

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 42 (1916)

Heft: 1

Artikel: Les machines hydrauliques à l'Exposition nationale suisse de Berne, en 1914

Autor: Neeser, R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-32339>

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: 26.01.2026

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

Bulletin technique de la Suisse romande

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES — PARAISSANT DEUX FOIS PAR MOIS

RÉDACTION : Lausanne, 2, rue du Valentin : D^r H. DEMIERRE, ingénieur.

SOMMAIRE : *Les machines hydrauliques à l'Exposition nationale suisse de Berne, en 1914*, par R. Neeser, ingénieur (suite). — *A propos de l'Alcazar de Séville*, par René Delhorbe, architecte (Planches 1 et 2). — Sociétés financières suisses de l'industrie électrique. — L'urbanisme et la reconstruction des villes détruites au cours de la guerre. — Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne.

Les machines hydrauliques à l'Exposition nationale suisse de Berne, en 1914.

par R. NEESER, ingénieur, professeur à l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne.

(Suite)¹.

Stand de la maison Piccard Pictet & Cie, à Genève.

2^e Turbine de Fully.

$H = 1650 \text{ m.}$, $N = 3000 \text{ HP}$, $n = 500 \text{ t/min.}$

Le nombre de tours spécifique est donc de $n_s = 2,62$ environ.

Tandis que la turbine de Rjukan détient, à notre connaissance, le record de la plus grande puissance de turbine Pelton à arbre horizontal existant à ce jour, en Europe, celle de Fully détient, incontestablement, le record de la plus haute chute utilisée dans le monde entier.

L'Usine de Fully (en Valais, Suisse), est alimentée par les eaux du lac du même nom, situé à 2140 m. d'altitude. Le sol de l'usine étant exactement à la cote 500 m., il en résulte donc une chute brute de 1640 m.

Cette installation, étudiée dans tous ses détails par M. A. Boucher, ingénieur-conseil, à Prilly sur Lausanne, et exécutée par lui pour le compte de la Société d'Electro-

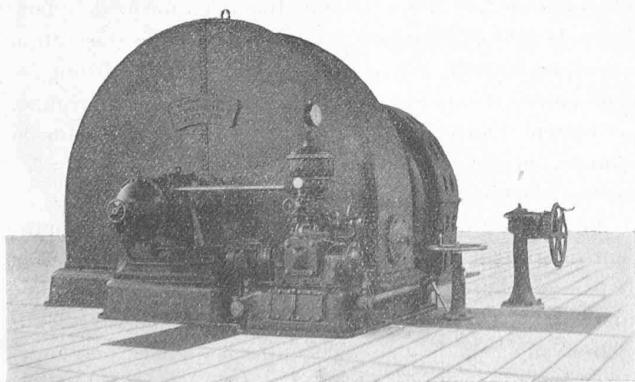


Fig. 21. — Vue générale de la turbine de Fully, côté régulateur, $H = 1650 \text{ mètres}$; $N = 3000 \text{ HP}$; $n = 500 \text{ t/min.}$

¹ Voir N° du 25 décembre 1915, page 273.

Chimie de Paris, est certainement digne de retenir l'attention du monde des techniciens.¹

Il est bien évident qu'une pression d'eau aussi formidable allait mettre à l'épreuve la sagacité des constructeurs et que des problèmes nouveaux se poseraient, tant au point de vue de l'installation de la tuyauterie, qu'à celui de la construction de la turbine. A l'heure qu'il est, la construction de l'usine est terminée, les quatre groupes de 3000 HP ont subi victorieusement les essais les plus serrés; on peut dire que les problèmes posés aux constructeurs ont été résolus complètement.

Nous nous réservons de revenir prochainement plus en détail sur l'ensemble des résultats acquis à ce jour; pour le moment, afin de ne pas trop sortir du but de cette publication, nous nous contenterons de donner une description sommaire des turbines, précédée de quelques renseignements d'ordre général sur les grandes lignes du projet.

L'unique conduite forcée, alimentant les turbines, a 4625 m. de longueur totale; les 2300 m. du tronçon supérieur ont 600 mm. de diamètre intérieur et le reste 500 mm. L'épaisseur des parois varie de 6 à 43 mm.; tous les tuyaux supérieurs et ce, jusqu'à une épaisseur de 34 mm., sont en tôles soudées au gaz à l'eau; les tronçons inférieurs, par contre, d'épaisseur supérieure à 34 mm., sont constitués par des viroles exécutées à la presse, sans suture longitudinale, et réunies en tronçons par une suture circulaire.

Les tuyaux sont assemblés par des brides folles et les joints rendus étanches par un caoutchouc de section circulaire noyé dans une gorge à emboîtement. La conduite est enterrée sur tout son parcours (sauf sur les 870 m. environ où elle est en tunnel) dans une fouille de 1 m. à 1,50 m. de profondeur; elle ne possède aucun joint de dilatation et n'est ancrée qu'en un seul point, à l'entrée de l'usine, dans un grand massif de butée. Les changements de direction, assez nombreux mais peu importants, sont obtenus au moyen de bagues biaises.

Des vannes de sûreté ont été établies à la sortie du lac ainsi qu'à l'entrée dans l'usine.

¹ Notons, en passant, que M. Boucher a également étudié et dirigé la construction des chutes de Vouvry en Valais (917 m.) et d'Orlu dans les Pyrénées (923 m.), qui détenaient jusqu'à présent le record de l'altitude.

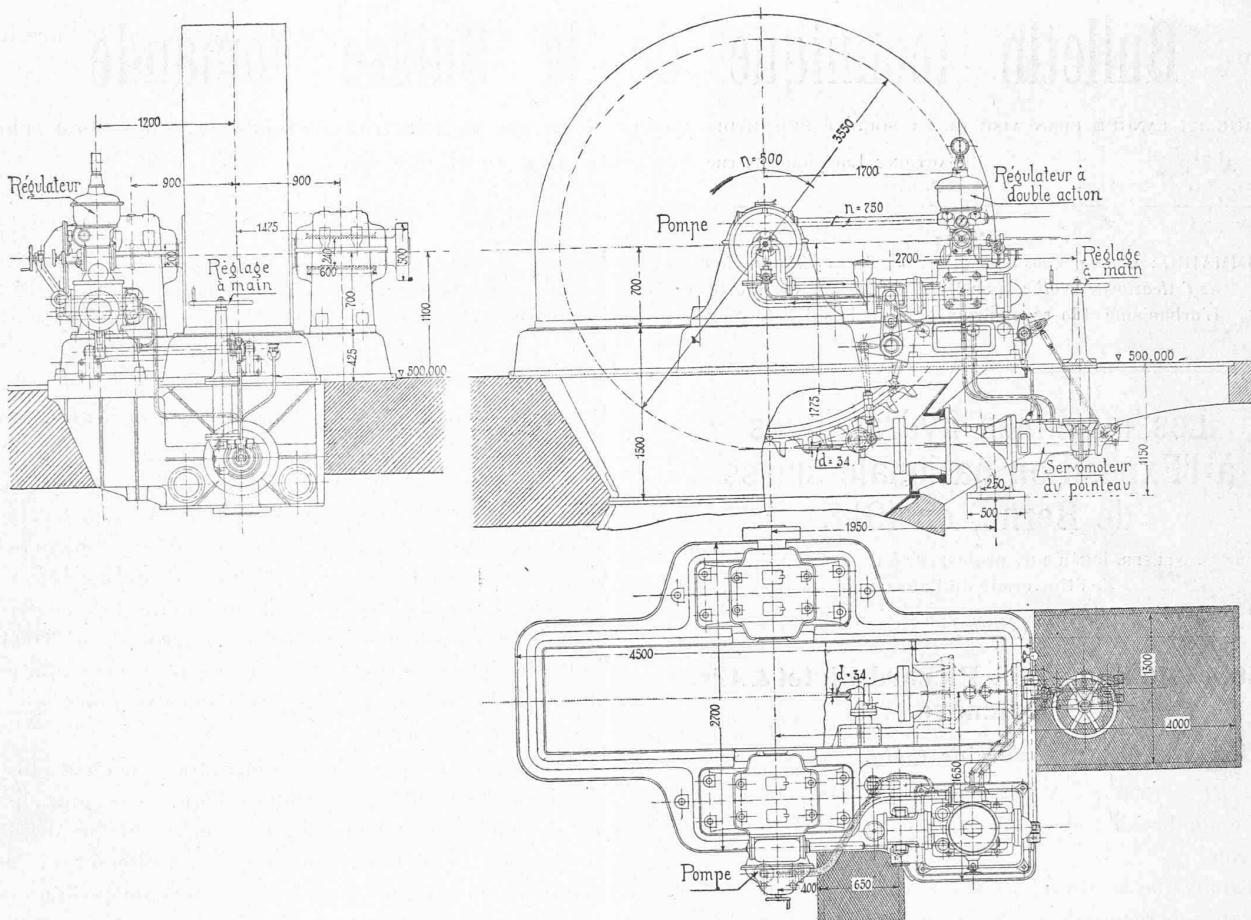


Fig. 22. — Turbine Pelton pour l'Usine de Fully (Valais). — $H = 1650$ m. ; $N = 3000$ HP ; $n = 500$ t./min. — Echelle 1 : 60.

La tuyauterie a été exécutée par la Maison Thyssen & C°, à Mülheim sur la Ruhr, mais les détails en ont été étudiés par M. Boucher, qui en a également dirigé le montage.

Les fig. 21 et 22 donnent la vue d'ensemble de la turbine et de son régulateur. La roue motrice, dont le diamètre moyen est de 3550 mm., est constituée par un disque d'acier forgé S. M., pesant environ, une fois usiné, 7100 kg.; ce disque porte 54 aubes rapportées, dont le poids moyen est de 11,4 kg. par aube, qui reçoivent la poussée d'un jet de 34 mm. de diamètre.

Le rapport $\frac{D}{d}$ est ainsi égal à 105 environ.

Ce disque, exécuté comme disque d'égale résistance, est emboité par un cône sur un arbre d'acier qui repose sur deux paliers de 600 mm. de longueur et de 200 et 240 mm. de diamètre, munis d'un graissage à bagues. L'une des extrémités de l'arbre porte le plateau d'accouplement pour l'alternateur, tandis que l'autre contient l'embrayage de la pompe à huile du servo-moteur, entraînée de ce fait directement à la vitesse de 500 tours de la turbine.

Le bâti de fonte porte les paliers et le régulateur; il se continue, en aval, par un dispositif particulier sur lequel nous reviendrons plus loin. Une bâche en tôle, boulonnée sur le bâti, recouvre la roue de turbine.

Les aubes et leur mode de fixation (brevet suisse Léon Dufour, N° 62931) ont été, de la part du constructeur, l'objet d'études et de soins tout spéciaux; elles sont également, comme le disque, en acier S. M., forgées en matrice, procédé d'exécution qui présente évidemment toutes garanties au point de vue de l'homogénéité de la matière.

Les faces intérieures de l'aubage sont meulées et polies ainsi que l'échancrure de l'arête d'entrée.

Chaque aube A est munie (voir fig. 23, photographie d'un petit modèle) d'une patte d'attache en forme de queue d'aronde qui s'engage dans une rainure circulaire de section correspondante R, tournée dans la couronne du disque D; neuf paires d'entailles, ménagées dans cette couronne, permettent l'introduction des pattes des aubes dans la rainure, en E; les aubes peuvent ensuite être glissées successivement à leur emplacement effectif.

Le serrage périphérique de ces aubes l'une contre l'autre, ainsi que celui des surfaces inclinées des pattes de fixation contre les parois correspondantes de la rainure du disque, est obtenu au moyen de clavettes C (fig. 23), à section trapézoïdale, disposées entre les aubes, perpendiculairement au plan du disque. Ces clavettes, visibles également (fig. 22), n'ont pas été chassées; cette solution qui, à première vue, paraît être la plus naturelle, ne permet cependant pas, à cause de l'énorme influence des effets du

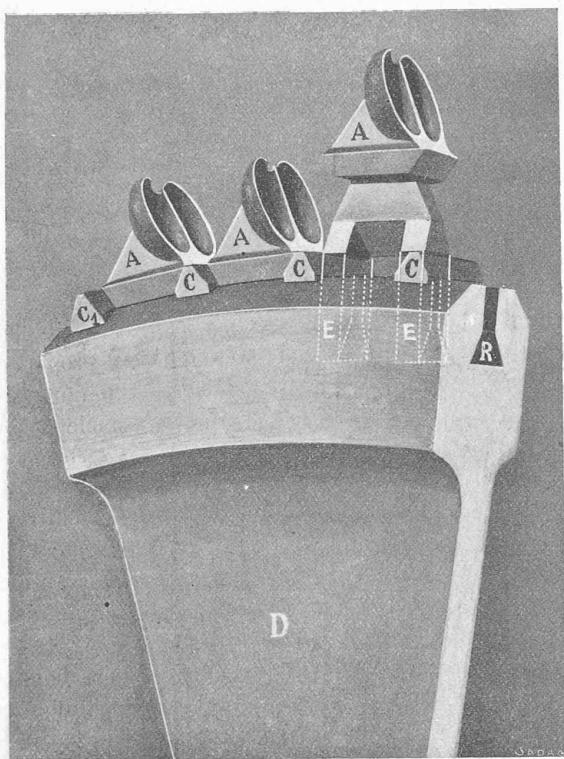


Fig. 23. — Mode de fixation des aubes de Fully (modèle réduit)

frottement lors de l'introduction des clavettes, de prévoir d'avance, avec une certitude suffisante, quelles seront les tensions maxima dans le matériel des divers éléments de l'assemblage.

Or, il faut arriver à faire naître, entre les surfaces de contact des aubes, des clavettes et du disque, des efforts en tout cas suffisants pour qu'une dislocation de ces éléments ne soit pas à craindre, quel que soit le régime de marche de la turbine, et cela sans risquer de créer, soit dans les aubes, soit dans la couronne, des tensions dépassant les valeurs admissibles pour le matériel choisi.

La solution adoptée, certainement remarquable tant par son originalité que par la sécurité des résultats auxquels elle conduit, est la suivante. Des 54 clavettes axiales, 9 de forme spéciale (C_1 , fig. 23; voir aussi fig. 22, celle qui se trouve exactement dans l'axe vertical, au point bas du disque) ont été au préalable chassées dans le disque; ces clavettes constituent les points d'appui de la couronne d'aubes. Quant aux autres clavettes, de section trapézoïdale et constante, elles ont été ajustées au préalable très soigneusement et de façon à produire un serrage initial modéré. Puis, le disque tout entier, débarrassé de ses aubes, fut porté lentement, au moyen d'un four électrique construit à cet effet,¹ à une température moyenne

de 130° environ, déterminant une dilatation de la matière et par conséquent un allongement périphérique de la couronne.

Les aubes froides furent alors introduites à leur place respective, ainsi que les clavettes axiales; grâce à la différence de température entre les aubes et le disque, tout serrage avait évidemment disparu, si bien qu'il fut aisément de glisser entre la périphérie cylindrique du disque et 9 des clavettes trapézoïdales C , préalablement choisies et réparties symétriquement par rapport aux clavettes d'appui C_1 , une feuille de tôle d'acier d'épaisseur déterminée et calculée d'avance pour produire, sous l'effet du retrait du refroidissement du disque, le serrage désiré.

Il est à remarquer que, grâce à la nature de leur emboîtement, les aubes ne peuvent absolument pas se détacher du disque, même si les clavettes de serrage venaient à partir. Cette éventualité est d'ailleurs rendue impossible par le fait que ces clavettes, après refroidissement du disque, ont été matées à leurs extrémités.

Cette turbine est également munie d'un régulateur automatique à double action, agissant à la fois sur un écran déviateur et sur le pointeur du distributeur.

Le principe de ce régulateur est le même que celui de la turbine de Rjukan déjà exposé; toutefois, le piston du dashpot, commandant l'écran, ne se trouve pas à l'intérieur du servo-moteur principal (piston 5, à l'intérieur de

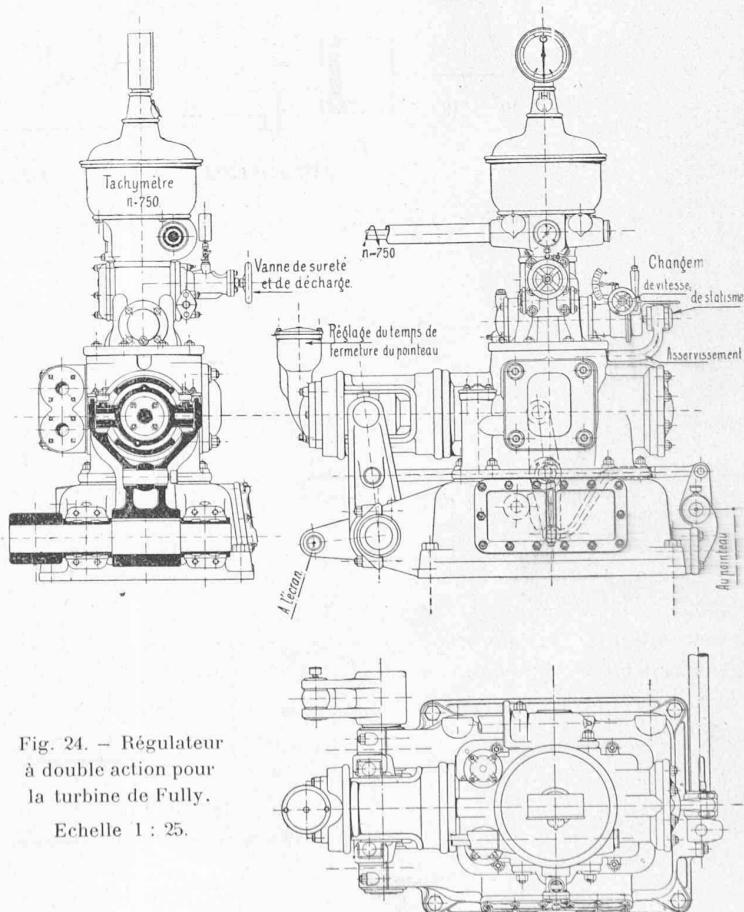


Fig. 24. — Régulateur à double action pour la turbine de Fully.

Echelle 1 : 25.

¹ Cette opération fut exécutée pour les quatre machines à l'usine de Fully.

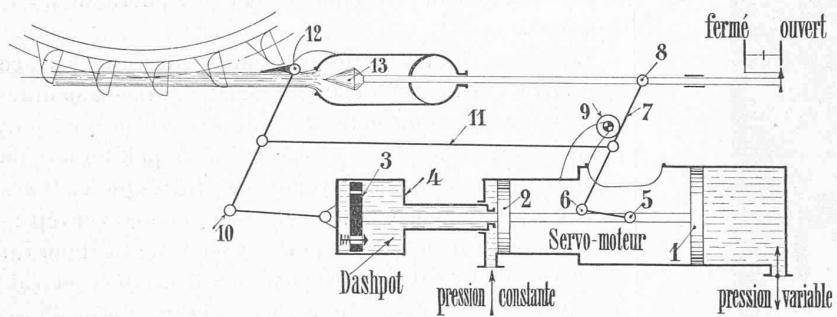
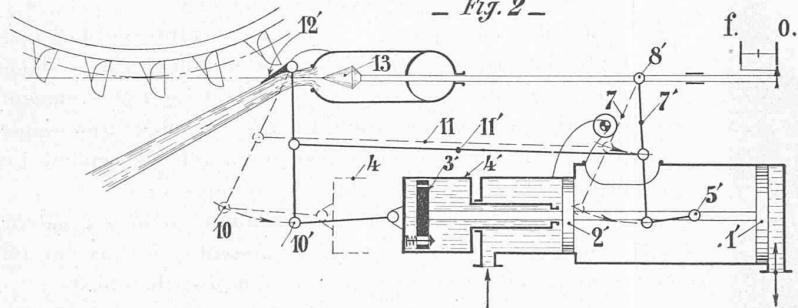
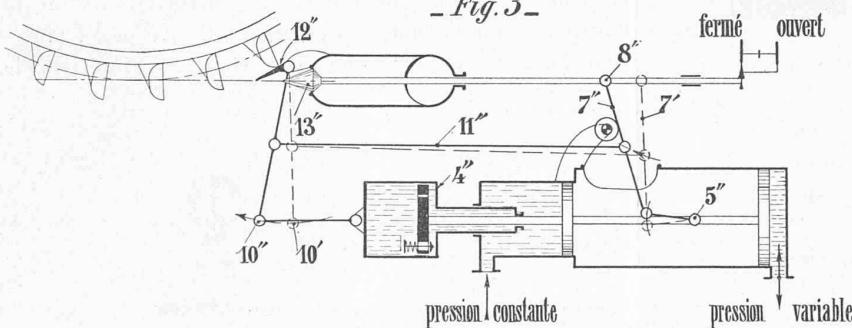
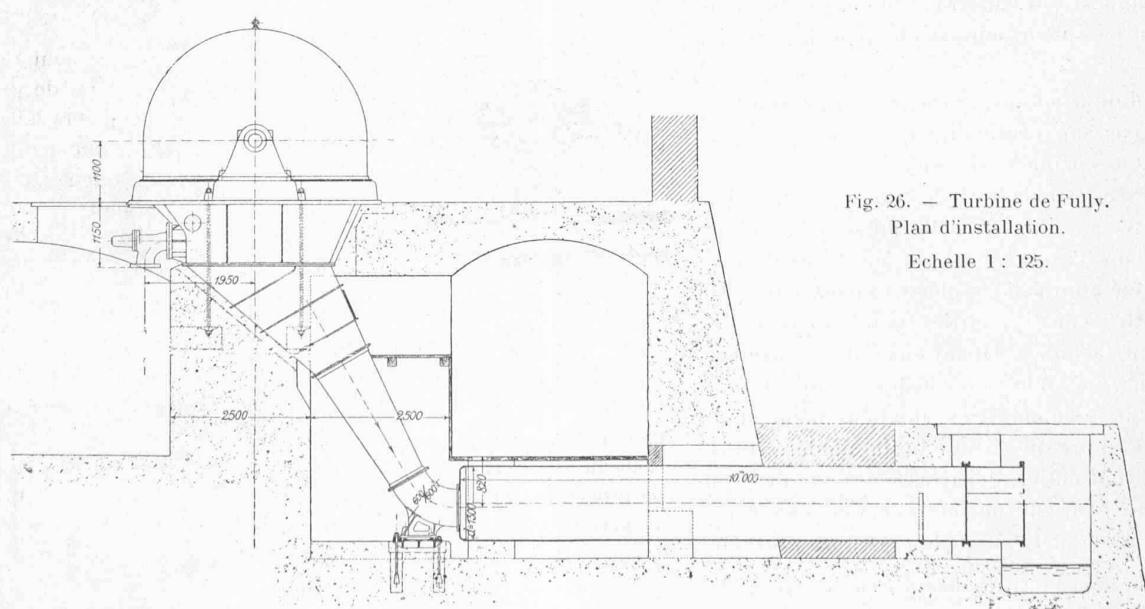
- Fig. 1 -*- Fig. 2 -**- Fig. 3 -*

Fig. 25. — Schéma du régulateur à double action de la turbine de Fully.

6, fig. 20); il a été reporté en dehors de celui-ci (voir fig. 24).

En outre, le petit robinet à pointeau (22, fig. 20), destiné à étrangler le passage de l'huile du dashpot, a été remplacé par un canal de forme hélicoïdale, de section constante et de longueur réglable. L'huile du dashpot est obligée, lors d'une fermeture du pointeau, de traverser ce canal; la résistance qu'il oppose à ce passage et qui est proportionnelle, entr'autres, à la longueur du parcours, constitue l'obstacle permettant de régler à volonté le temps de fermeture du pointeau. Ce dispositif a le gros avantage de permettre un réglage très précis et d'arriver à des temps de fermeture relativement grands (40 à 50 secondes), sans risque d'obstruction.

La figure 25 donne le schéma de ce régulateur. Ce schéma diffère de l'exécution de Rjukan, entr'autres, en ce que l'effort nécessaire au déplacement du pointeau du distributeur n'est pas fourni par les pistons 1 et 2 du servo-moteur principal (fig. 20). Ce pointeau est construit de façon à ce que les poussées provenant de l'eau tendent constamment à l'ouvrir; il porte à l'extérieur le piston d'un servo-moteur auxiliaire à huile sous pression (visible fig. 22, mais supprimé dans le schéma fig. 25), dont l'organe

Fig. 26. — Turbine de Fully.
Plan d'installation.

Echelle 1 : 125.

de distribution est commandé par le point 8 du parallélogramme articulé (voir schéma fig. 25). Tous les éléments de la tringlerie, compris entre le servo-moteur principal 1, 2 et le pointeau 13, ne transmettent donc que les efforts insignifiants nécessaires au déplacement du petit tiroir de distribution du servo-moteur du pointeau 13; il n'y a, par conséquent, pas d'usure à craindre dans ces articulations, ce qui, étant donné la faible course totale du pointeau, est de toute première importance pour la bonne marche du régulateur.

Les trois positions successives du régulateur, représenté par la figure 25, nous paraissent pouvoir se passer d'explications. La position I représente l'état de régime, à charge totale, écran tangent au jet, le balancier 7 s'appuyant sur la butée 9. La position II fait voir l'écran 12 totalement dévié, mais le pointeau 13 est encore dans sa position d'ouverture maximum, le point 8 n'ayant pas encore bougé, grâce à l'action du parallélogramme articulé 6, 8, 12, 10 et au fait que le cylindre 4 du frein à huile, entraîné par le piston 3, a parcouru la même course que les pistons 2 et 1 auxquels il est relié. Le balancier 7 s'est donc éloigné de la butée 9.

Dans la position III, le cylindre 4 du frein à huile, après s'être lentement déplacé de gauche à droite, a relevé l'écran 12 et ramené, grâce à la traction dans la bielle 11, le balancier 7 sur la butée 9 et le pointeau 13 dans sa nouvelle position de régime.

La figure 24 donne les vues principales de ce servomoteur, sur lesquelles nous avons reporté les éléments principaux du schéma précédent.

On distingue sur la figure 24 le réglage à main du pointeau, manœuvrable quelle que soit la position de celui-ci.

Le bâti de la turbine se prolonge en aval par un caisson de fonte, puis de tôle soudée qui débouche dans un tuyau amortisseur, de 1300 mm. de diamètre et 9 m. de longueur (fig. 26).

Ce tuyau, fermé en aval sur une partie de sa section, contient toujours une certaine quantité d'eau destinée à absorber, sans danger, la force vive du jet lorsqu'il est dévié par l'écran. Ce dispositif a donné, lors des essais, toute satisfaction. Le jet dévié (la vitesse de l'eau est, à la sortie du distributeur, de 175 m. par seconde environ) frappe d'abord un renvoi disposé sur le bâti en face du distributeur; de là il descend dans le tuyau amortisseur où il détermine un vaste remous qui absorbe la majeure partie de sa force vive, si bien que l'eau sort par l'extrémité aval du tuyau de 1300 mm., avec une vitesse réduite qui ne présente plus aucun danger pour les maçonneries.

Il est bien évident qu'il était de toute première nécessité (c'est le cas pour toutes les turbines munies d'un déviateur de jet) d'empêcher l'eau sortant de la turbine, de frôler soit le béton, soit les maçonneries avant que sa vitesse ait été ramenée à une valeur convenable. Dans le cas particulier, grâce toujours à l'énorme chute utilisée par la turbine, la vitesse normale de sortie des aubes est

encore de 30 à 40 m/sec.; à elle seule déjà elle exigerait un blindage des parois de la fosse d'évacuation.

L'auteur de ces lignes ayant été l'un des collaborateurs de cette œuvre, risquerait d'avoir l'air de sortir du rôle de chroniqueur impartial qu'il s'est imposé, s'il se laissait aller à exprimer ici son opinion personnelle sur ces turbines et les résultats obtenus lors des essais.

Il lui sera cependant permis de reproduire l'éloge flatteur que leur décerna une plume plus autorisée que la sienne, celle de M. le Prof. Präsil qui, dans la *Schweizerische Bauzeitung*, Bd. LXIV, n° 24, termine la description de ces turbines par les remarques suivantes que nous traduisons: « Il faut reconnaître, dans cette installation en « général, ainsi que dans la construction de ces turbines, « exécutées pour des conditions de chute si extraordinaires, une œuvre technique de tout premier ordre, « pleine d'initiative, étudiée et réalisée avec méthode, et « dont les cercles techniques salueront avec reconnaissance toute communication qui leur serait faite au sujet « des résultats obtenus ».

Nous comptons bien déférer prochainement aux vœux exprimés par notre distingué collègue.

(A suivre).

A propos de l'Alcazar de Séville.¹

Par René DELHORBE, architecte.

L'invasion des Musulmans sur l'immense territoire de l'Indus aux Pyrénées qu'ils ont occupé, a produit, chez les différents peuples soumis, l'élosion d'une civilisation spéciale, appelée parfois civilisation arabe. La civilisation et l'art arabes sont des termes impropre. Les Arabes, nomades, moitié guerriers, moitié patriarches, n'ont donné au monde que la doctrine du Prophète et le système politico-religieux du Khalifat. Cette doctrine a été imposée par les armes à des peuples d'une civilisation et d'une culture en général très supérieures à celle de l'envahisseur. Mais, ainsi que le fait remarquer le docteur Le Bon, dans son ouvrage sur la civilisation des Arabes, le premier contact de l'Islam avec les civilisations qui l'ont précédé eut pour effet de galvaniser leur dernier reste de vie.

Les Arabes avaient organisé, à travers les territoires conquis, une sorte de protectorat où une petite minorité arabe de Moslim (croyants) combattaient, priaient, gouvernaient, percevaient les impôts, tandis qu'une majorité indigène d'infidèles ou raïas travaillaient et payaient. Ainsi l'Islamisme, tout en imposant aux pays conquis, par sa doctrine même, un programme presque uniforme, laisse à chacun son caractère local. Les ouvriers, les architectes des monuments « arabes » n'ont pas été des Arabes proprement dits. Les Sémites transmettent, ils n'exécutent pas. Un historien musulman réputé a écrit que, quand un état se compose d'Arabes, il a besoin de gens d'un autre pays pour construire.

¹ Droits réservés.