Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 28 (1902)
Heft: 17

Artikel: Forces motrices du lac Tanay (suite et fin)
Autor: Boucher, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-22877

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: 17.07.2025

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

FORCES MOTRICES DU LAC TANAY

(Suite et fin)[1].

Nous avons vu plus haut que la canalisation en acier de 341 mm. de diamètre extérieur se terminait à sa partie inférieure par une vanne dont le vide de 300 mm. correspond à quelques millimètres près au vide de la canalisation. Cette vanne est une simple vanne à tiroir mue à la main et munie d'un by-pass. Elle est destinée à arrêter complètement l'eau en cas de réparations à son aval.

Cette vanne est suivie d'une autre grande vanne de 300 mm. aussi, mais à piston et commande hydraulique, se manœuvrant à distance, au moyen d'un distributeur placé près du tableau. Elle est destinée à se fermer rapidement en cas d'accident. Sa fermeture est même tellement rapide qu'elle a dépassé le but en provoquant elle-même un accident. La première fois qu'on s'en est servi, sans précautions spéciales, elle a donné un coup de bélier qui a produit une rupture de la canalisation. Cet accident qui a eu lieu pendant les essais a motivé l'étude d'un by-pass spécial automatique, actuellement en montage. Il est à remarquer, en effet, que les vannes ne donnent pas de coups de bélier sensibles pendant la plus grande partie de la course de fermeture, ce n'est que quand la section libre est réduite à la même section que celle des orifices des distributeurs des turbines en fonction que le ralentissement de la vitesse de l'eau devient dangereux. A ce moment l'eau a encore les sept dixièmes de sa vitesse normale.

Pour réduire les coups de bélier à une valeur déterminée et rigoureusement calculable, il faut que le changement de vitesse de l'eau se fasse dans un temps donné.

M. Michaud, l'excellent hydraulicien trop peu connu, a établi une formule qui a le double mérite d'être aussi simple que juste. Nous avons eu l'occasion de la vérifier dans cette installation et les coups de bélier observés, pour différentes vitesses de fermeture, correspondent rigoureusement aux calculs[1].

Dans notre cas, pour que le coup de bélier ne dépasse pas cinq atmosphères, il faut que l'orifice, laissant passer

[1] Voir N° du 5 août 1902, page 197.

[1] Très prochainement les lecteurs de cette revue auront la bonne fortune de lire une note de M. Michaud sur ce sujet.

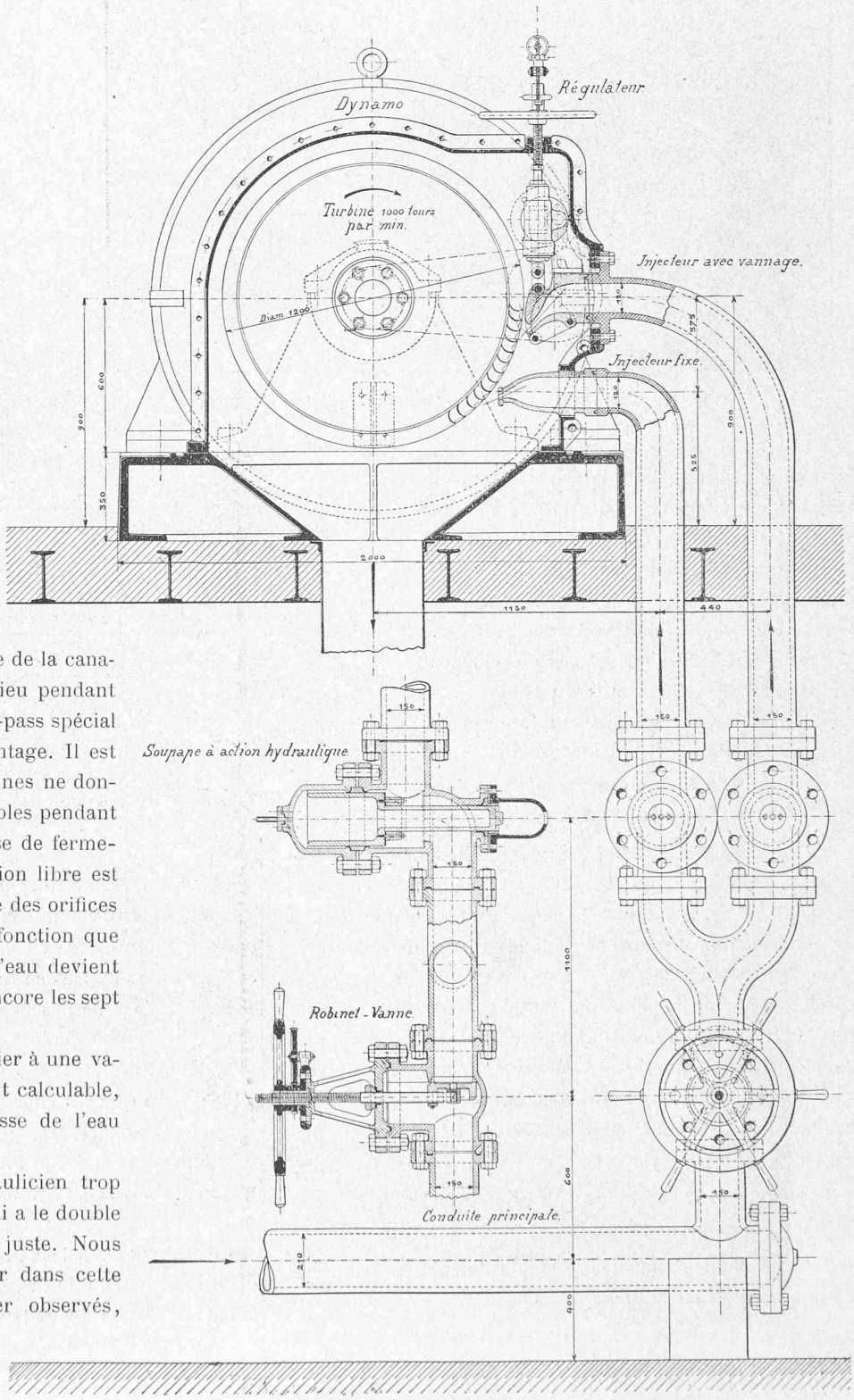
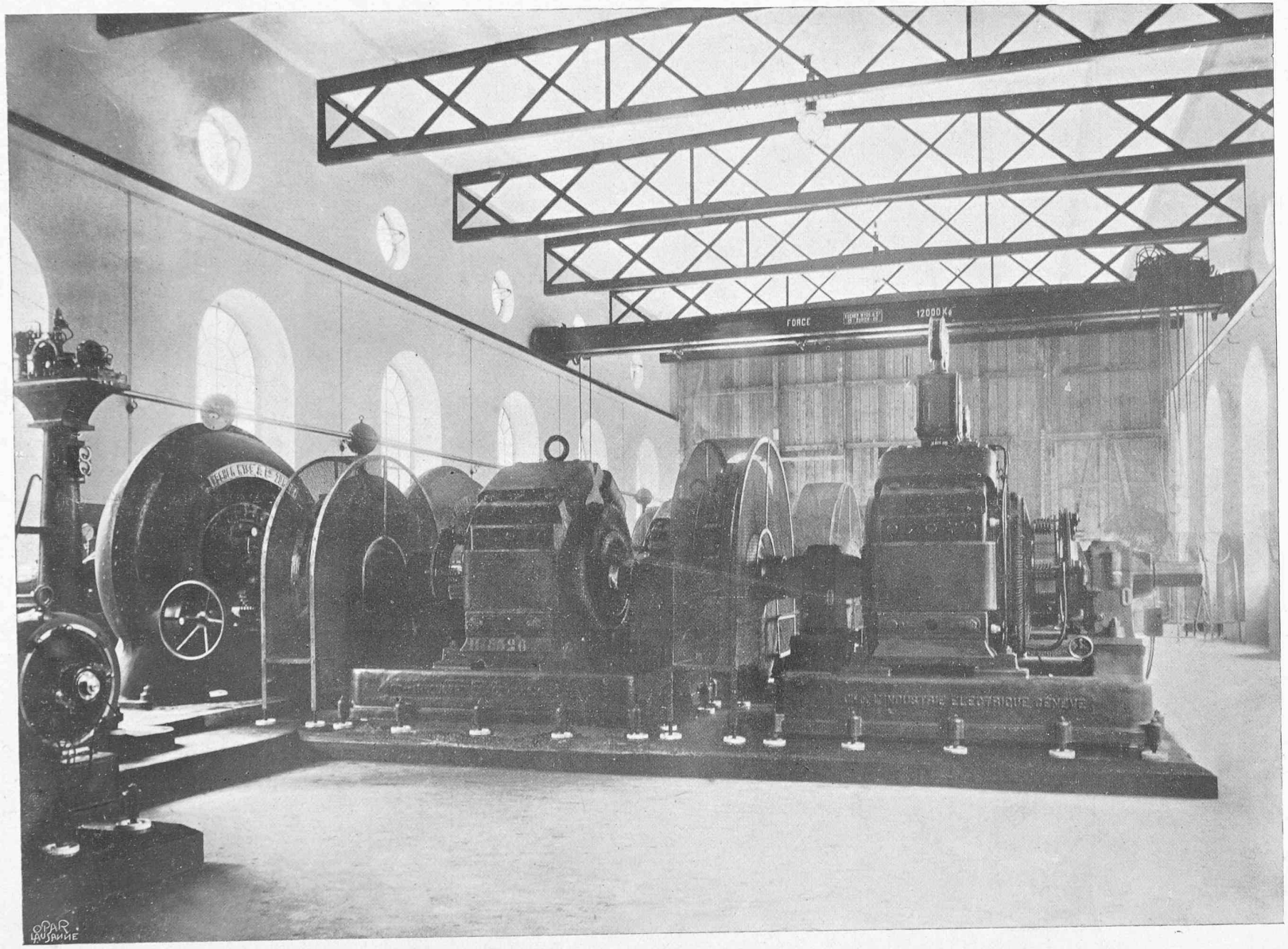


Fig. 12. — Turbine des Ateliers de Construction mécanique de Vevey, avec vanne-tiroir et vanne-piston.



Vue intérieure de l'Usine de St-Maurice et d'un groupe électrogène de 1000 chevaux

Seite / page

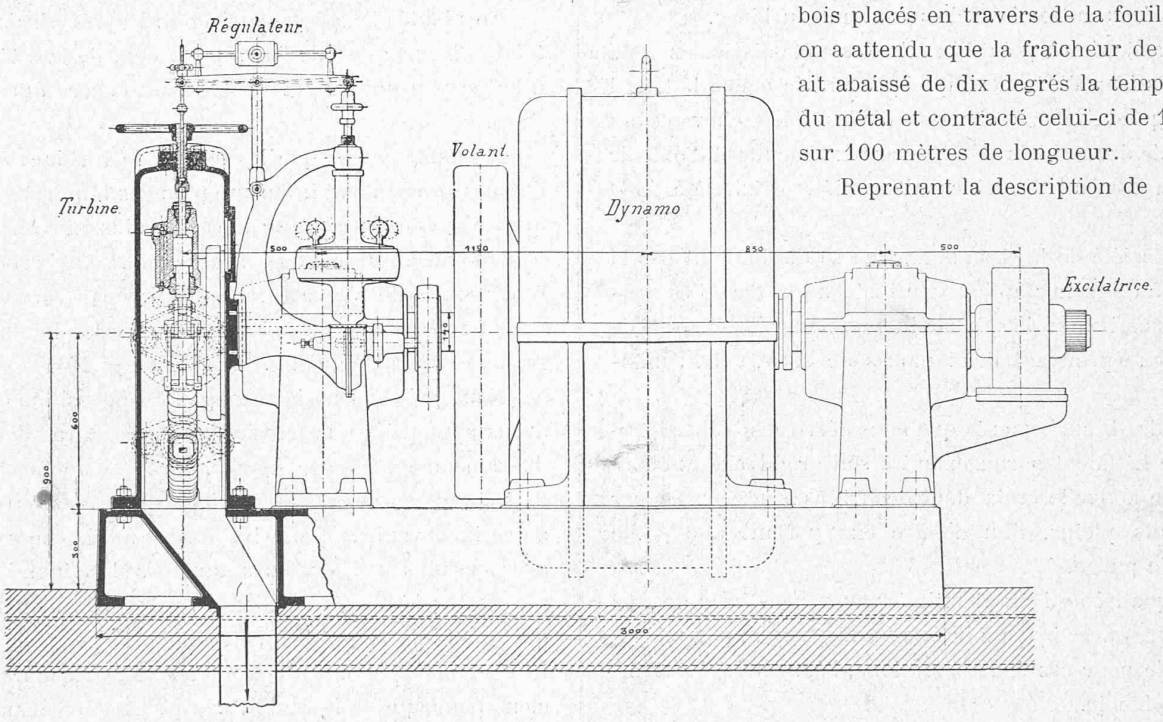
leer / vide / blank

une quantité d'eau correspondant à 500 chevaux, ne se ferme pas en moins de cinq secondes.

On peut obtenir ce résultat soit en donnant une forme spéciale aux orifices, soit en adjoignant aux vannes des by-pass à fermeture lente qui n'entrent en jeu que quand la vanne principale est déjà fermée.

Lorsque l'accident que nous venons de mentionner s'est produit, la réparation a été facile et rapide malgré le système de joints à emboîtements mâle et femelle. Pour introduire un tuyau neuf à la place du tube avarié on a dû nécessairement créer le vide voulu pour laisser passer la saillie mâle d'un tube encore en place et celle du nouveau tube. Pour cela il fallait 14 millimètres. Afin de les obtenir, on a déterré la canalisation sur 50 mètres en amont et sur 50 mètres en aval du point en réparation ; les parties déterrées ont été suspendues au moyen de cordes à des bois placés en travers de la fouille, puis on a attendu que la fraîcheur de la nuit ait abaissé de dix degrés la température du métal et contracté celui-ci de 14 mm. sur 100 mètres de longueur.

Reprenant la description de l'instal-



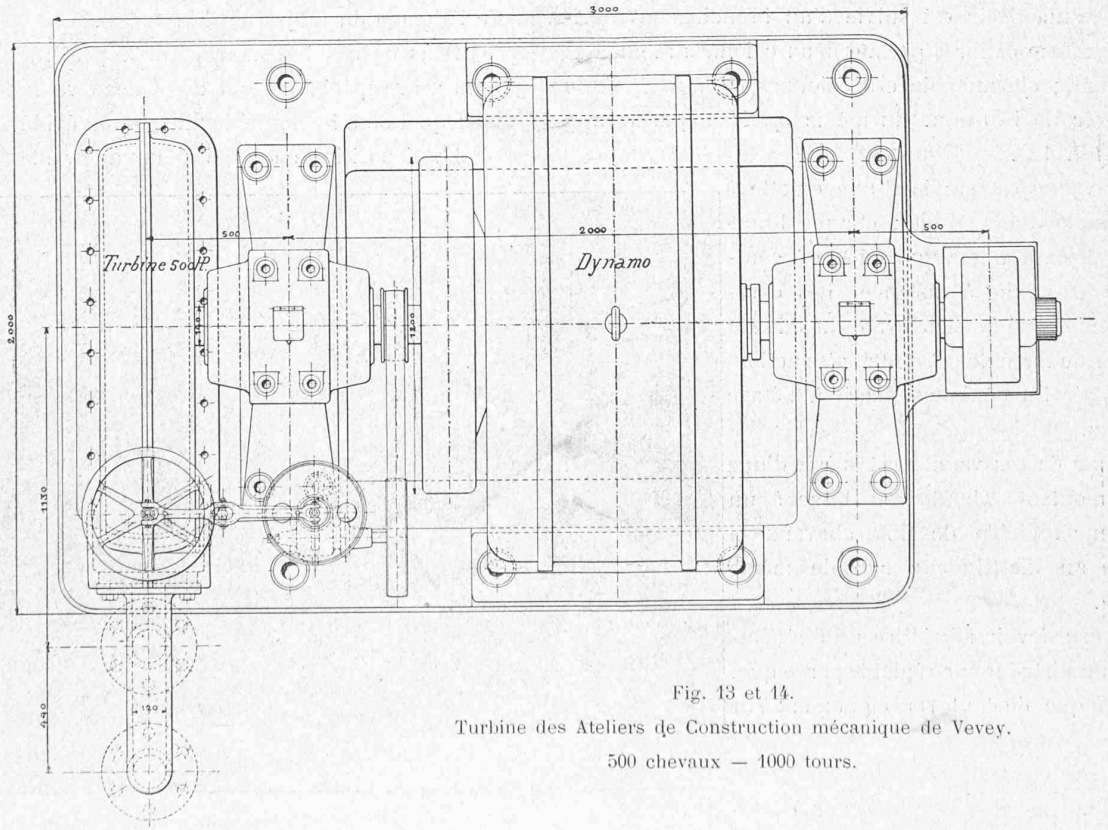


Fig. 13 et 14.
Turbine des Ateliers de Construction mécanique de Vevey.
500 chevaux — 1000 tours.

lation nous voyons la grande vanne à piston suivie d'une croix en acier fondu. L'une des tubulures de cette croix est du même calibre que cette vanne; les trois autres branches ont 210 mm. de vide.

Une de ces branches est fermée par un joint plein et sert de tubulure d'attente; elle sera reliée à une deuxième canalisation de 341 mm., actuellement en cours de montage.

Les deux autres branches vont aux turbines.

A partir de ce point l'installation a été divisée en deux branches bien différentes, quoiqu'ayant le même but, qui est de produire sur chacune d'elles 1000 chevaux au moyen de deux unités de 500 chevaux chacune et d'obtenir ainsi un courant électrique alternatif monophasé à 6000 volts.

La Société de la Grande-Eau ne se dissimulant pas la difficulté de mener à chef une installation dans des conditions aussi nouvelles, a voulu augmenter les chances de succès en éprouvant deux modes de construction différents.

Un des branchements que nous décrirons d'abord traverse le bâtiment normalement à son grand axe et aboutit à une nouvelle croix dont deux bras sont fermés par des joints pleins, l'un d'entre eux portant une petite vanne de purge.

Le quatrième bras aboutit à une vanne-tiroir de 210 millimètres avec by-pass intérieur, disposition peu recommandable pour ces fortes pressions, l'étanchéité étant difficile à obtenir.

Cette vanne-tiroir est suivie d'un branchement horizontal de même calibre, portant deux colonnes montantes de 150 mm.; chacune de ces colonnes est munie d'une vanne-tiroir de 150 mm. du même système que la précédente (fig. 12).

Cette vanne est suivie d'une culotte à deux branchements égaux; chaque branchement portant une vanne-piston à commande hydraulique à distance. Les commandes se font de la plateforme du tableau au moyen de manettes et de tringles actionnant des tiroirs cônicques placés à l'étage en-dessous.

Chacune de ces vannes est suivie d'une colonne montante aboutissant l'une à un distributeur réglable de 500 chevaux et l'autre à un distributeur fixe de même puissance.

On a cru devoir adjoindre un distributeur fixe au distributeur réglable parce que, vu le manque de tout renseignement sur l'usure que pourrait produire l'eau à si haute pression, on craignait que cette usure ne fut très rapide. On pensait commencer à marcher au moyen des distributeurs réglables, et une fois l'alternateur mis en phase, soit avec les autres de la même usine, soit avec ceux de l'autre usine, supprimer tout réglage et marcher avec le distributeur fixe. Celui-ci aurait fonctionné pendant un plus grand nombre d'heures par an, et comme il n'a pas de pièces mobiles, le changement de son extrémité, seule soumise à l'usure, aurait pu se faire économiquement.

En réalité, l'expérience a montré *après plusieurs centaines d'heures* de marche que ces eaux de lacs très pures usent si peu qu'il n'y a actuellement encore *aucune trace de corrosion*.

Il semble acquis que les usures de turbines et distributeurs proviennent beaucoup plus des impuretés de l'eau que de sa vitesse créée par une chute plus ou moins élevée.

Ces turbines sont des roues Pelton en bronze. Elles sont munies de régulateurs hydrauliques à servo-moteur. Elles sont montées en porte à faux sur les bouts des arbres des alternateurs (fig. 12, 13, 14 et 15).

Nous préconisons beaucoup cette disposition que nous avons appliquée, à l'exclusion de toute autre, depuis une douzaine d'années sur une quarantaine de machines de toutes puissances. Nous n'y avons jamais trouvé aucun autre inconvénient que celui d'avoir à beaucoup négocier avec certains constructeurs auxquels il répugne de fournir des turbines sans paliers ni arbres, ni manchons, ce qui diminue singulièrement l'importance de la fourniture et oblige à entente avec les constructeurs électriciens pour que le bout de l'arbre soit tourné au calibre de l'alésage du moyeu de la turbine.

Dans ce cas le constructeur a préféré faire les frais d'un arbre spécial portant un plateau venu de forge, contre lequel on a boulonné le moyeu non évidé de la turbine.

La disposition en porte à faux a l'avantage de n'exiger

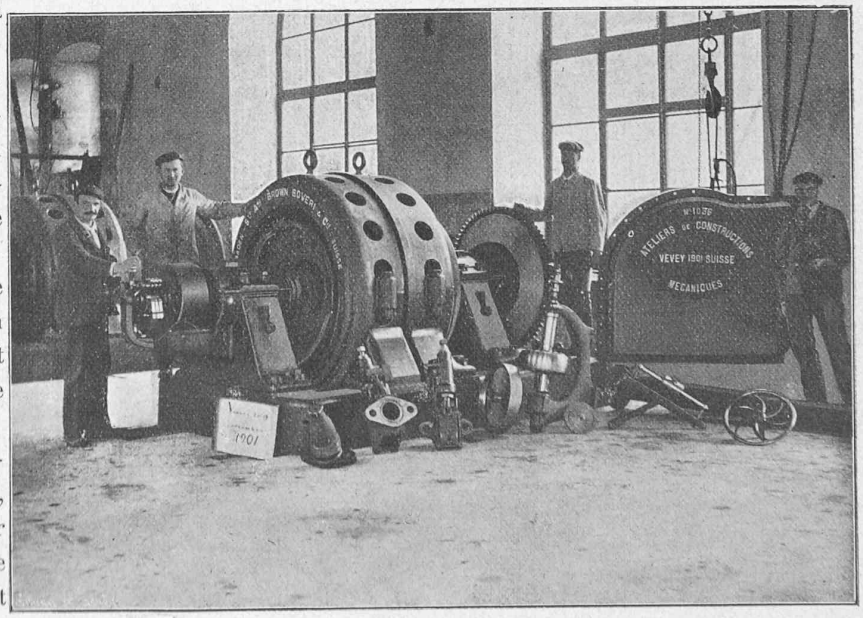


Fig. 15. — Turbines des Ateliers de Construction mécanique de Vevey.

que les deux paliers des dynamos qui sont toujours en ligne droite, d'où un montage facile. La place occupée est moins grande. Les chances d'accidents sont diminuées. La surveillance et l'entretien sont moindres et enfin la dépense de premier établissement est notablement réduite.

On a objecté que les paliers et les arbres des dynamos sont nécessairement mis à la terre par ce système; cela est vrai, mais ne présente aucun inconvénient car il est aussi facile d'isoler le reste de la machine de ces pièces que la machine entière de la terre.

Les dynamos actionnées par ces deux turbines sont des alternateurs monophasés à 6000 volts, à inducteur tournant et excitatrice en bout d'arbre. Elles ne présentent rien de bien particulier si ce n'est leur grande vitesse (1000 tours) et leur marche néanmoins relativement silencieuse.

La disposition générale de l'autre côté de la salle est la même sauf que les alternateurs, étant à excitation indépendante, il y a en plus deux petites turbines de 25 chevaux chacune, pour actionner les excitatrices. Une seule excitatrice suffisant non seulement pour deux alternateurs mais encore pour deux autres qui seront placés dans l'avenir.

La conduite qui dessert cette partie, commence par une vanne tiroir de 210 mm. munie d'un by-pass extérieur à fermeture conique absolument étanche ainsi que la vanne elle-même.

Cette conduite porte quatre colonnes montantes, deux de 150 mm. munies de vannes-tiroirs à by-pass extérieurs et deux de 50 mm. à vannes-tiroirs simples.

Les deux premières colonnes montantes desservent chacune une turbine de 500 chevaux, elles commencent par une culotte dont chaque branchement porte une vanne-piston à commande hydraulique.

Ces vannes-piston, contrairement aux autres, sont disposées pour étrangler l'eau graduellement à fin de course et à le faire en cinq secondes de façon à ce que le coup de bélier ne produise pas une surpression de plus de 5 %, ce qui est bien modéré.

La commande hydraulique se fait à distance au moyen d'un jeu de petites vannes à soupapes coniques situées sous le tableau des tringles de manœuvre qui traversent les planchers et aboutissent à des volants à portée des mains du mécanicien.

Chaque turbine a deux distributeurs de 500 chevaux chacun, l'un fixe l'autre réglable.

La turbine proprement dite est aussi montée directement en porte à faux sur le bout de l'arbre de la dynamo qui ici est tourné conique (fig. 16).

Elle se compose d'un disque massif en fonte plus épais au milieu que sur ses bords. Tout autour de la partie extérieure, à droite et à gauche de ce disque, se trouvent des ailettes courbes, venues de fonte, et formant aubages. Ces aubages adhèrent au disque d'un seul côté et laissent ainsi l'alvéole ouverte de trois côtés, du côté de l'entrée de l'eau extérieurement, du côté de sa sortie intérieurement, et du côté opposé au disque.

Les ailettes sont placées alternativement à droite et à

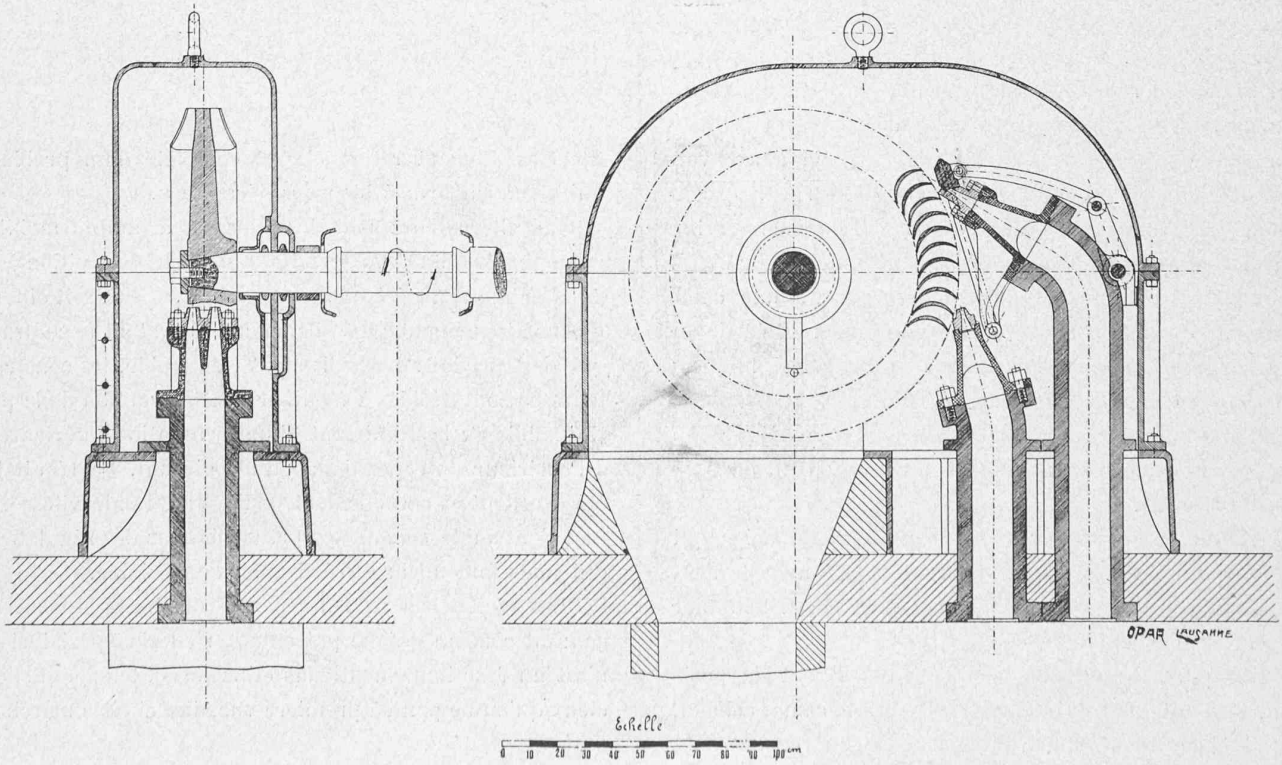


Fig. 16. — Turbine de M. J. Duvillard. — 500 chevaux — 1000 tours.

gauche du disque pour éviter les vibrations et le bruit. Chaque distributeur est double, donnant deux jets de 250 chevaux chacun. La section de chaque jet n'est que de deux centimètres carrés! Les jets réglables sont à section rectangulaire, les autres à section circulaire.

Le diamètre de la turbine est de $1^m,20$ et sa vitesse normale est de 1000 tours. En cas de rupture brusque du courant, coïncidant avec une avarie au régulateur, ou avec une marche sans régulateur, la vitesse maximum possible pourrait atteindre le voisinage de 2000 tours sans jamais y arriver; néanmoins à cette vitesse d'emballement la turbine résisterait à la force centrifuge, car elle a été calculée pour que dans ce cas-là aucune de ses parties ne travaille à plus de 3 kg. par mm.^{2}, ce qui est très admissible pour la fonte spéciale ayant servi à sa fabrication.

Les petites turbines des excitatrices (fig. 17) sont d'une construction analogue, mais avec des ailettes d'un seul côté du disque et un seul distributeur réglable à main. C'est un petit jet rond de *cinq millimètres* commandé par une fermeture à pointeau extérieur mû par une vis. Leur diamètre est moitié moindre et leur vitesse normale double c'est-à-dire 2000 tours.

Une des parties les plus remarquables des turbines de 500 chevaux est le régulateur (fig. 18).

Ce sont des régulateurs à servo-moteurs secs, d'une grande simplicité et d'un parfait fonctionnement.

Le régulateur forme un tout, complètement séparé de la turbine, à laquelle il est relié seulement par la courroie qui le commande et par une tringle qui lui sert à actionner les languettes des distributeurs réglables. Il se compose d'un bâti portant à sa partie inférieure une paire de pignons d'angle. Le premier pignon est porté par un axe horizontal qui reçoit son mouvement par l'intermédiaire d'une poulie et d'une courroie actionnées par l'arbre commun à la dynamo et à la turbine. Le pignon à axe vertical fait tourner un arbre vertical portant un petit excentrique de 3 mm. de course seulement; le même arbre vertical entraîne un tachymètre à boules monté sur billes. Ce tachymètre commande une douille portant une came plate en acier et en forme de losange. Deux côtés de ce losange sont horizontaux, les deux autres côtés obliques; ceux-ci sont finement dentés.

L'intérieur de la douille renferme l'excentrique qui donne à la came un mouvement de balancement dans un plan horizontal.

Autour de la came se trouve un cadre en acier qui lui laisse un jeu légèrement supérieur à la course de l'excentrique, ce cadre est relié à la languette du distributeur au moyen d'articulations convenables.

Dès que les boules du tachymètre changent de position, la douille fait de même et entraîne la came, celle-ci, qui se balançait librement dans le cadre, en rencontre un des côtés et l'entraîne dans un sens ou dans l'autre, mais ne lui fait faire à chaque tour d'excentrique qu'un mouvement inférieur à la course de ce dernier. Dès que ce petit mouvement est accompli la came devient de nouveau complètement libre et monte ou descend au gré du tachymètre sans exiger de lui aucun effort.

Il s'en suit que le tachymètre travaille librement et que la vitesse d'ouverture ou de fermeture du vannage est une fonction parfaitement déterminée et réglable de la vitesse de la turbine.

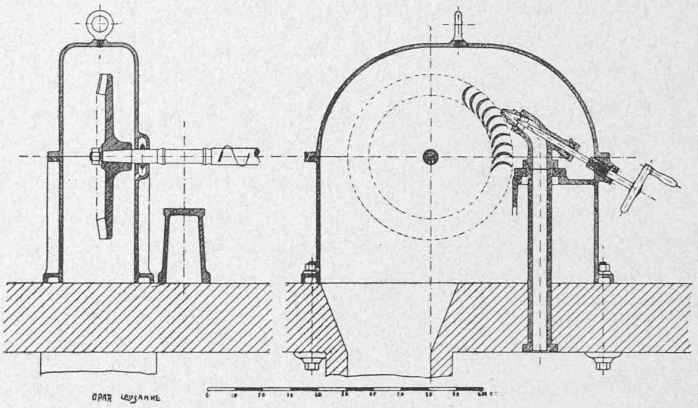


Fig. 17. — Turbines de M. J. Duvillard.
25 chevaux — 2000 tours.

Les jets du distributeur exercent une certaine réaction sur leurs languettes, ceux-ci auraient une tendance à s'ouvrir pendant la fraction de tour où le cadre est libéré de la came. On y remédie par un petit frein à contrepoids agissant sur une des articulations de la transmission.

Le tachymètre lui-même porte un ressort réglable et deux leviers à contre-poids réglables aussi ; cela permet de faire varier, dans les limites voulues, le nombre de tours qu'on désire obtenir.

Cet ensemble très simple et très robuste est une solution parfaitement rationnelle et complète d'un problème qui a souvent causé bien des déceptions.

Les alternateurs sont des dynamos à induits mobiles, monophasés à 6000 volts et 1000 tours. La disposition à induit mobile avait été choisie parce qu'on espérait obtenir un fonctionnement plus silencieux. C'est tout le contraire qui s'est produit. Le bruit étant intolérable, les constructeurs se sont décidés à modifier la construction de la partie mobile en la munissant d'une ventilation intérieure et à l'extérieur de capes lisses en aluminium. Le résultat a été excellent et actuellement, malgré la grande vitesse, de tout l'ensemble ce sont les petits pignons des régulateurs qui seuls font un bruit réellement appréciable.

Les excitatrices sont des petites machines bipolaires à courant continu qui ne présentent rien de spécial si ce n'est un fonctionnement sans étincelles et tellement silencieux qu'on ne peut, à première vue, dire si elles marchent ou sont arrêtées.

En général le pointeau qui règle l'admission des

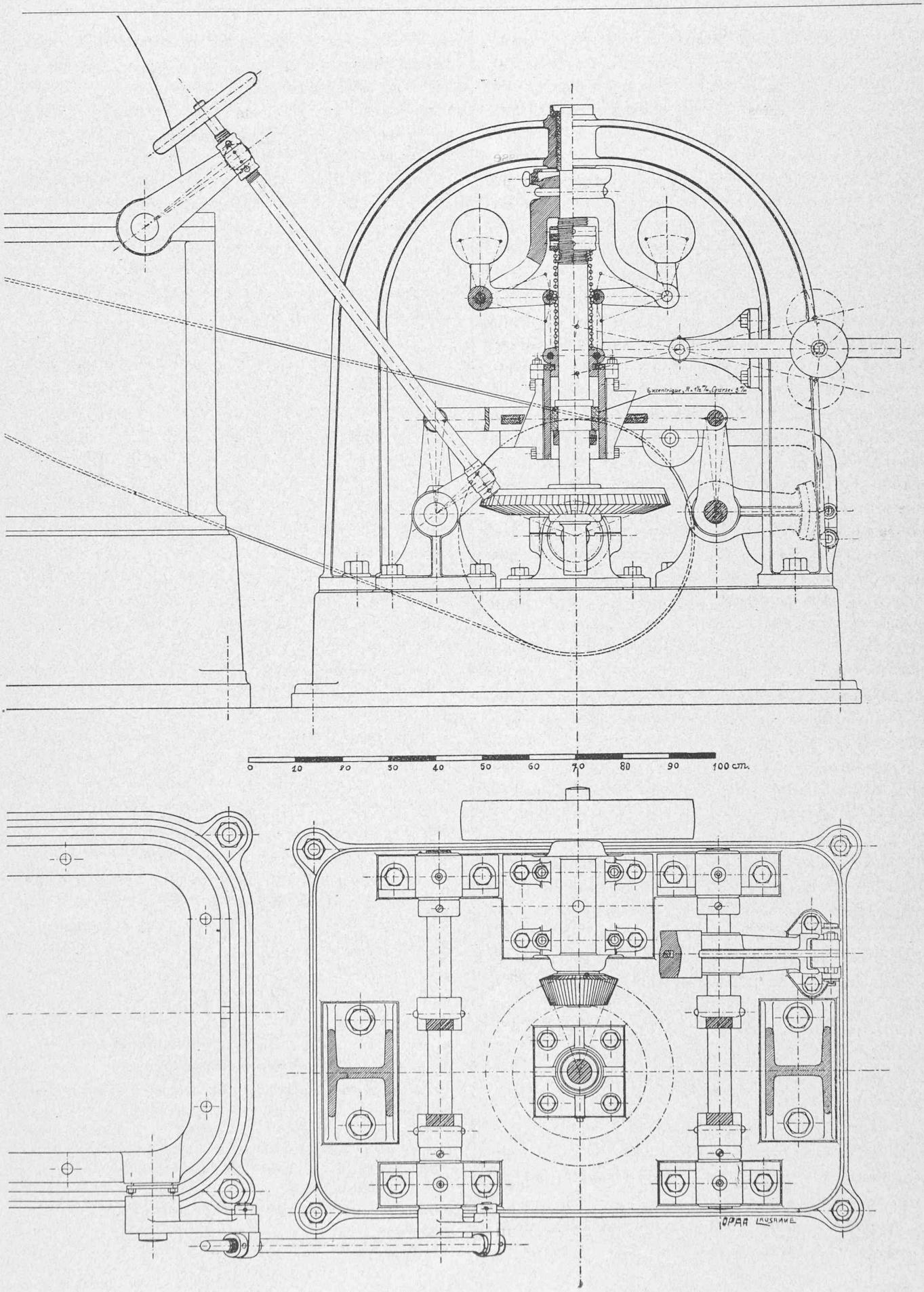


Fig. 18. — Régulateur système Michaud.

petites turbines est poussé presque à fond, de sorte que l'admission de l'eau se fait par un espace annulaire de 5 millimètres de diamètre extérieur et d'une fraction de millimètre d'épaisseur, la moindre impureté de l'eau pourrait restreindre cet orifice et ralentir sinon arrêter la marche.

C'est une des raisons pour lesquelles on a monté en dérivation sur le circuit d'excitation une batterie d'accumulateurs. Des disjoncteurs automatiques se trouvent dans le circuit de façon à couper la connexion avec la machine, si la tension de celle-ci tombe au-dessous d'une certaine valeur.

Les comptes de ces installations ne sont pas encore complètement établis, mais il peut être intéressant de savoir que les droits d'eau, terrains, bâtiments et tous les travaux et machines, y compris la partie électrique et son tableau, ont coûté environ 800,000 francs, ce qui fait 400 francs par cheval pour les 2000 premiers chevaux.

Les deux mille chevaux suivants ne nécessitent plus qu'une nouvelle canalisation de 341 mm., des turbines et des dynamos et quelques adjonctions au tableau. L'ensemble coûtera environ 300,000 francs, ce qui fera ressortir le prix moyen des 4000 premiers chevaux à 275 francs par cheval. La prise d'eau, le tunnel et la partie supérieure de la canalisation ainsi que les bâtiments étant établis pour 10 à 12,000 chevaux, le prix moyen du cheval continue à baisser à mesure que l'on augmente la puissance de l'installation.

En faisant abstraction de la partie électrique les prix ci-dessus indiqués baissent d'environ 50 francs par cheval.

En terminant nous tenons à remercier les collaborateurs dévoués qui nous ont permis de mener à bien cette intéressante usine.

En première ligne il convient de citer M. Michaud, ingénieur, dont les judicieux conseils nous ont été si précieux lors de l'élaboration du projet, c'est aussi lui qui a conçu l'ingénieux régulateur ci-dessus décrit et qui l'a exécuté en qualité d'ingénieur de M. J. Duvillard, constructeur à Lausanne. Il a construit aussi les turbines commandées par ce régulateur et leurs vannes et tuyauterie.

Les tunnels et la prise d'eau ont été faits par M. Pierre Bullio, qui a montré beaucoup de zèle et de dévouement pour travailler vite et bien, en mauvaise saison, à la montagne.

Une des parties les plus délicates a été l'exécution de la canalisation à très haute pression, travail absolument nouveau qui a été mené à chef avec un plein succès par M. J.-P. Piedbœuf à Düsseldorf.

La partie électrique a été partagée entre MM. Brown, Boveri & Cie, à Baden, et la Cie de l'Industrie électrique de Genève, celle-ci ayant construit les dernières dynamos décrites.

Le tableau a été construit par la Société elle-même sous l'habile direction de son chef d'exploitation, M. Rau.

Le montage du matériel a été fait en grande partie par M. Wirz, contremaître de l'usine.

Les Ateliers de constructions mécaniques de Vevey ont fourni la canalisation de $0^m,80$ et les premières turbines décrites.

Enfin l'usine a été construite par M. Multone, entrepreneur à Monthey, le câble fourni par MM. Aubert & Cie, à Cossonay, et les accumulateurs par la Société suisse d'accumulateurs de Marly-le-Grand.

L'idée de créer cette usine a été émise pour la première fois le 2 janvier 1901 lors de notre première visite au lac Tanay.

Deux mois après, malgré le froid et la neige, l'entrepreneur Bullio commençait les travaux à ses risques et périls sans aucun engagement de la part de la Société.

En décembre tout était prêt à marcher, sauf une partie de la canalisation non encore posée ensuite de retards considérables dus aux fournisseurs des mécanismes du câble transporteur qui avaient charge de l'installer. Malgré le froid et la neige, tout l'hiver notre énergique et habile chef de chantier, E. Caretti, continua la pose des tuyaux à 1400 mètres d'altitude dans un terrain dont la pente dépassait le plus souvent 45°.

En avril 1902, moins d'une année après que la Société eut décidé le commencement des travaux, l'Usine était en marche.

Cette rapide exécution nous a été grandement facilitée par la confiance et la bienveillance du Conseil d'administration de la Société de la Grande-Eau et spécialement celles de son président, M. A. Chessex, et de son administrateur-délégué, M. Ch. Monneron ; leur intelligent concours a beaucoup allégé la tâche de M. Paul Chessex mon dévoué conducteur de travaux, ainsi que celle de l'auteur du projet qui a eu la satisfaction d'en diriger l'exécution.

A. Boucher.

Divers.

Collège de Moutier.

Dans sa séance du 21 août 1902 l'assemblée municipale de la commune de Moutier (Jura Bernois) a adopté pour le nouveau collège les projets et devis (260,000 fr.) de MM. *A. Dufour & H. Baudin*, architectes à Genève et leur a confié l'élaboration des plans définitifs et la direction des travaux.

MM. Dufour & Baudin avaient obtenu un premier second prix au concours ouvert à cet effet en mars 1901.

Lausanne. — Imprimerie H. Vallotton & Toso, Louve, 2.