Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 62 (1936)
Heft: 1

Artikel: Les essais de réception des turbines de l'usine de Kembs
Autor: Alamartine, L.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-47550

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

62e année — 4 janvier 1936 — N° 1

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ABONNEMENTS :
Suisse : 1 an, 12 francs
Etranger : 14 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 10 francs
Etranger : 12 francs
Prix du numéro :
75 centimes.
Pour les abonnements s'adresser à la librairie F. Rouge & Cie, à Lausanne.

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale. — Organe de publication de la Commission centrale pour la navigation du Rhin.

COMITÉ DE RÉDACTION. — Président : R. Neeser, ingénieur, à Genève. — Secrétaire : Edm. Emmanuel, ingénieur, à Genève. — Membres : *Fribourg :* MM. L. Hertling, architecte ; A. Rossier, ingénieur ; *Vaud :* MM. C. Butticaz, ingénieur ; E. Elskes, ingénieur ; Epitaux, architecte ; E. Jost, architecte ; A. Paris, ingénieur ; Ch. Thévenaz, architecte ; *Genève :* MM. L. Archinard, ingénieur ; E. Odier, architecte ; Ch. Weibel, architecte ; *Neuchâtel :* MM. J. Béguin, architecte ; R. Guye, ingénieur ; A. Méan, ingénieur cantonal ; E. Prince, architecte ; *Valais :* MM. J. Couchepin, ingénieur, à Martigny ; Haenny, ingénieur, à Sion.

Rédaction : H. DEMIERRE, ingénieur, 11, Avenue des Mousquetaires, La Tour-de-Peilz.

ANNONCES
Le millimètre sur 1 colonne, largeur 47 mm. :
20 centimes.
Rabais pour annonces répétées.
Tarif spécial pour fractions de pages.
Régie des annonces :
Annonces Suisses S. A.
8, Rue Centrale (Pl. Pépinet)
Lausanne

CONSEIL D'ADMINISTRATION DU BULLETIN TECHNIQUE
A. Dommer, ingénieur, président ; G. Epitaux, architecte ; M. Imer ; E. Savary, ingénieur.

SOMMAIRE : *Les essais de réception des turbines de l'usine de Kembs*, par M. L. Alamartine, ingénieur E. P. F., à Genève. — *Concours pour l'étude des plans de l'agrandissement de l'Infirmerie d'Yverdon.* — *En face de la crise.* — Chronique genevoise. — Nécrologie : *René Couchepin.* — *Société vaudoise des ingénieurs et des architectes et Association amicale des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne.* — Bibliographie.

Les essais de réception des turbines de l'usine de Kembs

par L. ALAMARTINE, ingénieur E. P. F., à Genève.

L'article du « Bulletin technique de la Suisse romande », des 25 novembre et 9 décembre 1933, consacré aux turbines de l'usine de Kembs, laissait entrevoir que des essais de réception très complets allaient être exécutés.

Le but de la présente note est de donner quelques détails sur la technique de ces essais, qui eurent lieu en novembre et décembre 1933, et leurs résultats.

Chacun sait que les principales caractéristiques, qu'il convient de déterminer lors de la réception de turbines hydrauliques, sont la hauteur de chute utile, la puissance

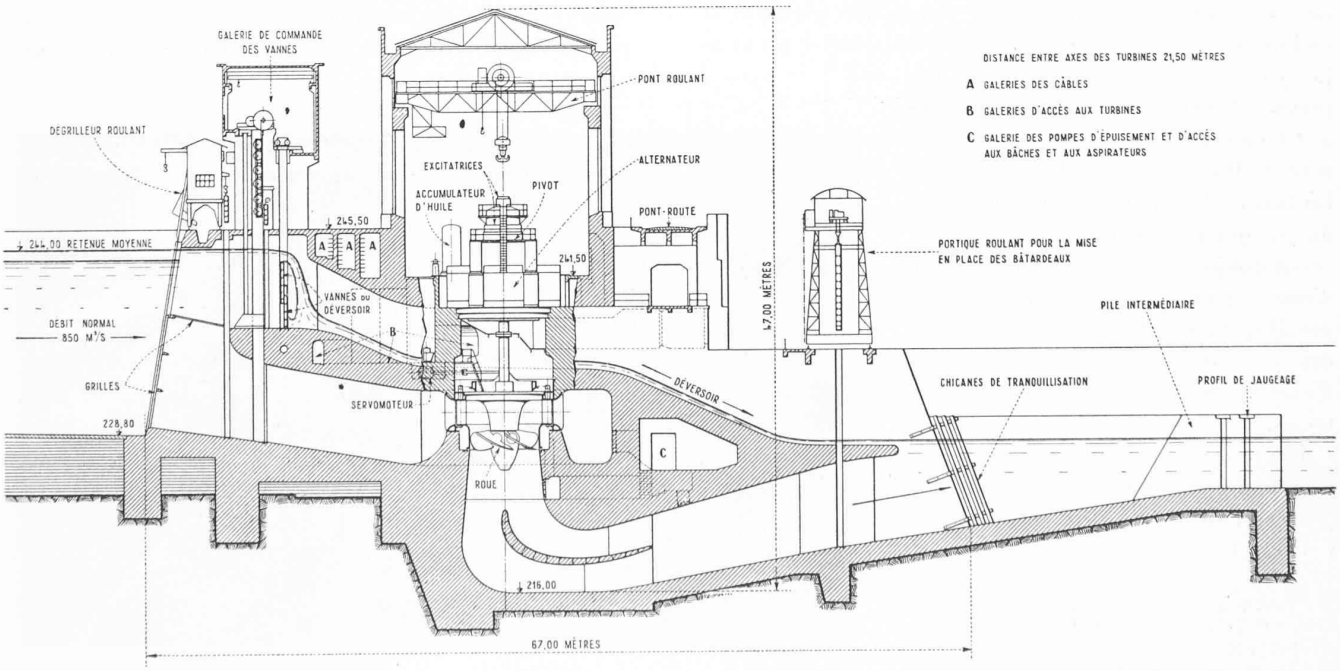


Fig. 1. — Coupe de l'usine de Kembs par un groupe.

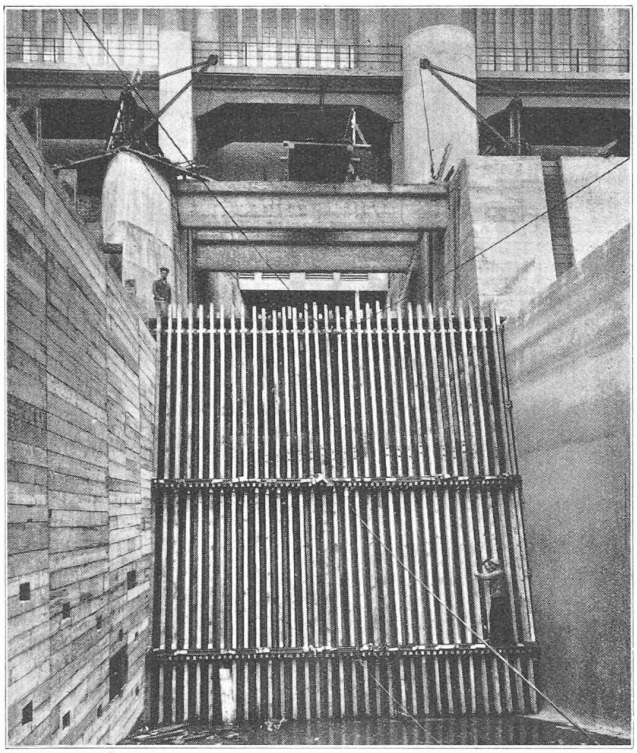


Fig. 2. — Chicanes de tranquillisation.

fournie et le débit utilisé. Le rendement s'obtient par le calcul, en considération des trois grandeurs précitées.

D'une manière générale, si la puissance et la chute sont faciles à mesurer, il n'en n'est pas de même du débit, surtout pour des valeurs importantes de celui-ci, comme c'est le cas à Kembs.

Parmi les diverses méthodes de *mesure de débit* couramment employées à l'heure actuelle, seule celle des moulinets pouvait être envisagée. La disposition particulière de l'usine ne se prêtait pas à l'utilisation, comme profil de jaugeage, de la section du ou des pertuis d'entrée ainsi que ce fut le cas à Chancy-Pougny [1], Ryburg-Schwörstadt [2], Wettingen [3], endroits en général favorables pour de telles mesures, du fait que les maîtres de l'œuvre cherchent toujours à réaliser une amenée d'eau régulière, comportant donc un parallèlisme satisfaisant des filets liquides et donnant ainsi toute chance d'exactitude pour les relevés des vitesses.

Il aurait été possible, à la rigueur, de prendre comme section de jaugeages celle située au droit des vannes. Cette solution n'a toutefois pas été retenue pour les deux raisons suivantes : La première, l'obligation de démonter les vannes, opération évidemment compliquée et onéreuse ; la seconde, l'impossibilité d'assurer un guidage convenable des filets liquides à l'amont de la rainure des batardeaux, ce qui supprimait la certitude d'obtenir une répartition des vitesses suffisamment régulière dans le profil de jaugeage.

Organisation des essais.

Après un examen approfondi de la question, les *Ateliers des Charmilles*, en accord avec le client, firent choix, comme profil de jaugeage, de la section sise dans le pertuis aval juste avant la deuxième rainure de batardeaux permettant la mise à sec du canal d'évacuation (voir fig. 1).

L'écoulement de l'eau à la sortie de l'aspirateur est naturellement plus irrégulier que dans la section d'amenée d'eau avant la turbine, tant en fonction du temps (phénomène bien connu des pulsations), qu'en répartition des filets liquides. Cette irrégularité est particulièrement sensible dans le cas d'une turbine-hélice, où les conditions optima ne sont réalisées que pour une ouverture du distributeur voisine de celle de la pleine charge.

Pour permettre d'effectuer des mesures aux moulinets avec des garanties d'exactitude suffisantes à toutes charges, un redressement des filets liquides est indispensable. Ce redressement a été obtenu par 3 séries de grilles de tranquillisation (voir fig. 1 et 2), dont la disposition, étudiée par les « Ateliers des Charmilles », a été approuvée par le Service des essais et de contrôle permanent de la « Société hydrotechnique de France », chargé de la direction des essais de réception des turbines de Kembs.

Afin d'avoir un parallélisme des filets liquides aussi satisfaisant que possible, la paroi médiane verticale, partageant l'aspirateur en deux pertuis, a été prolongée jusqu'à la pile intermédiaire située à la partie aval du canal

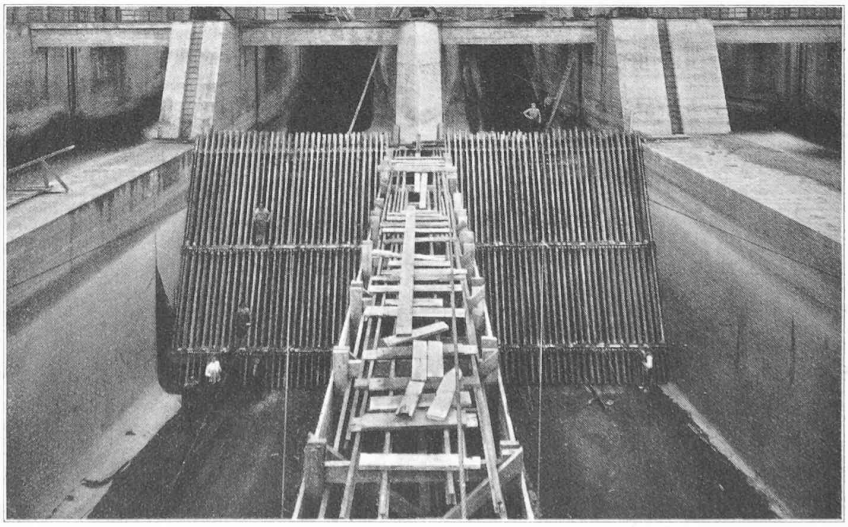
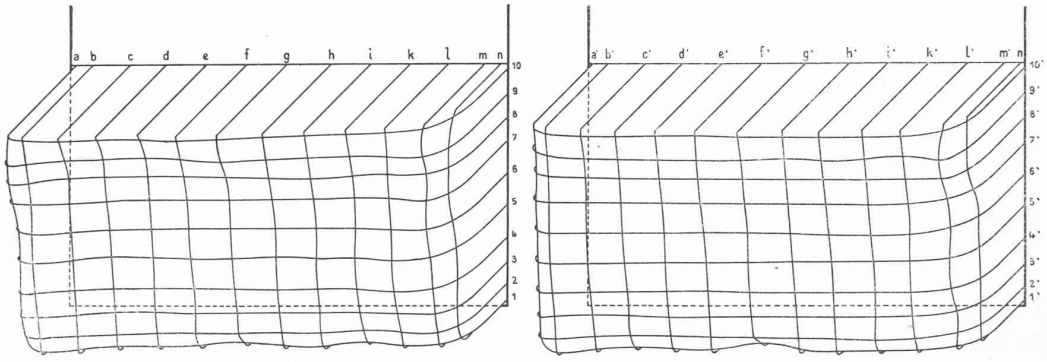


Fig. 3. — Chicanes de tranquillisation et paroi de séparation.

[1] « Schweizerische Bauzeitung », 8 et 15 mai 1926, « Bulletin technique de la Suisse romande », 3 juillet 1926.

[2] « Schweizerische Bauzeitung », avril à juin 1932.

[3] « Schweizerische Bauzeitung », 20 janvier 1934.



PERTUIS DE GAUCHE PERTUIS DE DROITE

Fig. 4. — Courbes représentatives des vitesses.

d'évacuation constitué par les arrière-becs (voir fig. 3). L'eau sortant de la turbine s'écoule donc par deux canaux absolument distincts.

Les aménagements représentés par les fig. 2 et 3 se sont révélés efficaces ; à part le point de marche à vide où l'écoulement de l'eau s'est fait principalement par le canal de gauche, tous les jaugeages, quelle que soit la charge de la turbine, ont donné, aussi bien pour le profil de mesure de gauche que celui de droite, des courbes représentatives des vitesses absolument régulières (voir fig. 4, courbes représentatives des vitesses pour un débit voisin de celui de la pleine charge).

La détermination, à l'aide des moulinets, des valeurs du débit passant par la turbine a été effectuée par les Services des essais de la « Société hydrotechnique de France » et des « Ateliers des Charmilles ».

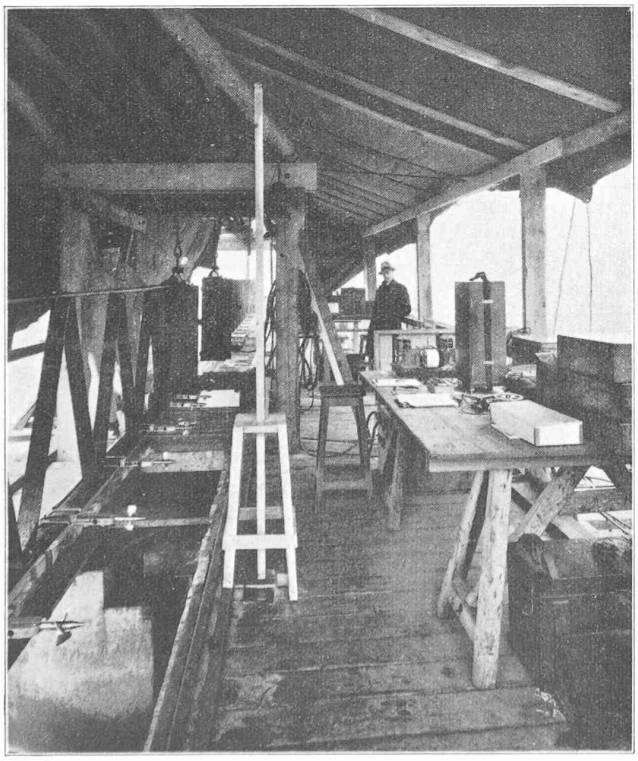


Fig. 5. — Cadres à moulinets.

Afin d'abréger autant que possible la durée de chaque mesure, on a employé simultanément 26 moulinets, soit 13 pour chaque pertuis. Ces 26 moulinets étaient montés sur 2 cadres (fig. 5), coulissant dans les rainures de batardeaux sises immédiatement à l'aval des sections de jaugeages.

Nous ne pouvons ici nous empêcher de nous reporter quelques années en arrière et d'évoquer les essais de Chancy-Pougny, où 9 moulinets contrôlés par 9 observateurs différents, furent employés (voir fig. 6). Sauf

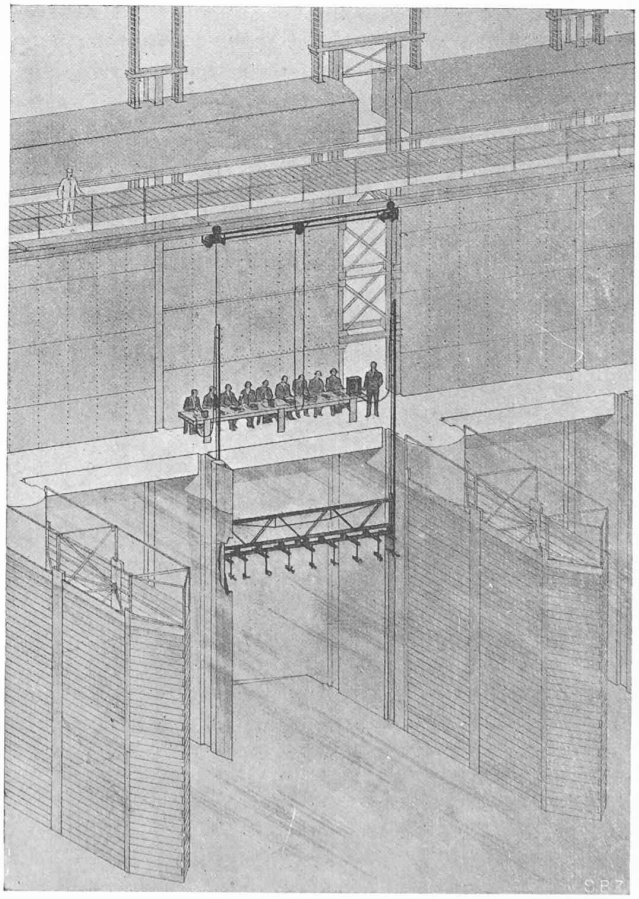


Fig. 6. — Dispositif réalisé pour les jaugeages du débit des turbines à Chancy-Pougny.
Cliché *Schweizerische Bauzeitung*.

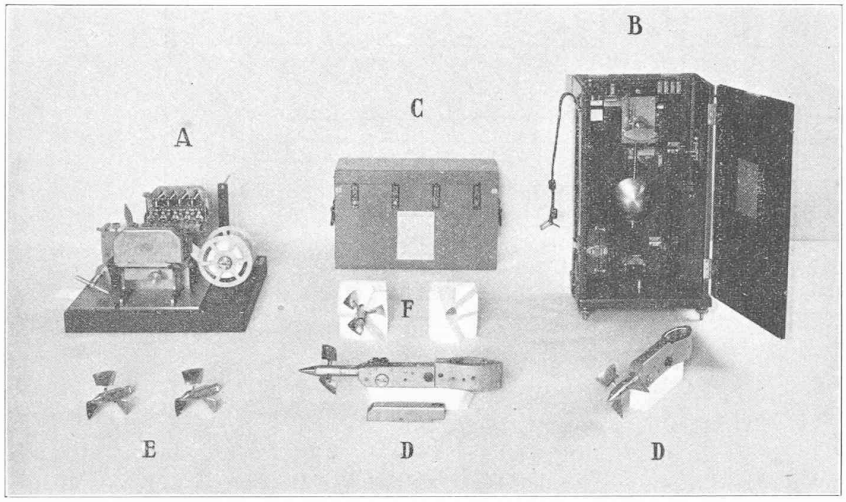


Fig. 7. — Appareils de mesure pour jaugeages.
A = enregistreur ; B = pendule électrique ; C = batterie ; D = moulinets ; E = hélices de moulinets ; F = moule en plâtre.

imprévu, c'était la première installation où l'utilisation d'un nombre important de moulinets était mise en pratique. Nous avons encore à l'esprit les préoccupations et les inquiétudes des ingénieurs chargés de la direction des opérations. La surveillance des 9 observateurs relevant les indications des moulinets, ainsi que la vérification du bon fonctionnement de ces appareils, présentaient, en effet, quelques difficultés qui ont été résolues élégamment par des lampes de contrôle s'allumant à chaque signal donné par le moulinet correspondant.

A Kembs, grâce aux appareils perfectionnés existant actuellement, le contrôle de ces 26 moulinets, ainsi que l'enregistrement de leurs signaux, étaient assurés par deux observateurs seulement. Le temps nécessaire aux relevés des vitesses sur 10 horizontales convenablement réparties sur la profondeur de la section de mesure, soit donc 130 points par pertuis, a été en moyenne de l'ordre de grandeur de 14 à 16 minutes.

Avec un seul moulinet, en consacrant un temps égal à chacun des 260 points où les vitesses ont été relevées, il aurait fallu au moins compter 5 heures pour la durée de chaque jaugeage.

Les appareils modernes (voir fig. 7) représentent donc un progrès considérable par rapport aux instruments dont on disposait il y a 10 ans seulement.

A ce sujet nous nous permettons de signaler, parmi les appareils de la fig. 7, l'enregistreur qui, par l'intermédiaire d'un mouvement d'horlogerie, permet de dérouler une bande de papier à deux vitesses différentes, soit 3 et 15 mm par seconde ; 18 électro-aimants peuvent inscrire, au moyen de fines plumes de verre, les indications de 18 appareils (moulinets, pendule électrique etc.). La vitesse de déroulement du papier, par suite du fini du mouvement d'horlogerie, est très voisine des valeurs indiquées par le fournisseur de l'appareil ; pour des essais de réception de turbines hydrauliques, où la plus grande exactitude de mesure doit être réalisée à tous les points de vue, il est néanmoins recommandable d'avoir un contrôle du temps, en regard des indications données par les moulinets.

Ce contrôle est obtenu à l'aide du pendule électrique constitué par une masse fixée à une tige dont la longueur a été choisie afin que l'appareil batte la demi-seconde. A l'aide d'une vis micrométrique fixée au bas de la tige, il est possible de déplacer la masse du pendule et par conséquent de procéder au réglage de l'instrument avec la précision voulue. Les indications du pendule électrique sont marquées sur la bande de l'enregistreur par l'intermédiaire d'un contact à la suspension, fournissant une émission de courant toutes les secondes et d'un disque de contact pour la suppression de ces émissions toutes les 10 secondes.

Les moulinets utilisés dont deux sont représentés sur

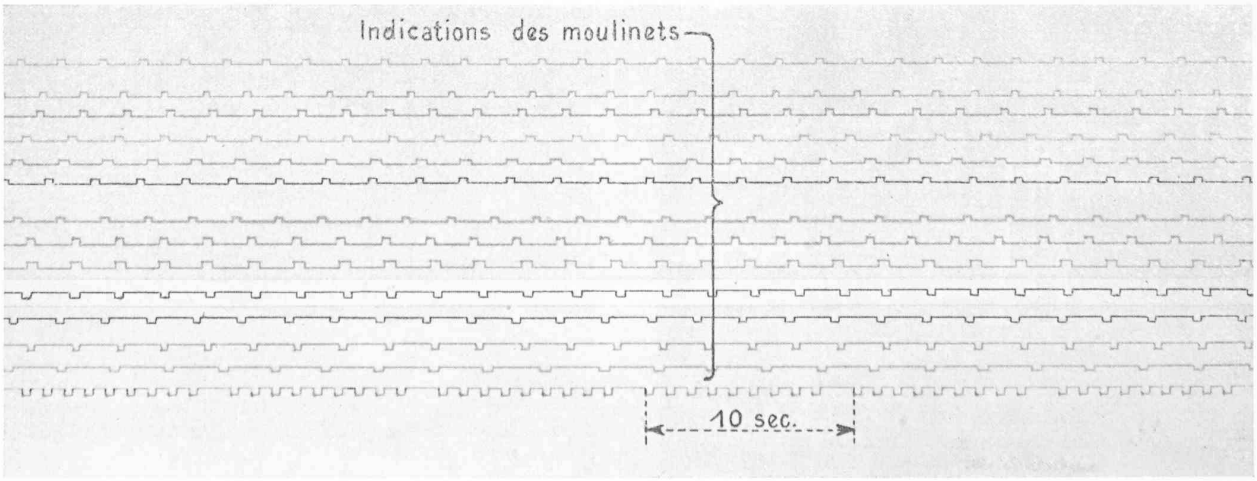


Fig. 8. — Relevé à l'enregistreur.

la fig. 7, ont été fournis par la maison *Ott*, à Kempten ; ce sont les appareils les plus modernes, à l'heure actuelle. Ils se composent de 2 parties essentielles, le corps et l'hélice. L'axe (voir fig. 7) qui est fixe, porte l'hélice à sa partie antérieure ; elle repose sur 2 paliers à billes de précision, encastrés dans le moyeu, protégés contre les entrées d'eau et par conséquent contre l'encrassement.

A sa partie postérieure, l'axe est guidé dans le corps du moulinet où il est maintenu par une vis d'arrêt. Le moyeu de l'hélice est prolongé vers l'arrière par un long manchon entourant l'axe fixe, sans toutefois être en contact avec lui. Ce manchon, fileté à l'extrémité opposée à l'hélice, actionne une roue dentée servant à donner les contacts. Les hélices représentées sur la figure 7 comportent 3 pales. Elles ont l'avantage de démarrer à une vitesse plus faible que les hélices à arêtes biaises ; elles indiquent plus exactement la composante de la vitesse lorsque le courant n'est pas absolument parallèle à l'axe du moulinet. Le circuit électrique, alimenté par une batterie d'accumulateurs, qui transmet l'impulsion aux électro-aimants de l'enregistreur, se ferme tous les 20 tours de l'hélice à l'aide d'un dispositif de contact logé dans le corps du moulinet, à l'intérieur d'une chambre remplie d'huile.

On remarque enfin sur la figure 7 les 2 parties d'un moule en plâtre reproduisant l'empreinte de l'hélice correspondante. Ce moule en plâtre, particulier à chaque hélice, permet de contrôler si les pales ont conservé la forme originale du tarage et de déceler la plus petite déformation qu'elles auraient pu subir.

La figure 8 donne le relevé à l'enregistreur, pour une des horizontales de mesure du jaugeage dont les courbes représentatives des vitesses sont visibles à la figure 4.

Les mesures de la chute et de la *puissance débitée par l'alternateur* n'ont pas présenté de difficultés particulières. Le niveau amont a été relevé dans les 4 pertuis d'entrée de la turbine, au moyen de tubes piézométriques mesurant la pression à 2 m à l'aval des vannes, dans une section où l'écoulement des filets liquides peut être considéré comme parallèle.

Le niveau aval a été mesuré à la sortie de l'aspirateur juste à l'amont des grilles de tranquillisation.

Pour augmenter la précision des mesures, on a utilisé, pour le relevé des niveaux amont et aval, des plateaux perforés dont la face inférieure venait en contact avec le niveau de l'eau ; leur déplacement était assuré par des treuils et des index, convenablement repérés, fixés sur les câbles de ces treuils, permettaient de déterminer les cotes des niveaux désirés par simple lecture sur une règle graduée.

La puissance débitée par l'alternateur a été mesurée à l'aide de 2 jeux d'instruments de précision électriques (wattmètres, voltmètres, ampèremètres, etc.).

Caractéristiques de débit des turbines.

Les 5 turbines équipant actuellement l'usine de Kembs sont toutes du *type hélice*. La construction des roues permet, en variant la position des aubes par rapport au moyeu, d'avoir des machines réalisant des capacités d'absorption différentes. Cette possibilité a été, cela va de soi, utilisée à Kembs et les 5 turbines ont été adaptées comme suit :

1. La turbine N° 5 a les aubes très ouvertes ; elle convient plus particulièrement pour les hautes eaux, développe la puissance la plus importante, tout en ayant un rendement maximum légèrement inférieur à celui des autres unités de la centrale.

2. Les trois turbines N°s 2, 3 et 6 ont leurs aubes un peu moins ouvertes ; ces machines conviennent aussi bien pour les hautes que pour les basses eaux ; elles développent une puissance légèrement inférieure à celle de la turbine N° 5, elles ont par contre, du fait de leur plus

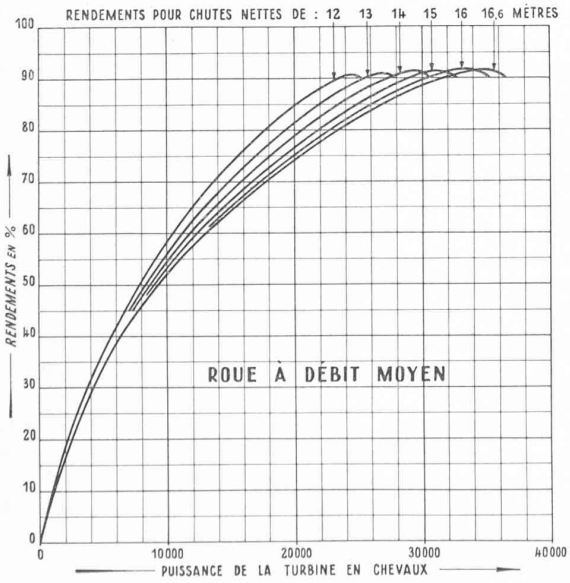


Fig. 9. — Rendement de la turbine 3, en fonction de la puissance sur l'arbre de la turbine.

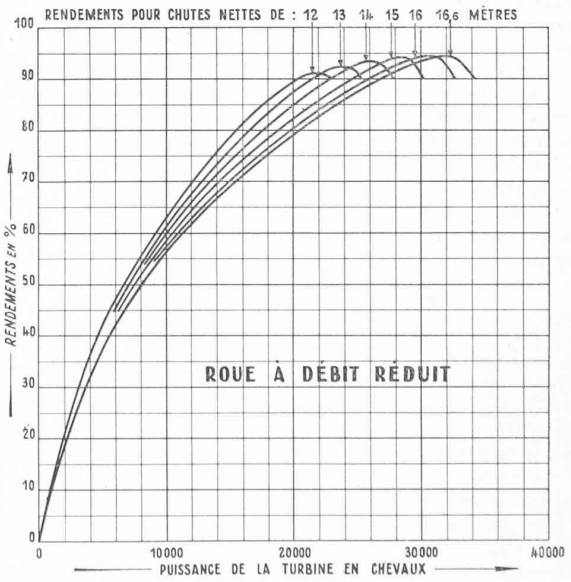


Fig. 10. — Rendement de la turbine 4, en fonction de la puissance sur l'arbre de la turbine.

faible ouverture de l'aubage, un rendement maximum un peu plus élevé.

3. La turbine N° 4 a l'ouverture minimum de l'aubage ; elle convient tout particulièrement pour la période des basses eaux et présente le rendement maximum le plus élevé.

Résultats des essais.

Les essais de réception ont porté sur les turbines 3 et 4. On ne s'est pas borné à essayer les machines sous la seule chute réalisable à l'époque. En variant la vitesse des groupes (mode de faire rendu possible par le fonctionnement de l'alternateur débitant sur résistance hydraulique), nous avons pu réaliser des conditions de marche correspondant à des chutes inférieures et supérieures à la chute réelle, et ainsi obtenir des renseignements beaucoup plus complets sur la façon dont se comportent les turbines sous diverses conditions de chute.

Les rendements atteints par les turbines 3 et 4, pour les principales chutes, sont représentés sur les figures 9 et 10. Les valeurs maxima, soit environ *92* % pour la turbine 3 et un peu plus de *94* % pour la turbine 4 sont certainement remarquables ; il n'est pas exagéré de prétendre qu'elles correspondent aux valeurs optima que l'on peut réaliser actuellement avec des turbines-hélices.

Concours pour l'étude des plans de l'agrandissement de l'Infirmerie d'Yverdon.

Ce concours, conforme aux normes de la S. I. A., était accessible aux architectes domiciliés dans le district d'Yverdon et dans le cercle de Grandson, y exerçant leur profession sous leur propre responsabilité, avant le 1er janvier 1935.

Jury : MM. Baumann et Thévenaz, architectes, à Lausanne ; Béguin, directeur de l'Institution de Saint-Loup. Suppléant : M. Brugger, architecte, à Lausanne.

Fr. 5000 étaient à la disposition du jury pour récompenser 3 ou 4 projets.

Le programme spécifiait que :

» La nouvelle construction sera contiguë à l'ancienne. Les étages doivent régner. La communication principale, large et sans seuil, sera prévue au rez-de-chaussée.

» L'agrandissement est prévu du côté est de l'Infirmerie existante. Les concurrents pourront disposer d'une bande de terrain de la propriété de l'Asile des Vieillards. Cette bande sera le moins large possible.

» La démolition des trois petites constructions au S. E. de l'Infirmerie est prévue.

» Le nouveau bâtiment devra former une conception d'ensemble avec l'Infirmerie existante. L'entrée principale doit être prévue dans le nouveau bâtiment ».

Extrait du rapport du jury.

Le jury s'est réuni, le 31 août 1935. Il constate que 11 projets sont parvenus dans les délais fixés.

Après examen des projets et une nouvelle inspection des lieux, le jury décide d'éliminer un projet qui ne présente pas de qualités suffisantes.

Le jury procède ensuite à un deuxième tour d'élimination, au cours duquel 3 projets sont écartés. Ces projets ont des qualités de détail, mais présentent de graves défauts au point de vue de l'implantation du bâtiment et de la disposition générale des locaux.

Restent en présence 7 projets que le jury soumet à une critique détaillée.

(A suivre).

En face de la crise.

Le 23 novembre dernier, à la cérémonie d'inauguration des laboratoires de mécanique et d'électrotechnique du Technicum cantonal de Bienne — dont nous publierons une description — M. R. Neeser, *ingénieur, administrateur-délégué des Ateliers des Charmilles S. A., à Genève, a prononcé une allocution dont tous nos lecteurs goûteront l'opportunité et l'élégance. La voici :*

Réd.

La théorie et la pratique.

. . . . . .

Il convient de saluer l'effort magnifique que vous avez fait, en dotant votre école de laboratoires de mécanique et d'électrotechnique, destinés aux recherches et à l'enseignement. Cette collaboration entre la théorie et l'expérience, qui a fait ses preuves dans le passé, est, aujourd'hui, plus nécessaire que jamais, aussi bien dans les écoles que dans l'industrie. Il n'est pas de progrès que l'on puisse considérer comme définitivement acquis, tant qu'il n'a pas été passé au crible de l'expérience ; les vraies découvertes, celles qui se sont imposées, n'ont jamais été improvisées ; elles ont toujours été le fruit de longues et patientes recherches où la théorie et la pratique ont marché de pair, l'une fécondant l'autre.

Mais, pour que cette collaboration soit possible et porte tous ses fruits, l'industrie a besoin d'ingénieurs et de techniciens, aptes à remplir cette double mission, et je pense qu'à ce titre, l'enseignement donné dans les laboratoires des écoles techniques est à même d'éveiller ces facultés d'observation, ce sens critique des recherches méthodiques qui sommeille parfois chez certains élèves, déterminant ainsi leur vocation future, pour leur bien personnel et pour celui de la collectivité.

Or, aujourd'hui, à une époque qui a vu s'accumuler les difficultés d'ordre économique dans une mesure qui, je le crois, n'a jamais été atteinte, dans l'histoire du monde, les nations industrielles et notre petite Suisse plus que toute autre, ont plus que jamais besoin de voir se lever des forces jeunes, actives et disciplinées.

La situation économique actuelle.

Loin de moi l'idée de vouloir jeter, dans une assemblée comme celle-ci, qui devrait être placée sous le seul signe de l'allégresse, un voile de tristesse, si ténu soit-il. Mais, puisque j'ai l'honneur de m'adresser à une assemblée qui comporte des représentants de tout ce qui s'occupe d'industrie dans notre pays et que les problèmes du temps présent préoccupent certainement, il n'est peut-être pas superflu de rappeler ici quelques chiffres qui caractérisent la situation économique dans laquelle nous nous trouvons.

Depuis 1929, les exportations des produits manufacturés de notre pays sont tombées de 1,7 milliard de francs à 590 millions, chiffre de 1934 ; or, dans ce déchet d'environ 1,1 milliard figuraient certainement 50 % des salaires environ payés à des employés ou à des ouvriers ; cela représente la suppression du gain familial à 120 000 ou 130 000 personnes, et je ne parle pas des pertes en capitaux qu'il n'est, aujourd'hui, plus possible de renter.

Je sais bien que cette situation ne durera pas éternellement; l'expérience des siècles passés est heureusement là pour affirmer qu'aux périodes maigres succèdent des années de meilleure prospérité. Mais je pense que nous sommes encore loin des temps meilleurs que nous appelons de tous nos vœux et je crois même que nous ne reverrons pas, de longtemps, revenir la prospérité d'il y a cinq ou six ans.

(Suite à la page 10).