

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 66 (1940)
Heft: 8

Artikel: Les clapets automatiques du Barrage d'Ermal
Autor: Salgat, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-50652>

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

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 & C^{ie}, à Lausanne.

Paraisant tous les 15 jours

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. —

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président: R. NEESER, ingénieur, à Genève ; Vice-président: M. IMER, à Genève ; secrétaire: J. CALAME, ingénieur, à Genève. Membres: *Fribourg*: MM. L. HERTLING, architecte ; A. ROSSIER, ingénieur ; *Vaud*: MM. F. CHENAUX, 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 ; *Valais*: M. J. DUBUIS, ingénieur ; A. DE KALBERMATTEN, architecte.

RÉDACTION: D. BONNARD, ingénieur, Case postale Chauderon 475, LAUSANNE.

ANNONCES

Le millimètre sur 1 colonne,
largeur 47 mm. :
20 centimes.

Rabais pour annonces
répétées.

Tarif spécial
pour fractions de pages.

Fermage des annonces :
Annonces Suisses S. A.
8, Rue Centrale (Pl. Pépinet)
Lausanne

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE
A. STUCKY, ingénieur, président ; M. BRIDEL ; G. EPITAUX, architecte ; M. IMER.

SOMMAIRE: *Les clapets automatiques du Barrage d'Ermal*, par F. SALGAT, ingénieur aux Ateliers des Charmilles S. A., Genève. — *Concours pour l'infirmerie de Lavaux*. — *Nécrologie* : Paul Bouvier (1857-1940). — *Société vaudoise des ingénieurs et des architectes et Association amicale des Anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne*. — *DIVERS* : *L'autoroute Lausanne-Berne*. — *CARNET DES CONCOURS*. — *BIBLIOGRAPHIE*. — *SERVICE DE PLACEMENT*.

Les clapets automatiques du Barrage d'Ermal

par F. SALGAT, ingénieur aux Ateliers des Charmilles S. A.,
Genève.

Le présent article a pour objet de décrire le principe, le fonctionnement et la construction des vannes-clapets automatiques, de 9 m de largeur et 5 m de hauteur libre, de l'évacuateur de crues du barrage d'Ermal, sur le Rio Ave (Province du Minho, Portugal). Ces vannes se distinguent des clapets traditionnels par deux particularités, entre d'autres, à savoir : leur réglage indirect asservi et la commande par cylindres-moteurs à pression d'huile.

Notons, d'abord, que l'utilisation de la partie supérieure du cours du Rio Ave est due à l'initiative de M. E. Dolphin, ingénieur à Porto, qui l'a prospectée il y a de nombreuses années déjà, et en a coordonné les travaux tout en s'occupant plus spécialement de la fourniture des machines et de l'appareillage.

Après une première période d'exploitation réduite, la mise en valeur de cette rivière a été développée intensément par la Companhia Electro-Hidráulica de Portugal, sous l'impulsion de M. Delfim Ferreira, industriel à Porto. La fourniture de l'équipement mécanique des diverses usines (turbines, vannes et accessoires) a été confiée aux Ateliers des Charmilles S. A., à Genève, et celui de l'équipement électrique à la maison Brown, Boveri & C^{ie}, à Baden.

Au Portugal, les conditions climatologiques suivent le régime océanique : à une période de pluie de plusieurs mois, succèdent plusieurs mois de sécheresse à peu près

complète ; comme le ruissellement est important, les crues sont très fortes en hiver, et en été le débit est très bas, voire nul. Les lacs naturels n'existant pas, il s'imposait d'en créer d'artificiels. C'est ce qui a été fait sur le Rio Ave, par un barrage dont l'étude a été confiée à M. le professeur A. Stucky, de Lausanne, qui, en outre, en a surveillé l'exécution. Cet ouvrage de 40 m de hauteur maxima, est en maçonnerie de granit ; il est situé près des villages de Guilhofrei et Ermal¹.

La chute créée par le barrage est utilisée dans une première usine par une turbine Charmilles-Kaplan de 2750 ch. sous 34 m de chute nette ; c'était la plus grande chute équipée en turbine Kaplan (elle est maintenant dépassée par celle de Rocchetta, de 56 m, équipée aussi avec une turbine Charmilles-Kaplan).

L'eau du lac d'Ermal alimente, ensuite, deux autres usines de plusieurs milliers de chevaux chacune.

Le bas du barrage est traversé par une vidange de fond, fermée par une vanne-papillon de 2 m de diamètre. Au sommet se trouvent les deux vannes-clapets pour l'évacuation automatique des crues, et au pied du barrage, en aval, un bassin amortisseur de la vitesse d'eau des lames déversantes (fig. 1). Une route carrossable est aménagée sur le sommet du barrage ; elle franchit les passes des clapets sur deux ponts. Aucune construction ne dépasse la hauteur des parapets.

Le problème de l'installation de ces vannes-clapets était le suivant : Assurer l'évacuation automatique d'un

¹ Les lecteurs du *Bulletin technique* trouveront aux pages 26 et 27 de notre numéro du 10 février 1940, l'élévation, le plan et la coupe du barrage d'Ermal ainsi qu'une vue générale de cet ouvrage (Réd.).

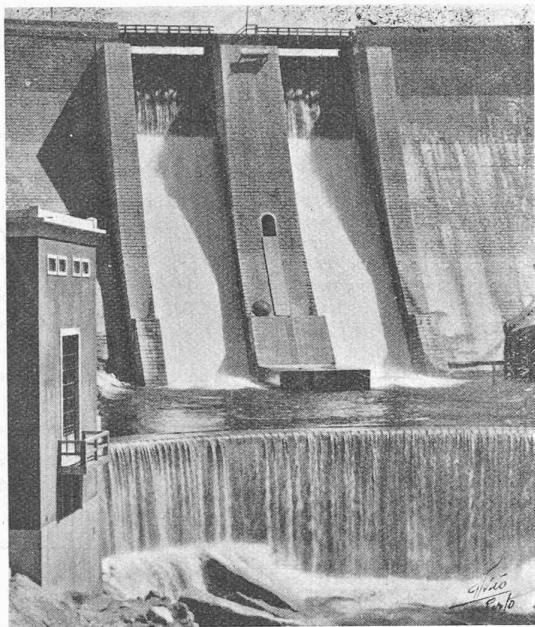


Fig. 1. — Vue de l'évacuateur de crues avec les clapets et le bassin amortisseur en fonction.

débit de $450 \text{ m}^3/\text{sec}$. dans un espace restreint, avec le maximum de sécurité quant à l'ouverture, et aucun organe ne dépassant le couronnement du barrage.

Ces diverses conditions ont été résolues comme suit :

La commande automatique est assurée par un flotteur placé sous la dépendance du niveau du lac ; ses mouvements sont amplifiés, en course et en force, par des servomoteurs à huile sous pression, identiques, en principe, à ceux qui sont universellement utilisés pour les turbines hydrauliques ; ils comportent donc les mêmes avantages de précision et de souplesse¹. Le fonctionnement en est décrit plus loin.

Pour la condition de débit, il fallait obtenir un coefficient d'écoulement élevé qui devait être réalisé en même temps qu'un travail de manœuvre aussi réduit que possible pour raisons économiques. Ces deux questions ont fait l'objet d'études serrées dès l'élaboration des offres des clapets, tout en prévoyant alors de les mettre au point par des recherches de laboratoire au moment de passer à l'exécution des ouvrages.

Comme, à ce moment-là, le Laboratoire d'hydraulique de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne avait été chargé par le client d'effectuer diverses expériences rela-

¹ En principe, une commande directe, à flotteur ou à contrepoids plus ou moins immergé, pourrait se concevoir. Mais, outre le fait qu'elle aurait demandé un encombrement important, elle n'aurait pas présenté les mêmes caractères de réglage complètement automatique que le système réalisé. En effet, on sait que ces dispositifs spéciaux ne peuvent fonctionner avec une faible marge entre les niveaux à débit maximum et à débit nul, sans des artifices à commande manuelle, se mettant au point suivant la valeur du débit à évacuer.

On sait, au surplus, que de tels réglages ne sont pas recommandables. Seul le réglage indirect asservi présente des qualités satisfaisantes de sensibilité, de stabilité, de marge de réglage entre le niveau à débit nul et celui à débit maximum, et d'encombrement eu égard au travail à fournir (ici, plus de 600 tonnemètres) ; dans ce système, le flotteur est de faibles dimensions et peut être aisément établi pour le fonctionnement précis et sûr qui lui est demandé.

tives à la lame déversante provenant des clapets et à la destruction de sa vitesse dans le bassin amortisseur, il était tout naturel de joindre à ces travaux les recherches concernant les clapets eux-mêmes, plutôt que de les entreprendre séparément dans la station d'essais des Ateliers des Charmilles, qui aurait également été à même de s'en charger. Un compte-rendu de l'ensemble de ces essais a été publié dans le *Bulletin technique*¹. A noter que les dimensions générales et les efforts prévus dès les premières études furent ainsi confirmés, et que les essais apportèrent d'intéressantes et utiles précisions sur les formes à choisir, tant pour les clapets eux-mêmes que pour les autres parties des passes (entrée et bajoyers), ce qui confirme l'opportunité d'essais minutieux ; ainsi que M. le professeur Stucky l'a relevé, on doit, en effet, dans l'établissement d'un tel ouvrage, tenir compte d'un ensemble de facteurs très divers.

Le coefficient d'écoulement atteint est de 0.518, auquel correspond un débit de $462 \text{ m}^3/\text{sec}$. avec le niveau théorique, et de $470 \text{ m}^3/\text{sec}$. si l'on tient compte des quelques centimètres de surélévation de niveau nécessaires au fonctionnement automatique à plein débit.

Les études portèrent sur diverses formes qui, soit se rapprochaient de celles prévues à l'origine, soit en différaient plus ou moins sensiblement ; ces dernières se sont révélées les moins favorables. Les écarts les plus grands ont été d'un peu plus de 6 % sur la valeur du coefficient d'écoulement, et de 25 % sur celle du travail de manœuvre. Ces clapets font l'objet de dépôt de brevets.

La sécurité d'ouverture s'imposait pour prévenir un débordement du lac, spécialement sur la rive droite. Elle est assurée à la fois par le type même de vanne, et par la commande à pression d'huile choisie : le clapet n'étant pas équilibré, la poussée de l'eau tend constamment à l'ouvrir et si l'ouverture automatique venait à ne pas se produire, il suffirait d'ouvrir l'orifice d'écoulement d'huile du cylindre pour que l'abaissement du clapet s'ensuive à la vitesse déterminée par le débit d'huile sortant du cylindre. Cette commande se fait pratiquement sans effort manuel et dans un temps très court. On n'est donc pas tributaire du fonctionnement d'un treuil, par exemple, lent et difficile à manœuvrer, et pas toujours exempt d'aléa.

La dernière condition du problème est satisfaite par la commande par-dessous du clapet, qui, de plus, se fait avec le minimum d'organes, et notamment, d'organes visibles, ceux-ci se réduisent en effet à une seule bielle par clapet.

Fonctionnement.

Il est donné par le schéma de principe fig. 2, où l'on voit nettement les divers éléments du système, soit :

Les clapets.

Le flotteur de commande.

Les servomoteurs constitués chacun par : un cylindre à simple effet, une soupape de distribution

¹ L'évacuateur de crues du barrage d'Ermal, par M. le professeur A. STUCKY. *Bulletin technique de la Suisse romande* des 10 et 24 février 1940 ; voir en particulier le paragraphe III de ce travail.

d'huile avec palonnier commandé par le flotteur, et un mécanisme d'asservissement de ce palonnier aux mouvements du clapet.

Le système d'alimentation en huile sous pression, constitué par deux groupes de pompage comportant chacun une pompe à engrenage, commandée : l'une par une turbine et constituant le groupe principal, et l'autre par un moteur électrique et constituant le groupe de réserve ; enfin, le système est complété par un accumulateur d'huile sous pression, à contre-poids suspendu.

Un dispositif de sécurité constitué par deux vannes de sécurité (une par clapet) facilement accessibles.

Le fonctionnement est le suivant : Si le débit entrant dans le lac est supérieur à celui qui est utilisé par l'usine, l'excédent s'accumule, déterminant une montée du niveau ; lorsque le niveau atteint sa cote maxima, le flotteur monte et commande alors l'abaissement de l'une des extrémités des palonniers de réglage et, par là, celui des soupapes de distribution d'huile, ce qui a pour effet d'évacuer des cylindres une certaine quantité d'huile ; les pistons descendent donc à la vitesse permise par les sections de passage d'huile et les clapets s'abaissent. Dans

leur mouvement, ils relèvent l'autre extrémité des palonniers des soupapes, ce qui relève les points d'attache des tiges de soupape à ces palonniers. Lorsqu'ils seront revenus en la position qu'ils occupaient avant le régime perturbé, l'écoulement d'huile cessera et le mouvement s'arrêtera. Les clapets occuperont alors la position voulue pour assurer l'écoulement du débit en excédent.

Si, ensuite, le niveau baisse, c'est-à-dire si le débit demandé du lac est supérieur au débit entrant dans le lac, diminué de celui évacué par les clapets, les mouvements inverses se produiraient : descente du flotteur et par conséquent, des soupapes, mise en communication des cylindres avec le réseau d'huile sous pression, montée des pistons et des clapets jusqu'à ce que l'équilibre des débits d'eau soit à peu près réalisé.

Les groupes de pompage d'huile sont prévus, chacun, pour fournir tout le débit nécessaire à une manœuvre de fermeture effectuée dans le plus court temps désiré, temps qui peut être naturellement réglé à une valeur supérieure à ce minimum.

Lorsque les clapets laissent écouler de l'eau, c'est-à-dire lorsqu'il y a du débit en excédent, le fonctionnement du

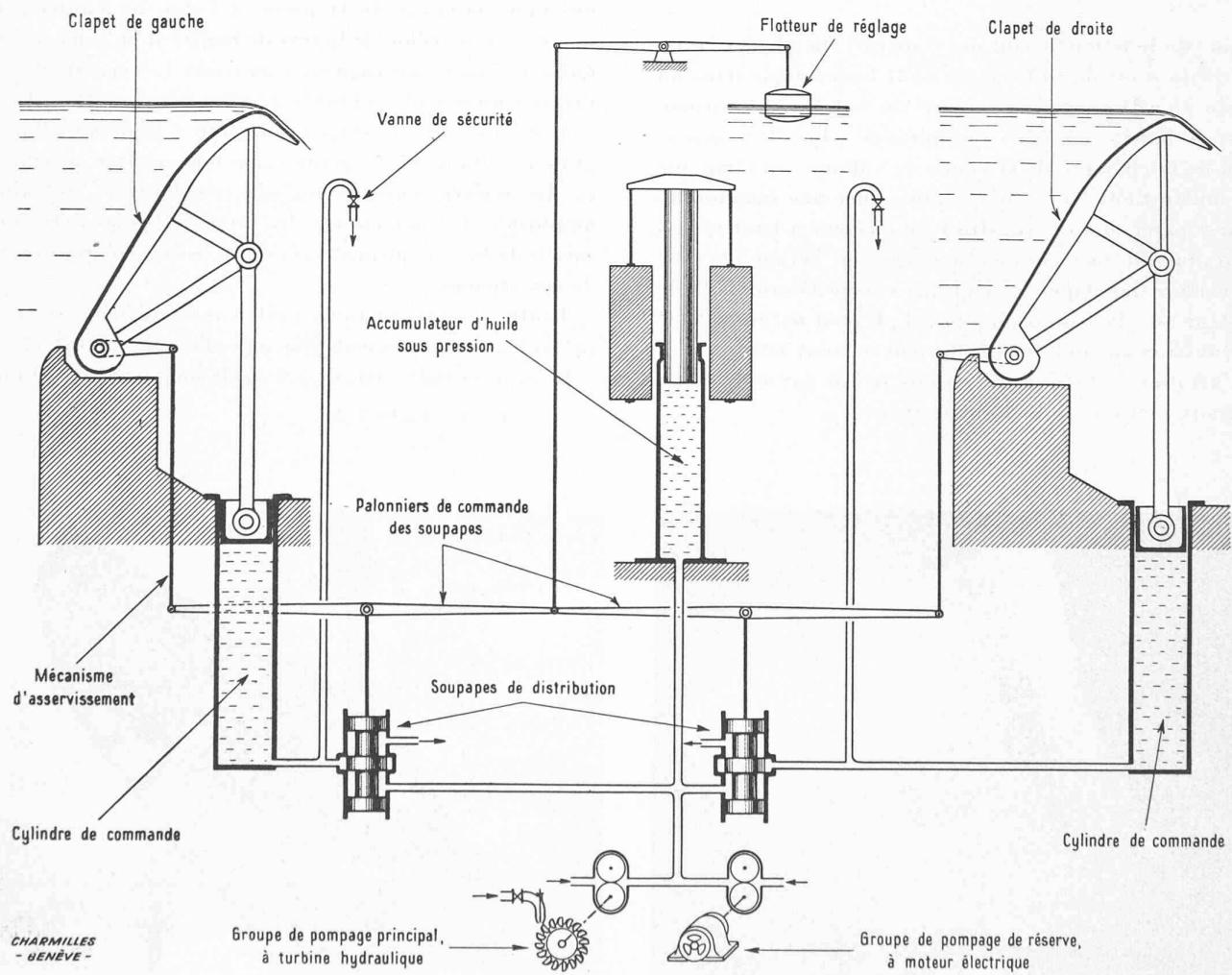


Fig. 2. — Schéma de principe du fonctionnement automatique des clapets.

pompage ne dépense, en fait, aucune énergie puisqu'il utilise de l'eau qui, sans cela, serait rejetée à l'aval. Lorsque les clapets sont complètement fermés, il n'y a à fournir que le très faible débit d'huile nécessaire pour compenser les fuites des soupapes et des cylindres ; ces fuites sont réduites au minimum en position de fermeture complète, par le fait qu'alors les pistons et soupapes s'appuient sur des sièges.

Le débit de ces fuites est fourni par l'accumulation d'huile sous pression. Lorsque le piston de cet accumulateur est près des extrémités de sa course, il commande automatiquement la mise en marche ou l'arrêt du pompage qui, de cette manière, n'est alors en fonctionnement que quelques minutes par jour. Ainsi, le réglage ne demande qu'une quantité infime d'énergie.

Le système est complété par des dispositifs et appareils auxiliaires concernant :

La sécurité (soupape de sûreté et de retenue).

Le service (réservoir d'huile avec jauge, filtres, manomètres, indicateurs de position, vannes d'arrêt).

La mise au point (réglage de la cote du niveau, de la marge de niveau pour le fonctionnement, de l'avance d'un clapet sur l'autre pour permettre éventuellement d'assurer l'évacuation des petits débits par un seul des clapets).

Lors du fonctionnement des clapets, l'énergie des lames déversantes est détruite par ressaut hydraulique dans un bassin amortisseur situé au pied du barrage. Le niveau, dans ce bassin, est alors sensiblement plus élevé que le fond de la chambre de la vanne de vidange, en sorte que des infiltrations pourraient y provoquer une inondation. Pour y parer, il a été construit un éjecteur à haut rendement qui est mis automatiquement en action dès que l'ouverture des clapets atteint une valeur déterminée. Cet éjecteur est placé dans un puisard ; il peut naturellement être aussi commandé manuellement en tout temps.

L'aération de la lame déversante se fait par des canaux spéciaux ménagés dans la maçonnerie.

Construction.

Nous ne relèverons, ici, que quelques particularités constructives.

Chacun des *clapets* (fig. 3 et 4) est composé d'éléments entièrement soudés, assemblés par boulons, au montage sur place. Ces éléments essentiels sont : la poutre inférieure avec manteau extérieur cintré, en fer pur Armco, la poutre médiane, le cadre qui relie la poutre inférieure à l'articulation de la tête de bielle, et le panneau en 5 parties. Les membrures extrêmes du panneau sont élargies de façon que leur fixation sur la poutre inférieure réalise un encastrement suffisant pour supporter et transmettre le couple de torsion dû à la charge d'eau irrégulière sur la largeur de la passe ; on constate, en effet, en laboratoire et en réalité, que pendant l'écoulement, une sorte de gonflement du niveau se déplace transversalement en un mouvement oscillatoire lent et assez régulier, qui détermine des efforts dissymétriques.

Chaque clapet est porté en trois points : soit les deux tourillons d'articulation supportant chacun une poussée de 75 tonnes, et la tête de bielle dont la charge est de 110 tonnes. Les paliers d'articulation sont constitués par des cages en acier coulé fixées dans des anneaux de scellement en fonte (fig. 5). Ils font saillie en porte-à-faux hors des murs latéraux de la passe, à l'abri du manteau du moyeu. Le tourillon de la tête de bielle est en acier inoxydable fixé dans une cage en acier coulé. Les coussinets des divers paliers sont en bronze au plomb breveté Tokat¹ et sont munis d'un graissage étudié afin d'assurer le film de graisse, autant que le permet une forte charge spécifique et des mouvements de réglage très lents et de faible amplitude. Un démontage des têtes de bielles après une saison de fonctionnement a montré le bon comportement de ces organes.

Toutes les articulations sont à auto-alignement et se prêtent aux mouvements dûs aux effets de dilatation.

Chaque *cylindre* (fig. 6) a 6 m de longueur et 850 mm

¹ de la Fonderie Kugler S. A.

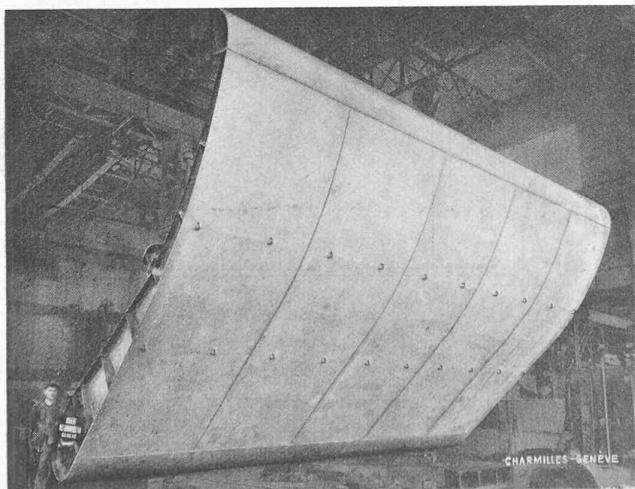


Fig. 3. — Vue d'amont d'un clapet en ateliers.

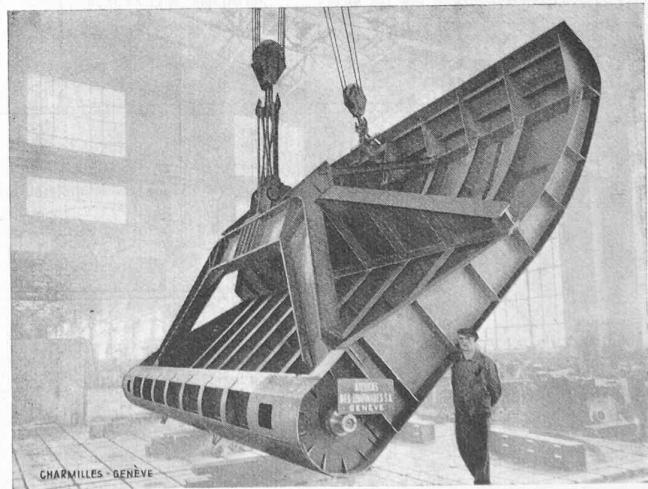


Fig. 4. — Vue d'aval d'un clapet en ateliers.

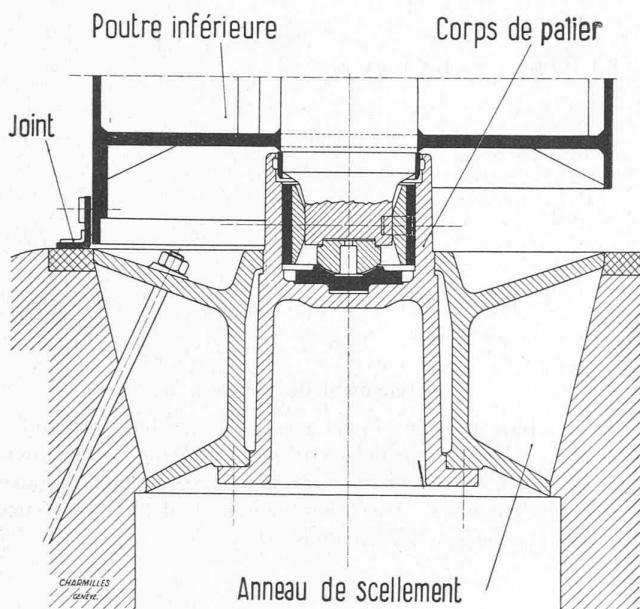


Fig. 5. — Coupe d'un des paliers d'articulation.

de diamètre intérieur. Il est en fonte spéciale, en 4 éléments assemblés par brides, et complètement enrobé dans la maçonnerie du barrage¹.

La bielle est en acier SM forgé, chemisée de laiton spécial. Elle s'appuie sur le piston par une rotule de roulement. Les cylindres, pistons et pieds de bielles ont été essayés en ateliers.

Le cylindre est à simple effet ; la pression agit de bas en haut. La chambre située au-dessus du piston forme réservoir d'huile ; elle est préservée contre l'entrée d'eau par un dispositif d'étanchéité que la bielle traverse sans être gênée dans ses mouvements ; ce dispositif est constitué par un chapeau oscillant à joint hydraulique, une rotule et un presse-étoupe. L'aération du sommet du cylindre se fait par la canalisation de retour d'huile dont la section et la pente sont choisies de manière à laisser une communication d'air avec la colonne de descente d'huile qui fonctionne aussi comme cheminée d'aération, et, dans ce but, monte assez haut dans le puits de l'accumulateur d'huile sous pression dont il sera question plus loin.

Le flotteur de réglage est en tôle zinguée à chaud ; il est lesté et sa suspension est à articulation universelle. Sa chambre d'eau est alimentée par un système différentiel de déversoir amplifiant les mouvements du niveau du lac, ce qui augmente la précision du fonctionnement.

Les mouvements du flotteur et de l'asservissement sont transmis par des câbles en fils de bronze extra-souples et des leviers à grands bras afin d'assurer la meilleure sensibilité. Toutes les articulations de la tringlerie sont à axes en acier inoxydable sur bronze.

Le système de distribution d'huile est monté sur un tableau mural portant les soupapes de distribution, leurs tuyauteries avec la batterie des robinets et les manomètres.

¹ Voir *Bulletin technique* du 10 février 1940, figures déjà citées (Réd.).

mètres. Les tuyaux sont en acier pour les grands diamètres et en cuivre pour les petits.

Les pompes à huile sont à engrenages à roues équilibrées. Elles sont montées au-dessus d'un réservoir d'huile capable de recevoir, en cas de révision, en plus du volume d'huile nécessaire au fonctionnement, toute la contenance d'un cylindre.

En été, la rivière étant à peu près à sec, les cultures s'étendent jusque dans le lit d'hiver du cours d'eau ; si alors un écoulement intempestif d'une certaine importance se produisait, il pourrait en résulter des dommages ; ce serait le cas si une panne survenait dans l'alimentation en huile sous pression et durait assez longtemps pour que les faibles fuites d'huile des cylindres et des soupapes permettent un abaissement important des clapets. Pour parer à cette éventualité, on place, en période sèche, où les excédents de débit à évacuer ne peuvent être que faibles, des bêquilles d'appui, facilement éclipsables au moment des pluies. Après utilisation d'une première tranche d'eau, les clapets reposent sur ces bêquilles, ce qui permet d'arrêter le pompage d'huile.

Les organes de commande (groupe de pompage, système de distribution d'huile) sont logés dans une chambre située à peu près au centre du barrage ; l'accumulateur d'huile sous pression est placé dans un puits du pilier central et la chambre du flotteur se trouve près du sommet de ce puits. On accède à ces divers locaux depuis le haut, par un escalier en colimaçon, et sous les clapets, par les canaux d'aération.

En terminant, nous relèverons que les dispositions réalisées, tout en résolvant le problème posé, ont permis d'obtenir un ensemble mécanique s'incorporant bien au barrage, sans l'affaiblir par des évidements importants. Il est ainsi satisfait à la tendance moderne de rechercher le perfectionnement technique sans nuire à l'esthétique des ouvrages.

Genève, février 1940.

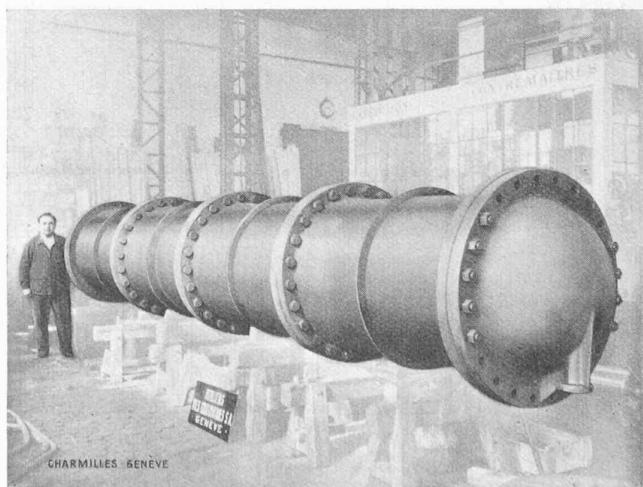


Fig. 6. — Cylindre de commande.