mm.

Cette partie centrale de la turbine, avec la roue, est précisément celle dont il a été question plus haut et qui est visible sur la figure 7. Cette pièce centrale loge aussi un réservoir qui recueille toutes les fuites d'huile du réglage et des pompes, avec sa pompe de circulation entraînée directement par l'arbre moteur.

La roue, du type « hélice », sans couronne extérieure, comporte un moyeu en acier coulé contre lequel les 6 pales, en acier coulé de haute résistance, sont fixées par un plateau et des boulons, avec dispositif de sécurité. Il ne s'agit donc pas d'une roue à aubes mobiles, mais bien d'une roue à aubes fixes. Toutefois la position des aubes par rapport au moyeu peut être réglée lors de l'arrêt du groupe ; il est possible, ainsi, d'avoir une ou deux

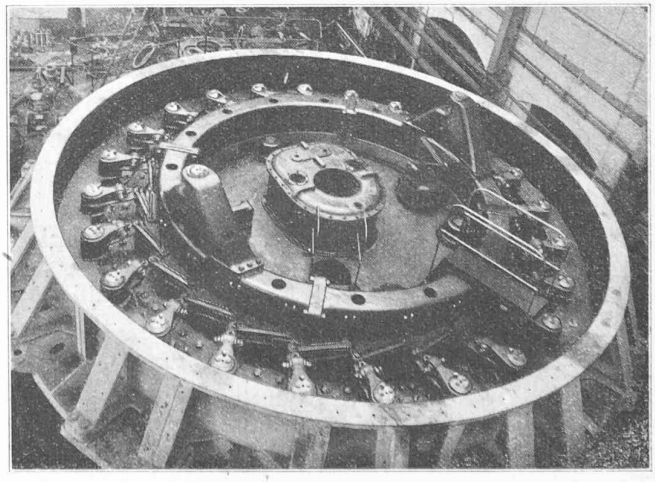

Fig. 10. — Cercle de vannage et commande des aubes directrices.

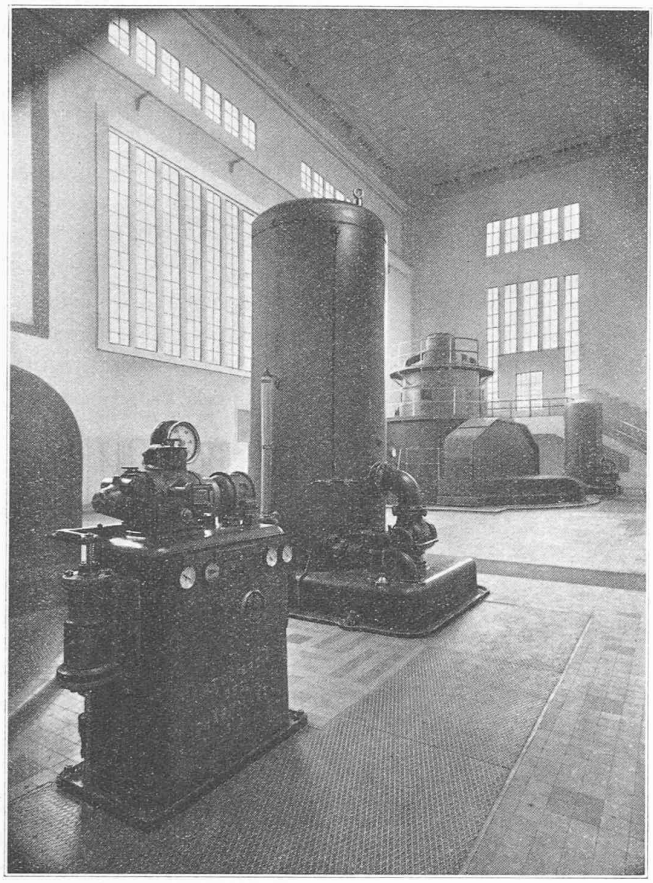

Fig. 11. — Vue du pupitre de commande de l'un des groupes.

turbines dont la capacité d'absorption est différente de celle des autres turbines et d'obtenir, avec ces machines, un rendement maximum aux basses eaux, les autres turbines étant mieux adaptées aux hautes eaux.

La roue a un diamètre de 5600 mm et un poids de 55 t. Chaque aube pèse 4700 kg et développe, en cas d'emballement, soit à la vitesse maximum de 235 tours/minute, une force centrifuge de 626 t.

La surface des aubes est entièrement usinée. Cet usinage a été effectué à Genève à l'aide de la raboteuse circulaire imaginée et exécutée pour ce genre de travaux par les Ateliers des Charmilles. Une description de cette machine a paru dans le *Bulletin technique de la Suisse romande* du 2 avril 1932.

La roue est logée dans un manteau en acier coulé, relié, d'une part, au fond inférieur du distributeur, d'autre part, à un anneau de scellement prolongé par le blindage en tôle de l'aspirateur.

Pour éviter toute vibration de ce manteau, des pièces d'appui sont intercalées entre lui et la paroi de la chambre circulaire en béton qui l'entoure. Des cales en fonte, réglées au moyen de vis de pression, permettent d'obtenir une rigidité aussi parfaite que possible.

Comme nous l'avons dit plus haut, les aubes directrices mobiles, qui modifient la section de passage de l'eau et règlent, par là-même, la puissance fournie par la turbine, sont actionnées par le cercle de vannage. A son tour,

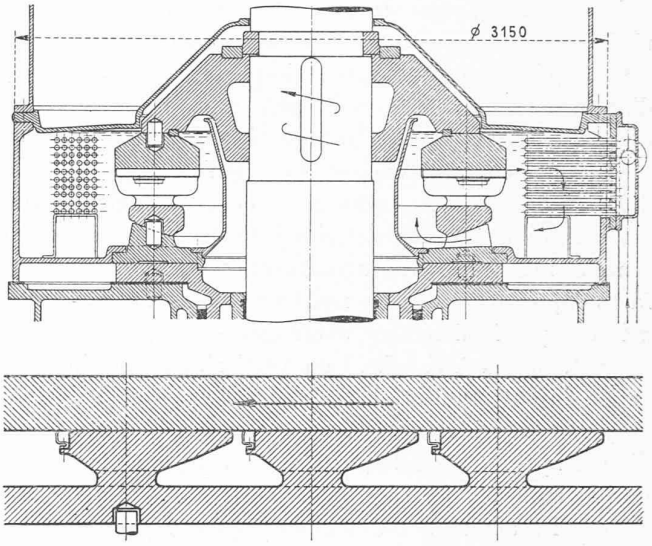

Fig. 12. — Coupe par l'un des pivots et développement par l'axe des patins.

ce cercle est attaqué en deux points diamétralement opposés par deux bielles et deux servomoteurs à pression d'huile, qui transmettent chacun un effort de 41 t. Ces deux servomoteurs, à double effet, fournissent un travail de réglage de 50 000 kgm et ferment complètement la turbine en quatre secondes. C'est dans ce laps de temps que la puissance de la machine passe de sa pleine valeur à la marche à vide.

L'huile est fournie aux servomoteurs, à la pression de 15 kg/cm², par un accumulateur capable de débiter le fluide nécessaire à quatre cylindrées complètes et consécutives. Cet accumulateur est alimenté, par intermittence, par une pompe à engrenages entraînée par l'arbre de la turbine. En cas d'insuffisance de cette pompe, une deuxième pompe, dite de réserve, actionnée par un moteur électrique, est mise automatiquement en action.

Lorsque la pression de l'huile baisse anormalement, divers dispositifs entrent en fonction pour provoquer le blocage des directrices de la turbine, éventuellement la fermeture et l'arrêt du groupe.

Le régulateur, qui maintient la vitesse du groupe à sa valeur normale malgré les variations de la charge, est du type accéléro-tachymétrique des Ateliers des Charmilles,

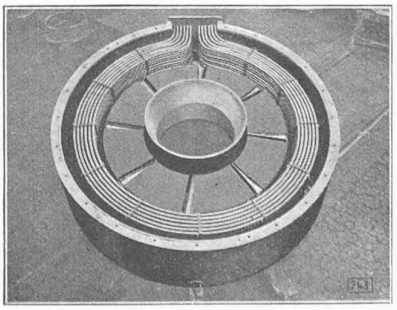

Fig. 13. — Vue de l'un des pivots des turbines de Kembs.

qui a déjà fait l'objet de nombreuses publications et qui règle actuellement plus de 1 ½ million de ch [1].

Cet appareil, d'une grande simplicité, utilise l'action d'un tachymètre et d'un accéléromètre sur un relais commun ; ces deux organes sont entièrement distincts et mécaniquement indépendants l'un de l'autre.

L'entraînement du tachymètre et de l'accéléromètre est réalisé par moteur électrique. Cette disposition présente de nombreux avantages d'ordre mécanique qui l'ont fait adopter dans de très nombreuses installations. Elle est tout particulièrement avantageuse lorsque les groupes ont, comme à Kembs, l'axe vertical, car une simplification incontestable résulte de cette commande électrique. Des considérations de commodité de service ou d'esthétique fixent seules, à ce moment-là, l'emplacement du régulateur.

Tous les appareils de commande sont réunis dans la salle des machines, sur un pupitre de manœuvre supportant aussi le régleur et son moteur de commande. C'est de ce poste que se font toutes les manœuvres de mise en marche et d'arrêt d'un groupe. (Fig. 11.)

La vérification de la température des paliers, du pivot, la circulation d'huile et d'eau de refroidissement sont contrôlées et signalées par des appareils fixés sur un tableau voisin du pupitre.

En exploitation normale, la variation de charge est provoquée, à distance, du poste de commande central de l'usine, mais un tableau de contrôle et de signalisation, placé à proximité du pupitre de manœuvre de chaque groupe, indique toute anomalie dans le fonctionnement des organes principaux.

Nous ajouterons encore qu'un double tachymètre de sûreté, ou limiteur de vitesse, commandé directement par l'arbre de la turbine, entre en fonction si, pour une raison quelconque, la vitesse monte au delà de sa valeur de régime de 93,7 tours/minute. Un premier tachymètre, qui fonctionne pour 130 tours/minute, agit sur le distributeur de la turbine pour le faire fermer par l'intermédiaire de la pression d'huile. Si cette action se révèle inefficace et que la vitesse continue à augmenter, le second tachymètre, à 150 tours/minute, provoque la fermeture des vannes des pertuis d'entrée.

La poussée hydraulique sur la roue et le poids des parties tournantes d'un groupe, soit au total 700 t environ, sont supportés par un pivot, construction brevetée des *Ateliers des Charmilles*, monté sur le croisillon supérieur de l'alternateur. La charge est transmise de l'arbre à l'anneau mobile par une pièce en acier coulé fixée sur cet arbre.

La figure 12 est la coupe axiale de l'un de ces pivots. Le diamètre de la cuvette est de 3150 mm ; sa contenance en huile est d'environ 4000 litres. Les patins sont en fonte spéciale, de même que l'anneau qui s'appuie sur eux. La pression moyenne par cm² est d'environ 41 kg pour la charge totale de 700 t. Cette pression présente une très forte marge de sécurité par rapport aux pressions réalisées lors d'essais effectués dans les ateliers des constructeurs.

[1] Voir *Bulletin technique de la Suisse Romande* nos 13 et 16, année 1926.

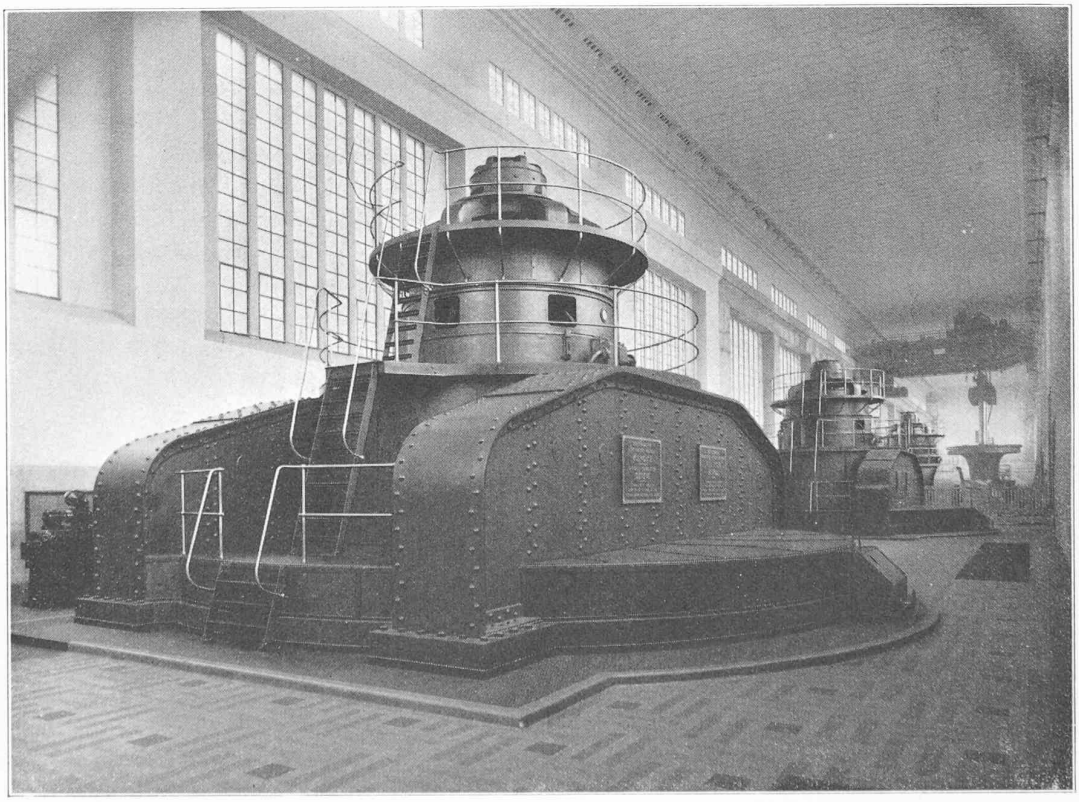

Fig. 14. — Vue de la salle des machines de l'usine de Kembs et de l'un des alternateurs.

Des dispositifs judicieux empêchent l'huile chaude, sortant d'un patin, d'entrer sous le patin suivant, sans s'être refroidie au contact d'un serpentin à circulation d'eau d'une longueur totale de 500 m environ, placé dans le réservoir d'huile.

Des essais ont démontré qu'il est néanmoins possible de faire marcher les groupes, sans employer aucun refroidissement, pendant plus d'une heure et demie, et cela, à pleine charge, à la vitesse normale. Ce gros avantage augmente encore, dans une très large mesure, la sécurité d'exploitation.

Il va de soi qu'avant une mise en marche, même après un arrêt prolongé, il n'est pas du tout nécessaire de soulever les parties mobiles du groupe pour permettre l'introduction de l'huile entre l'anneau mobile et l'anneau à patins.

Chaque pivot est muni d'un dispositif signalant toute élévation de température qui dépasse une valeur fixée d'avance.

Grâce au coefficient de frottement excessivement réduit de ce type de pivot et aux dispositifs de circulation de l'huile, il ne faut ouvrir la turbine que de $^1/_{10}$ pour faire démarrer le groupe. Sous 11 m de chute, la vitesse de régime, avec alternateur excité, est déjà obtenue avec une ouverture d'environ $^3/_{10}$.

La figure 13 représente l'un de ces pivots. On y remarquera le serpentin de refroidissement dont il est fait mention plus haut.

Nous n'entrerons pas dans le détail de toutes les dispositions prises pour permettre, par exemple, de vider les bâches des aspirateurs en cas d'inspection des turbines, pour protéger les maçonneries par des blindages appropriés en tôle, partout où la vitesse de l'eau pouvait donner lieu à la formation d'érosions, pour pouvoir assécher les ouvrages, faciliter l'accès sous la roue par l'installation d'un plancher de visite amovible, introduit par des ouvertures prévues à cet effet dans la paroi de l'aspirateur, etc., etc.

On s'est attaché aussi à faciliter le service en permettant l'accès aisé aux organes pendant la marche, plus particulièrement aux pièces constituant la commande du distributeur de la turbine.

Les alternateurs triphasés sont capables de débiter, à la fréquence de 50 périodes par seconde, une puissance de 31 000 kVA, à la tension de 8800 volts entre phases, en fonctionnant sur des circuits pour lesquels le facteur de puissance est compris entre 0,75 et l'unité.

Ces alternateurs sont accouplés directement aux turbines par un plateau venu de forge à l'extrémité de leur arbre. Leur vitesse de rotation normale est, comme nous l'avons indiqué plus haut, de 93,7 tours/minute et la vitesse d'emballement à laquelle ils doivent résister, de 235 tours/minute.

Le support de la pivoterie est constitué par deux poutres en tôle d'acier, hautes de 2,50 m prenant appui sur quatre colonnes en acier moulé, disposées à l'extérieur de la carcasse de l'alternateur. L'enveloppe de la pivoterie elle-même supporte un groupe de trois excitatrices.

La régulation de la tension peut être assurée soit à la main, par des rhéostats agissant sur le circuit inducteur des excitatrices, soit automatiquement par un régulateur.

Le poids total d'un alternateur, avec ses excitatrices, est de 475 t environ, se répartissant sensiblement par moitié entre la partie fixe et la partie mobile du groupe. Pour le montage le poids de la pièce la plus lourde, soit le rotor complet avec l'arbre et les pôles, est de 240 t, le dispositif d'accrochage compris.

Pour terminer, citons encore quelques chiffres caractéristiques de la grandeur de ces alternateurs. Le diamètre extérieur du stator est de 9700 mm ; le PD^2 du rotor atteint 7 300 000 kgm^2, pour un diamètre extérieur de 7800 mm, environ ; la hauteur totale de l'ensemble, mesurée entre l'axe du manchon d'accouplement à l'arbre de la turbine et l'extrémité du groupe des excitatrices, est de 10 500 mm environ ; la hauteur au-dessus du sol de la salle des machines est de 5800 mm.

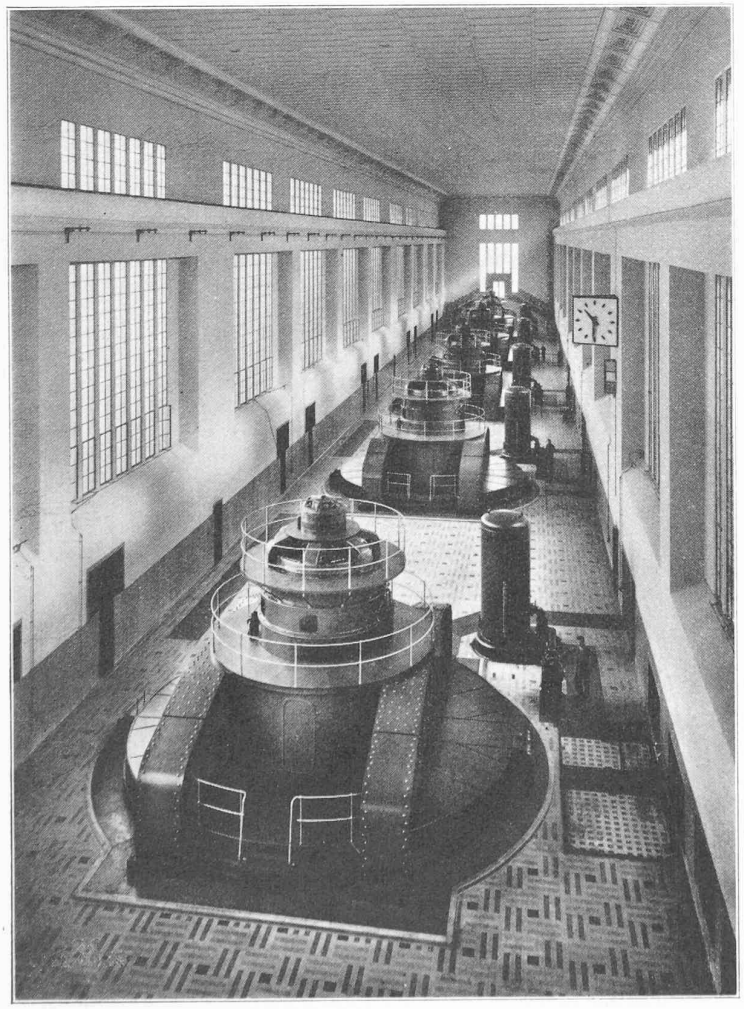

Fig. 15. — Intérieur de l'usine de Kembs.

Les essais de réception des groupes seront effectués très prochainement. Les premières mesures faites ont déjà indiqué que la puissance réalisable est de plus de 12 % supérieure à la puissance garantie.

Mesure des déformations de barrages hydrauliques.

M. *W. Lang* — ingénieur, rédacteur du remarquable ouvrage sur « Deformationsmessungen an Staumauern nach den Methoden der Geodesie », édité par le Service topographique fédéral et que nous avons analysé dans notre numéro du 8 mars 1930 — a entretenu les sections bernoise et zurichoise de la *S. I. A.* des recherches exécutées dans ce domaine par le Service topographique fédéral. Ces travaux ont paru aux auditeurs de M. W. Lang si importants et d'une si grande valeur pratique qu'ils ont exprimé le désir de les voir mis au service de tous les intéressés, sous la forme d'une publication d'ensemble, systématiquement ordonnée.

Alliages légers d'aluminium.

On nous informe que « Aluminium Limited », Genève, a déposé une demande de brevet en Suisse couvrant l'addition de magnésium aux alliages d'aluminium contenant de 0,75 % à 3 % de manganèse, addition décrite par M. le Dr Herrmann, dans notre numéro du 5 août 1933 ».

Association internationale permanente des Congrès de navigation.

Au cours de son assemblée générale du 23 mai 1933, la Commission internationale permanente des Congrès de navigation a décidé d'accepter l'invitation qui lui a été faite par le Gouvernement belge de tenir le XVIe Congrès international de navigation, en 1935, à Bruxelles.

Ce congrès s'ouvrira probablement à la fin d'août, ou au commencement de septembre.

Au cas où des personnalités suisses désireraient présenter un rapport sur l'une ou l'autre des questions qui seront traitées à ce congrès, elles sont priées de bien vouloir se mettre en rapport avec le Service fédéral des eaux à Berne, Bollwerk 27, avant le 31 décembre 1933.

Il ne peut être présenté qu'un seul rapport par « question » ou « communication ». Cependant plusieurs rapporteurs peuvent collaborer à la rédaction d'un rapport [1].

SOCIÉTÉS

Société vaudoise des ingénieurs et des architectes.

Une course à Genève.

Samedi 21 octobre, M. Thévenaz, architecte, président, et le comité de la S. V. I. A., section vaudoise de la S. I. A., organisèrent une visite aux vastes chantiers du palais de la Société des Nations, ainsi qu'à la nouvelle usine de Vernier de la Société romande des ciments Portland.

La course eut lieu avec succès par une superbe après-midi d'arrière-automne. Une soixantaine de membres de la Société vaudoise y participèrent. Les nécessités d'un horaire très serré n'ayant pas permis d'utiliser les excellents trains C. F. F., on partit de Lausanne à 13 h. 15, par autobus *T. L.*

Les chantiers de la Société des Nations, dont le *Bulletin technique* a déjà entretenu ses lecteurs, furent parcourus sous la conduite compétente d'un des conducteurs des travaux. Puis on se rendit à Vernier, où on eut le plaisir de retrouver les membres de la section genevoise, avec lesquels on fit, refit ou améliora connaissance. La promenade à travers les installations de la nouvelle usine fut d'un vif intérêt. Un peu plus tard, dans la salle de gymnastique de Vernier, les participants firent honneur à une collation aimablement offerte par les usines de Vernier. M. Couchepin, ingénieur, président du Conseil d'administration de celles-ci, eut des paroles très cordiales à l'adresse de ses hôtes d'un jour. Au nom des ingénieurs et architectes présents M. Reverdin, architecte, vice-président de la section genevoise, répondit comme il convenait.

Après, ce fut le retour, qui s'effectua sans encombre, laissant chacun très satisfait d'une course riche en enseignements et d'un profitable contact entre les deux sections sœurs et amies, la genevoise et la vaudoise. J. P.

Association amicale des anciens éléves de l'Ecole d'Ingénieurs de Lausanne.

Instructive course à Cossonay.

Samedi, 11 novembre, de nombreux membres de l'*A³. E². I. L.*, répondant à l'invitation du comité, se rendirent à Cossonnay, visiter les usines et plus particulièrement les nouvelles installations de la *S. A. des Câbleries et Tréfileries de Cossonay.*

Mais, avant de s'y rendre, on visita, à la gare même, les grands moulins de Cossonay, lesquels, avec leurs nouveaux silos, peuvent emmagasiner, nous a-t-on dit, la charge de trois cents wagons. On admira beaucoup l'impeccable fonctionnement des machines que surveille une main-d'œuvre réduite à l'extrême. On put se rendre compte aussi des précautions sévères prises pour lutter, cas échéant, contre l'incendie.

Aux usines, outillées dans la perfection, des Câbleries et Tréfileries de Cossonay, on fut aimablement reçu par le directeur, M. *Stadler*, ainsi que par MM. *Robert Wild*, directeur technique, ancien président de l'*A³.*, *Eugène Foretay*, ingénieur, *Henri Challet*, ingénieur. Sous la conduite compétente de ces collègues, on parcourut toute l'usine, en assistant à la fabrication des câbles, depuis le fil de cuivre du début jusqu'aux gros câbles téléphoniques. Le plombage des câbles, le laminage du cuivre, le fonctionnement des machines à gainer, etc., tout enfin intéressa profanes, semi-compétents et initiés. Au local d'essais, on put assister à des démonstrations saisissantes, par exemple à un essai de tension, à 360 000 volts, d'une chaîne d'isolateurs.

Au cours d'une petite réception, avec collation, qui eut lieu dans un des réfectoires de l'usine, on entendit d'abord une allocution de M. le directeur Stadler, qui souhaita la bienvenue à ses hôtes et sut les captiver par un exposé sans sécheresse, illustré de menus faits d'histoire locale. M. *Georges Mercier*, du Conseil d'administration tint aussi d'aimables propos à l'égard des visiteurs et de M. Stadler. Enfin M. *Meystre*, président de l'A³., remercia comme il convenait les Câbleries et Tréfileries de Cossonay et ses obligeants dirigeants. Nous n'aurions garde d'oublier que parmi les assistants se trouvait un des vétérans de notre Association, M. *Alexandre Dubois*, de la promotion 1880.

En résumé, belle et fructueuse après-midi. J. P.

Société suisse des ingénieurs et des architectes.

La Société suisse des ingénieurs et des architectes a adopté dans ses deux dernières Assemblées des délégués, l'établissement ou la révision d'une série de normes du bâtiment et du génie civil.

Le Secrétariat tient tout particulièrement à rendre les intéressés attentifs à la mise en vigueur de ces nouvelles éditions ou révisions. Il serait vivement souhaitable de voir l'usage de ces normes devenir aussi fréquent que possible, étant donné qu'elles sont établies sur la base d'une expérience de plusieurs années et sauvegardent les intérêts légitimes aussi bien des mandants que des mandataires. Il serait ainsi possible d'obtenir, avec le temps, dans notre pays tout entier, une réglementation uniforme fort désirable des droits et

[1] Ces « questions » et « communications » ont fait l'objet d'un « programme » détaillé que le Service fédéral des eaux met certainement à la disposition des intéressés. Réd.