

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 87 (1961)
Heft: 12

Artikel: Inconvénients dus au charriage pour les barrages en rivière équipés de vannes clapets
Autor: Salvetti, Mario
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-65031>

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: 09.07.2025

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

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (S.V.I.A.)
de la Section genevoise de la S.I.A.
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique
de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'E.P.F. (Ecole
polytechnique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE

Président: † J. Calame, ing. à Genève
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève
Membres:
Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grosgrin, arch.; E. Martin, arch.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.;
M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION

dé la Société anonyme du « Bulletin technique »
Président: D. Bonnard, ing.
Membres: M. Bridel; J. Favre, arch.; R. Neeser, ing.; A. Robert, ing.;
J. P. Stucky, ing.
Adresse: Avenue de la Gare 10, Lausanne

RÉDACTION

Vacat
Rédaction et Editions de la S. A. du « Bulletin technique »
Tirés à part, renseignements
Avenue de Cour 27, Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 28.—	Etranger	Fr. 32.—
Sociétaires	»	» 23.—	»	» 28.—
Prix du numéro	»	» 1.60		

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,
N° II 57 75, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, changements
d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie La Concorde, Terreaux 29,
Lausanne

ANNONCES

Tarif des annonces:

1/1 page	Fr. 320.—
1/2 »	» 165.—
1/4 »	» 85.—
1/8 »	» 42.50

Adresse: Annonces Suisses S. A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. Lausanne et succursales



SOMMAIRE

Inconvénients dus au charriage pour les barrages en rivière équipés en vannes clapets, par Mario Salvetti, ingénieur à la
Société Générale pour l'Industrie, Genève.

Divers. — Bibliographie. — Les congrès. — Carnet des concours.

Documentation générale. — Nouveautés, informations diverses.

INCONVÉNIENTS DUS AU CHARRIAGE POUR LES BARRAGES EN RIVIÈRE ÉQUIPÉS DE VANNES CLAPETS

par MARIO SALVETTI, ingénieur à la Société Générale pour l'Industrie, Genève

I. Introduction

Un aménagement hydro-électrique au fil de l'eau comprend normalement un barrage de prise dont le rôle est de surélever de quelques mètres le plan d'eau naturel et de le maintenir à un niveau constant afin de permettre le captage du débit à turbiner.

Le barrage est constitué d'un radier en béton, implanté transversalement au lit de la rivière, et de piles qui déterminent le nombre et les dimensions des passes. Celles-ci sont équipées de vannes, organes mobiles devant en principe remplir les conditions suivantes:

1. Assurer l'évacuation de la crue maximum prévisible, sans que le niveau dépasse la cote la plus haute admise pour la retenue.

2. Permettre de façon simple et précise un réglage à niveau constant de la retenue avec des oscillations du plan d'eau nulles ou suffisamment amorties.

3. Permettre l'éventuel dégravage de la retenue et particulièrement de la zone en avant de la prise d'eau. Ce dégravage s'effectue souvent au moyen d'une passe de chasse, implantée à côté de la prise et moins large que les passes principales. Son seuil est généralement arasé à une cote inférieure au seuil des passes principales.

4. Assurer l'évacuation des corps flottants pouvant se présenter devant le barrage pendant la période d'hydraulicité normale et surtout lors de fortes crues.

5. Former avec les ouvrages de génie civil un ensemble esthétique s'harmonisant avec le paysage.

6. Constituer la solution la plus économique tant pour l'équipement électro-mécanique que pour les ouvrages de génie civil.

Il est bien évident que les conditions ci-dessus sont rarement toutes satisfaites. En général on doit finalement se contenter de la solution de compromis s'adaptant le mieux au cas particulier à résoudre.

Il apparaît utile de résumer ici les études et les recherches expérimentales sur le fonctionnement hydraulique des vannes du barrage d'Erlenbach, barrage faisant partie de l'aménagement de la Simme (palier de Simmenfluh, canton de Berne).

En effet ces études, bien qu'elles aient eu pour but de résoudre le problème particulier du barrage d'Erlenbach, n'en comportent pas moins un intérêt d'ordre général, cet ouvrage présentant des dimensions et des caractéristiques d'exploitation communes à la plupart des barrages en rivière de type classique.

II. Barrage d'Erlenbach — Solution envisagée dans le projet

Selon le projet initial, le barrage d'Erlenbach présentait les caractéristiques illustrées par les figures 1a et 1b.

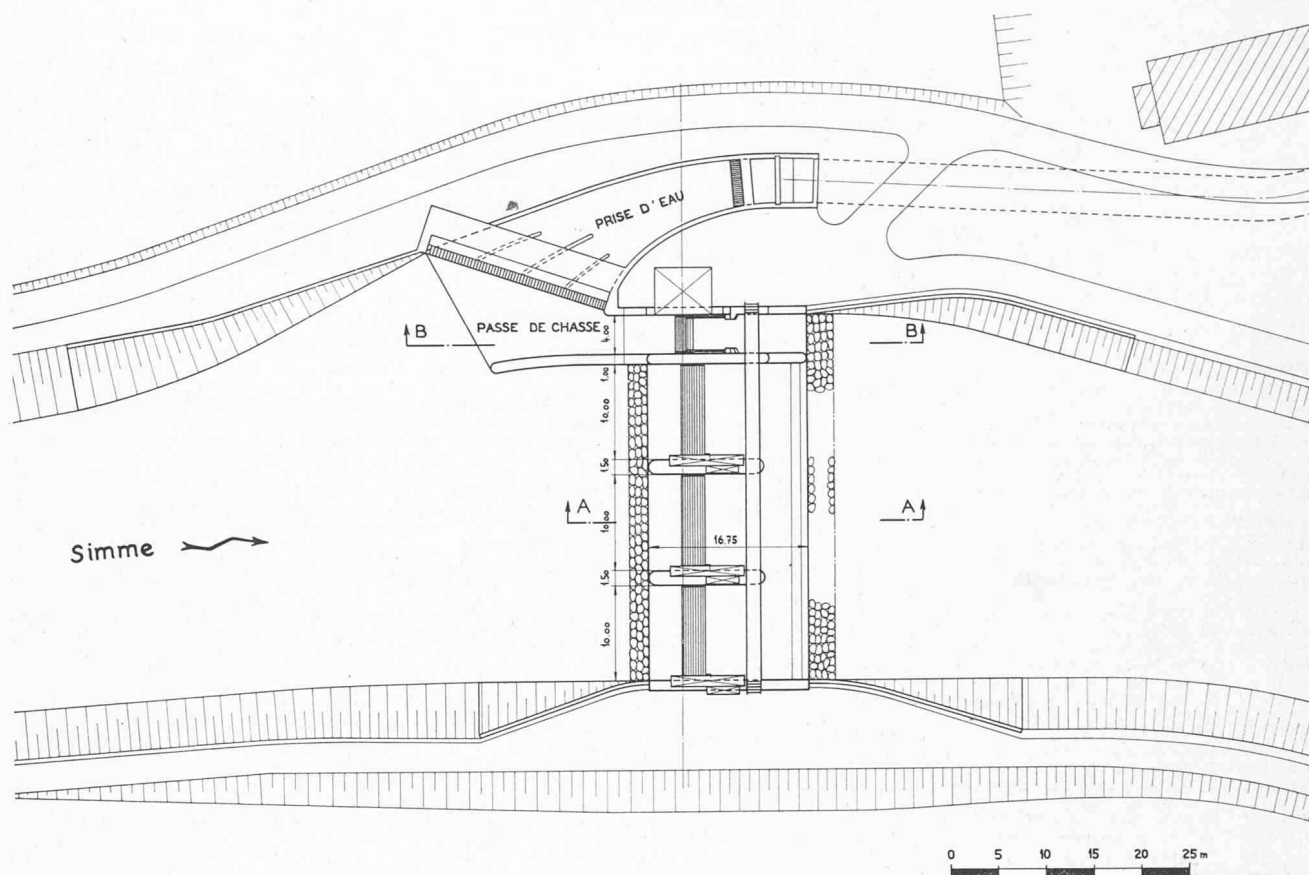


Fig. 1a. — Barrage d'Erlenbach. Solution envisagée dans le projet. — Plan de situation.

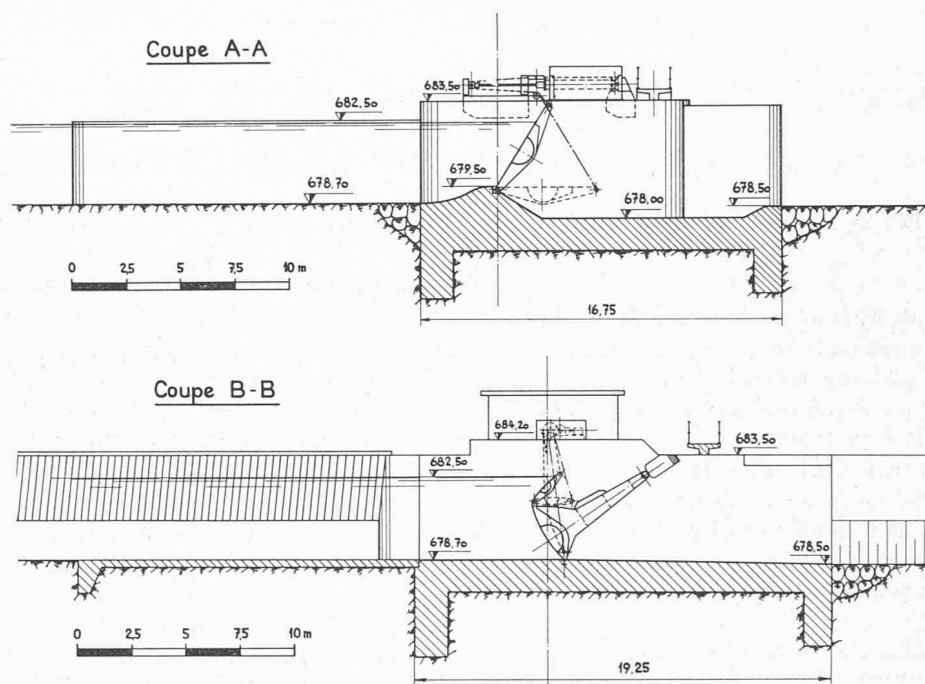


Fig. 1b. — Barrage d'Erlenbach. Solution envisagée dans le projet. — Coupes en travers.

Les trois passes principales étaient équipées de vannes clapets d'une longueur de 10 m pour une hauteur d'eau de 3 m, tandis que la passe de purge, large de 4 m, était munie d'une vanne segment-clapet.

Le seuil des vannes principales, arasé à la cote 679,50, était donc surélevé de 0,80 m sur le lit de la rivière,

tandis que le radier de la passe de purge ne présentait aucune surélévation.

La crue catastrophique, estimée à 400 m³/sec, pouvait ainsi être évacuée sans surélévation du niveau d'eau normal les quatre vannes étant complètement ouvertes, et avec une surélévation de 0,40 à 0,50 m au

cas où l'une des trois passes principales serait batardée pour la révision de la vanne correspondante.

Les trois clapets principaux étaient actionnés unilatéralement par des servo-moteurs à huile placés horizontalement sur les piles.

Pour l'exploitation automatique des clapets on avait envisagé une commande avec flotteur télélimnigraphe.

Nous avons prévu des vannes clapets, car nous comptons en retirer les avantages suivants :

1. Sécurité maximum pour l'évacuation des crues car le clapet, contrairement à toutes les vannes levables, a tendance à s'ouvrir sous la pression de l'eau et sous son propre poids. Un dispositif de sécurité annulant la pression de l'huile dans le piston du servo-moteur, au cas où le niveau d'eau atteindrait la cote d'alarme, garantit l'abaissement complet de la vanne en cas de crue.

2. Le clapet permet un réglage précis du niveau d'eau et l'énergie nécessaire à ce réglage est relativement peu importante.

3. La poussée de l'eau est transmise, au moyen de charnières, sur toute la largeur du radier du barrage. Par conséquent l'épaisseur des piles peut être considérablement réduite (jusqu'à 1,50 m dans notre cas).

4. Pour l'évacuation des corps flottants pendant les crues, facteur particulièrement important dans le cas du barrage d'Erlenbach car la Simme peut entraîner des arbres entiers, le clapet complètement abattu assure un passage entièrement libre au-dessus du radier.

5. Les clapets s'effaçant complètement pendant les crues et ne comportant pas de superstructures importantes offrent une solution heureuse du point de vue esthétique. L'adoption de servo-moteurs à huile, placés horizontalement sur les piles, rend cette solution encore plus élégante.

6. Du point de vue économique le coût des vannes clapets est en général plus élevé que celui de la vanne segment simple ; mais cette dernière ne permettant pas un réglage précis du niveau d'eau, il faut alors que la partie supérieure

du segment soit munie d'un clapet. La vanne segment-clapet devient alors plus coûteuse (20 % environ) que la vanne clapet simple.

III. Essais sur modèle du barrage

Avant d'établir le projet définitif du barrage d'Erlenbach et de passer commande des vannes, il fallait encore contrôler la capacité d'évacuation des crues en fonction du niveau d'eau à l'amont du barrage, le transit des matériaux solides charriés par la rivière et la sécurité de fonctionnement des clapets.

Il fallait en outre rechercher les dispositifs les plus aptes à assurer une bonne aération de la lame déversante et à éviter tous risques de vibration.

L'étude expérimentale de ces questions fut confiée au *Laboratoire d'hydraulique de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne* (EPUL).

Ces essais furent exécutés sous la direction du professeur *D. Bonnard* ; y prirent une part active aux côtés de l'auteur du présent article, *M. E. Recordon*, ingénieur principal du Laboratoire et *MM. J. Chabloz* et *J.-M. Juge*, ingénieurs EPUL.

Un modèle du barrage à l'échelle 1 : 25 a été alors construit. Ce modèle (voir fig. 2), représentant un tronçon de rivière de 390 m (60 m à l'aval et 330 m à l'amont du barrage), avait en outre pour but d'examiner l'implantation générale des ouvrages de prise, les phénomènes d'affouillement à l'aval du radier et à l'amont des piles et l'efficacité de la passe de chasse.

Les essais concernant le dimensionnement général des ouvrages ont donné des résultats positifs, c'est-à-dire

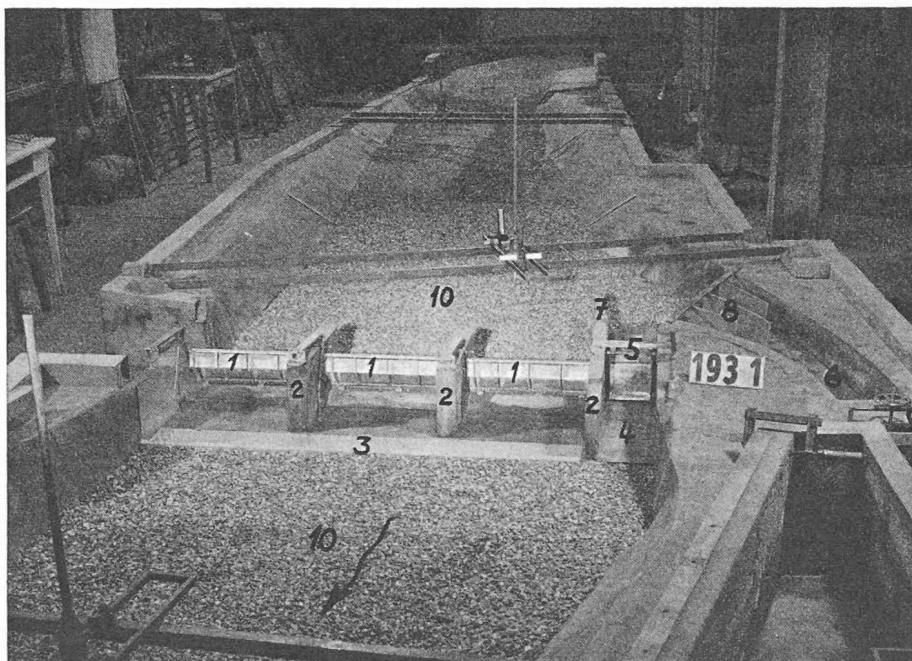


Fig. 2. — Vue générale du modèle à l'échelle 1 : 25.

Légende : 1. Vannes clapets. — 2. Piles du barrage. — 3. Bassin d'amortissement. — 4. Passe de chasse. — 5. Vanne de chasse. — 6. Prise d'eau. — 7. Guideau de la passe de chasse. — 8. Guideaux de la prise d'eau. — 9. Vanne de la prise d'eau. — 10. Lit de la Simme.

que l'évacuation des crues s'effectuait correctement sans que le niveau d'eau dans la retenue dépasse la cote maximum admise.

Avant d'exposer les essais relatifs au charriage il faut souligner que la Simme, dans la zone où est implanté le barrage, est une rivière à caractéristiques torrentielles (bassin versant de 428 km², glaciation de 3,8 %).

La pente moyenne du lit est d'environ 7 ‰ et la granulométrie moyenne des alluvions est donnée dans le diagramme de la figure 3.

Les débits solides évalués au moyen de la formule de Meyer-Peter, varient presque linéairement entre 0,13 t/sec pour un débit de 50 m³/sec et 0,8 t/sec pour un débit de 300 m³/sec.

D'après une estimation très approximative basée sur les débits moyens mensuels, le charriage annuel de la Simme atteindrait 500 000 t environ.

Pour les essais de transport solide le lit de la rivière, dans le modèle, était constitué par des sables et du gravier de composition granulométrique semblable à celle des alluvions de la Simme et en outre une quantité de matériaux correspondant au débit solide était introduite dans la section amont du modèle.

Les premiers essais ont permis de constater, comme on s'y attendait, que pour des débits importants, des dépôts d'alluvions se forment non seulement à l'amont des vannes, mais surtout sur le radier, au-dessous du clapet, et empêchent le rabattement complet de la vanne en cas de forte crue.

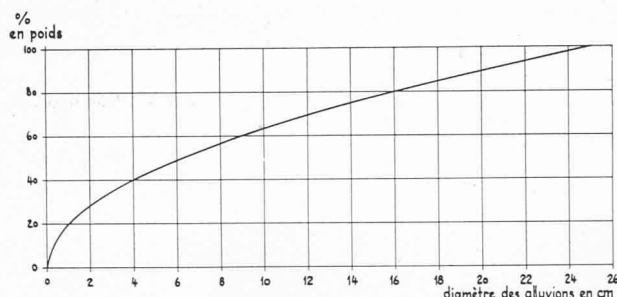


Fig. 3. — Courbe granulométrique des alluvions de la Simme.

IV. Essais sur modèle de la vanne clapet

Etant donné l'importance de cet inconvénient, qui mettait en cause la sécurité de fonctionnement des évacuateurs de crue, il a été décidé d'étudier plus à fond ce problème sur un autre modèle à plus grande échelle, et l'étude expérimentale correspondante fut également confiée au Laboratoire d'hydraulique de l'EPUL. Ce modèle, à l'échelle 1 : 15, qui ne reproduisait que 3,75 m de la largeur totale de la vanne (10,00 m), était donc du type dit « à deux dimensions » et devait permettre une analyse plus précise du profil d'écoulement et des trajectoires des matériaux mus par le courant (voir fig. 4).

Voici comment se présentait le phénomène d'engrèvement : quand le débit de la rivière est inférieur ou égal au débit capté (22 m³/sec pour le palier de Simmenfluh), les vannes restent fermées. Au fur et à mesure que le débit augmente, les clapets se baissent pour déverser le débit excédentaire et maintenir la retenue à un niveau constant.

La lame d'eau déversante, tombant sur le radier du barrage, se partage en deux courants : le premier s'échappe à l'aval, tandis que le second s'incurve vers l'amont. Ce courant de retour alimente le coussin d'eau qui se forme au-dessous de la lame déversante (voir fig. 5).

Dans cette zone tourbillonnaire les filets fluides, visibles par les bulles d'air que crée la turbulence, ont, par rapport à un plan vertical, une forme presque circulaire. En écoulement permanent, le débit amené par

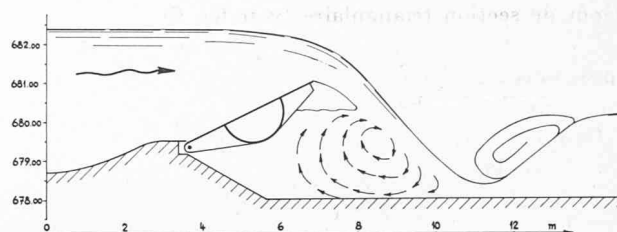


Fig. 5. — Courant de retour au-dessous du clapet.

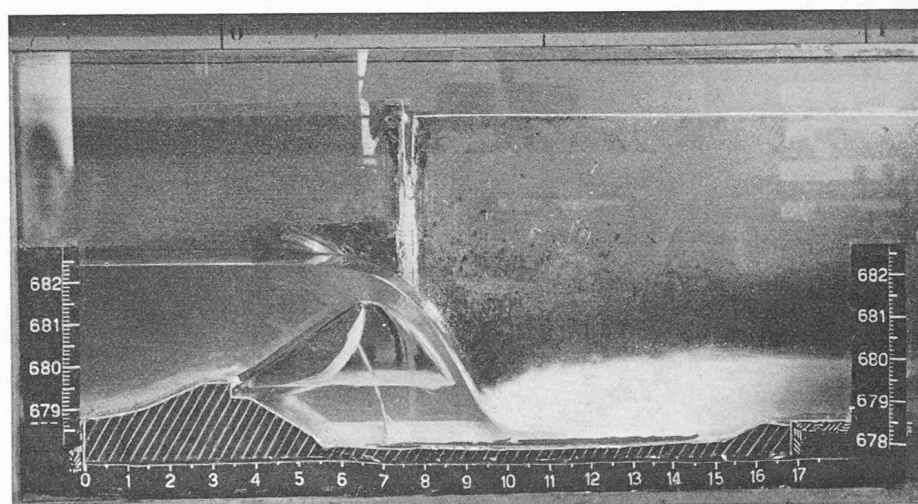


Fig. 4. — Vue du modèle à l'échelle 1 : 15.

le courant de retour est continuellement repris et entraîné par la lame déversante. Ce phénomène est notamment lié au problème de l'aération de cette lame déversante. En effet l'aération est complète quand le débit d'air provenant des ouvertures d'aération d'une part et l'apport continu de bulles d'air entraînées par le courant de retour d'autre part (cet air est souvent appelé « air de circulation »), sont suffisants pour assurer l'échange d'air nécessaire dans l'espace situé sous la lame déversante.

En cas contraire celle-ci se déprime, le niveau du coussin d'eau monte et pour la même charge, le débit d'eau déversée diminue.

Examinons maintenant les effets produits par un courant charriant des matériaux solides. Lorsque le débit déversé est relativement faible, le clapet est très relevé et les alluvions qui arrivent jusqu'au seuil du barrage ne peuvent pas passer par-dessus la vanne car la force d'entraînement du courant n'est pas suffisante pour faire rouler les matériaux sur la paroi du clapet.

Au fur et à mesure que le débit augmente, la force d'entraînement croît en proportion et le clapet s'abaisse, offrant ainsi un obstacle toujours moindre.

A partir d'un certain débit (100 m³/sec environ dans le cas du barrage d'Erlenbach), les matériaux charriés franchissent la vanne et sont entraînés par la lame déversante.

Le courant de retour de celle-ci ramène une grande partie des alluvions au-dessous de la vanne et ces matériaux, ne pouvant pas être soulevés par les courants ascendants, s'accumulent sur le radier où ils forment un dépôt de section triangulaire (voir fig. 6).

Pour des débits compris entre 100 et 200 m³/sec et après une demi-heure environ, le volume de ces dépôts est tel qu'il empêche le rabattement complet du clapet.

Ce phénomène a déjà été mis en évidence par M. H. Fischer de la maison M.A.N. de Gustavsborg [2], qui a exécuté une longue série d'essais sur modèle afin de déterminer les dispositifs les plus indiqués pour combattre la formation de dépôts sous le clapet et pouvoir ainsi conclure en faveur des vannes de ce type, même pour les rivières à fort charriage.

D'après les expériences de M. Fischer, la seule solution de ce problème consiste à chasser les matériaux au moyen d'un dispositif de purge formé d'une fente horizontale de la même largeur que la passe. La différence de niveau d'eau entre l'amont et l'aval du clapet suffit à faire fonctionner la purge. En outre pour en assurer l'efficacité il faut que le radier du barrage comporte une marche, ainsi que le montre la figure 7.

Nous verrons par la suite si cette méthode peut être considérée comme une solution effective du problème, compte tenu de ses influences sur la conception générale des ouvrages.

Sans vouloir refaire les études expérimentales de M. Fischer, nous avons entrepris deux séries de recherches pour nous rendre compte de l'importance de ce phénomène.

La première série d'essais devait nous permettre d'étudier l'influence du profil du radier sur la formation des dépôts, afin de trouver la forme susceptible de garantir l'abaissement complet de la vanne, sans devoir recourir à des dispositifs de purge.

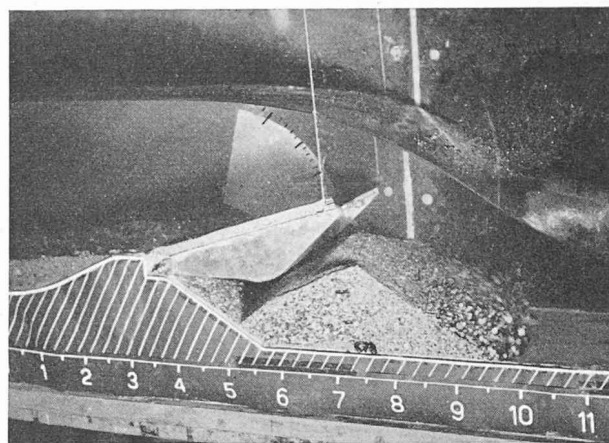


Fig. 6. — Dépôt de matériaux au-dessous du clapet. Débit total de la rivière : 200 m³/sec.

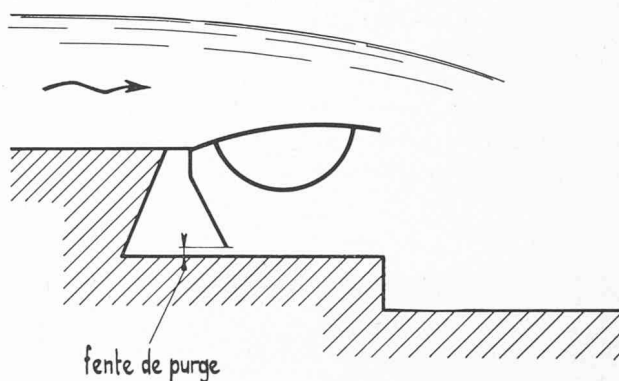


Fig. 7. — Profil du radier et purge, d'après M. Fischer [2].

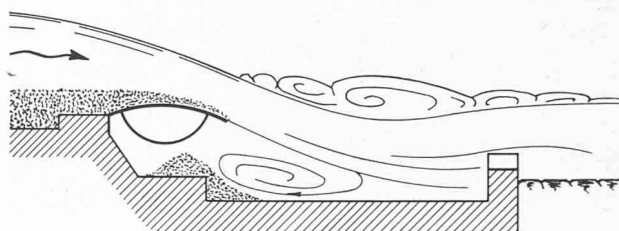


Fig. 8. — Engravement du radier, d'après M. Fischer [2].

La deuxième série d'essais avait pour but de déterminer les dimensions des canaux de purge et la pression nécessaire à l'évacuation des matériaux sans modifier sensiblement le profil du radier prévu initialement.

En fait nous estimons que les effets favorables à la purge, engendrés par des modifications relativement modestes telles que celles préconisées par M. Fischer, sont illusoire, car les alluvions ont de toute façon tendance à se déposer dans les angles morts et à former un profil qui permette le déroulement du phénomène selon le principe du travail minimum (voir fig. 8).

Or des modifications du radier beaucoup plus importantes, et par conséquent plus efficaces, seraient d'emblée inacceptables du point de vue de l'économie du barrage.

1. *Première série d'essais comportant une modification du radier du barrage*

Divers profils de radier ont été reproduits sur modèle, mais aucune de ces modifications n'a pu empêcher la formation du courant de retour (voir fig. 9 et 10). Les contre-pentes des radiers qu'illustrent les figures 9 et 10 empêchent en outre l'évacuation des matériaux pendant la manœuvre de redressement de la vanne.

Les essais concernant les autres profils sans contre-pente, mais avec différentes inclinaisons du radier sous le clapet, n'ont pas abouti à des résultats meilleurs que ceux obtenus avec le profil du projet primitif.

2. *Deuxième série d'essais pour l'étude d'un conduit de purge placé longitudinalement dans le seuil du radier et débouchant sous le clapet*

Sur la base des études expérimentales de M. Fischer, l'adoption de dispositifs de purge est habituellement recommandée par les constructeurs de vannes clapets pour les barrages implantés dans des rivières à fort charriage et quand la dénivellation entre le plan d'eau à l'aval et à l'amont du clapet est très faible (voir fig. 11, 12 et 13).

Avant d'exposer les résultats de nos essais, remarquons d'abord que, selon ces schémas, le canal de purge est en communication avec la retenue à l'amont des

vannes et que l'embouchure de ce canal est munie d'une vanne et d'une grille. Or nous estimons que ce type d'alimentation peut être envisagé lorsqu'il s'agit d'effectuer une purge en période d'hydraulicité normale, mais qu'il ne peut pas donner toutes garanties de fonctionnement pendant une crue, car il est à craindre que la grille soit facilement obstruée par les alluvions et par les matériaux en suspension (feuilles, branches, etc.).

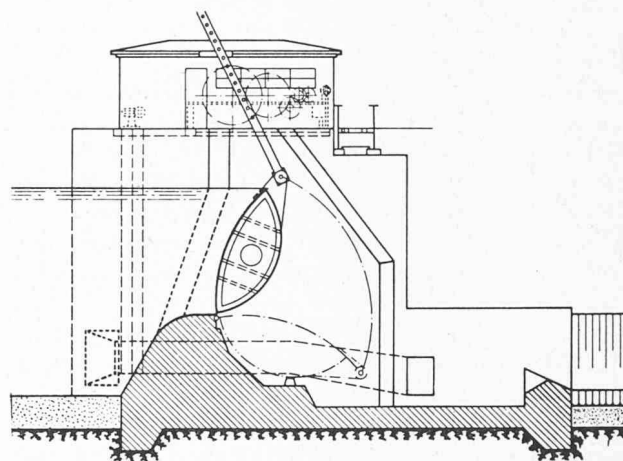


Fig. 11 et 12. — Dispositifs de purge, d'après M.A.N. [5].

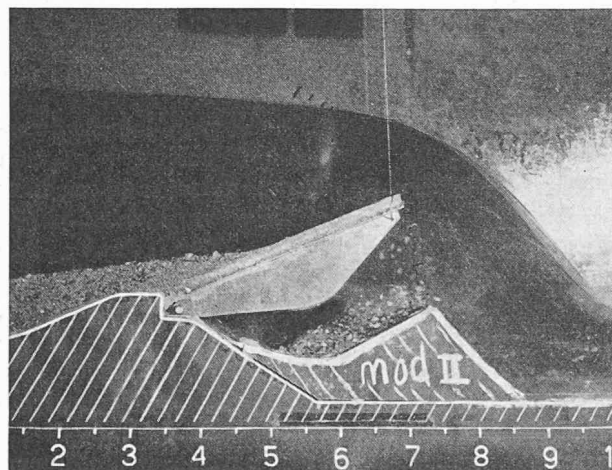
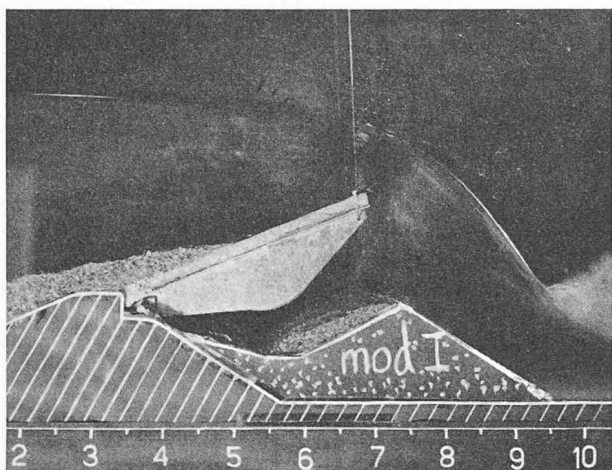


Fig. 9 et 10. — Dépôt de matériaux après modification du profil du radier.

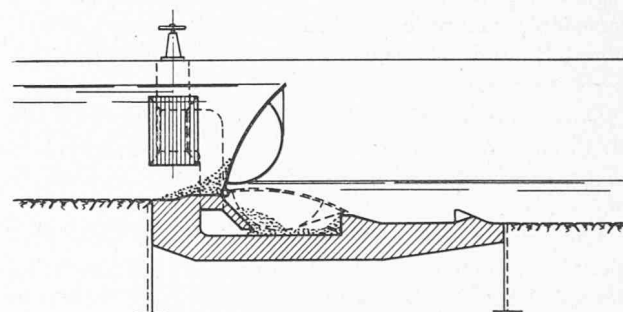


Fig. 13. — Dispositif normal de purge [3].

Le fonctionnement d'un éventuel dégrilleur n'offrirait pas plus de garantie pendant le passage d'une forte crue, c'est-à-dire au moment précis où il faut que la purge soit très efficace. Pour le cas où un tel dispositif de purge aurait dû être réalisé pour le barrage d'Erlenbach, nous envisagions de capter l'eau au moyen d'une conduite dont l'embouchure aurait été placée dans la prise d'eau du canal d'amenée de la centrale, prise qui est munie d'une grille à grande surface et d'un dégrilleur.

De cette façon les risques de non-alimentation de la purge se seraient trouvés réduits, mais par contre le canal de purge plus long aurait engendré des pertes de charge plus importantes.

En ce qui concerne le puits de purge, le Laboratoire de l'EPUL a d'abord examiné le fonctionnement d'un orifice de section rectangulaire ($0,30 \times 0,70$ m), placé dans l'axe de la vanne large de 3,75 m et fonctionnant sous une charge de 4,50 m (à partir du fond du radier) correspondant au niveau de retenue normale (voir fig. 14).

Les figures 15, 16, 17 et 18 illustrent les résultats obtenus après quatre heures de fonctionnement continu de ce type de purge.

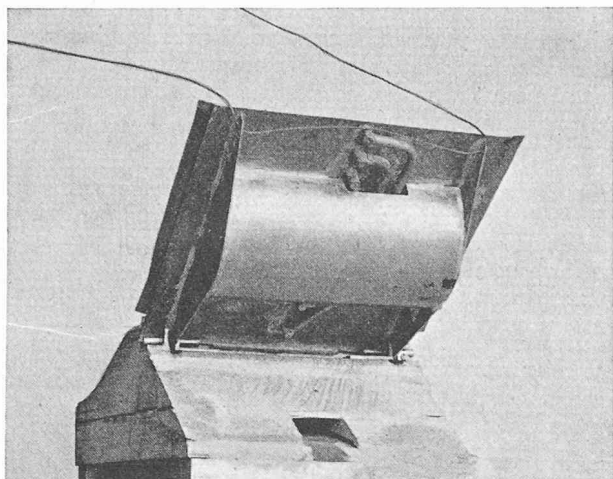


Fig. 14. — Modèle du clapet vu de l'aval, avec un puits de purge.



Fig. 15. — Débit total de la rivière : $120 \text{ m}^3/\text{sec}$.



Fig. 16. — Débit total de la rivière : $150 \text{ m}^3/\text{sec}$.



Fig. 17. — Débit total de la rivière : $210 \text{ m}^3/\text{sec}$.

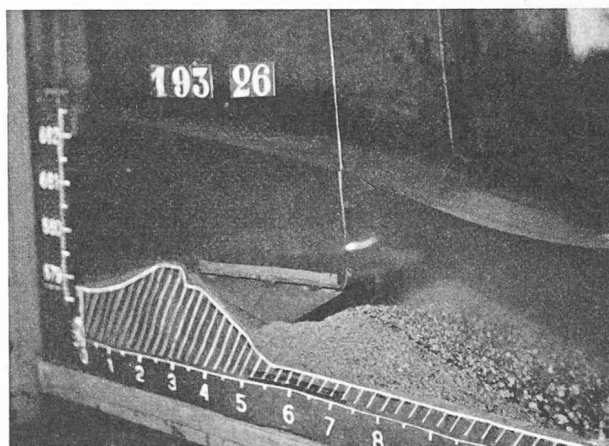


Fig. 18. — Débit total de la rivière : $300 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Pour des débits inférieurs à $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ le courant de purge n'empêche la formation des dépôts de matériaux que dans une zone très limitée, à l'aval de l'orifice, et pour des débits compris entre 200 et $300 \text{ m}^3/\text{sec}$ les alluvions occupent toute la largeur du radier et entravent l'abaissement complet du clapet.

Les recherches ont été alors orientées vers un orifice de purge s'étendant sur toute la largeur de la vanne et constitué par une fente de 7 cm de hauteur. Puisque l'alimentation de cette fente était réalisée latéralement par un tuyau placé dans le seuil du barrage, il a été nécessaire d'étudier d'abord un dispositif permettant d'obtenir une répartition uniforme du débit évacué à travers la fente.

Après un certain nombre de tâtonnements le Laboratoire a mis au point un répartiteur de débit (voir fig. 19 et 20) constitué par une plaque métallique placée derrière la fente et comportant des trous de 6 cm de diamètre. Ces trous étaient irrégulièrement répartis sur toute la longueur de la fente et séparés par des petits guideaux parallèles aux piles du barrage (59 trous pour une passe de 10 m ; espacement des petits guideaux : $0,40 \text{ m}$). L'alimentation de la purge était réalisée indépendamment de la retenue, de façon à pouvoir varier la pression du courant de $4,50 \text{ m}$ (pression correspondant au niveau de retenue) jusqu'à 30 m , pour examiner l'efficacité de la purge en fonction de la pression et du débit correspondant.

La pression était mesurée à partir du fond du radier (cote $678,00$) et à l'amont de la fente. Les pertes de charge dues à la prise et à la conduite d'alimentation n'étaient donc pas mesurées.

Pour une pression constante, le débit de purge n'est pas sensiblement influencé par le débit déversé par le clapet. Les valeurs expérimentales peuvent alors être résumées dans le tableau suivant :

Pression de purge, en m	4,5	10	15	20	30
Débit de purge, en m^3/sec	2,1	3,6	4,6	5,4	6,7

Les débits indiqués ci-dessus se réfèrent à la largeur totale des trois passes (30 m) et non à la largeur partielle ($3,75 \text{ m}$) représentée dans le modèle.

Les essais préliminaires avaient pour objet l'examen du fonctionnement de ce type de purge pour un débit de la Simme de $150 \text{ m}^3/\text{sec}$ en supposant tout d'abord que la purge entre en action après un certain temps, c'est-à-dire lorsque les dépôts à l'aval du clapet sont déjà formés.

Les figures 21, 22, 23 et 24 montrent que même si l'on augmente la pression de purge de $4,5 \text{ m}$ jusqu'à 30 m , les alluvions ne sont pas éliminées mais seulement éloignées de quelques décimètres vers l'aval.

Dans une deuxième série d'essais la purge fonctionnait de façon continue et sous une pression de 15 m . La figure 25, comparée à la figure 23, montre que pour un débit de $150 \text{ m}^3/\text{sec}$ les dépôts sont maintenant moins importants que dans les essais précédents.

Par contre, si le débit de la rivière augmente, le phénomène s'aggrave (voir fig. 26 et 27). Pour un débit de $300 \text{ m}^3/\text{sec}$ le rabattement de la vanne est réalisable

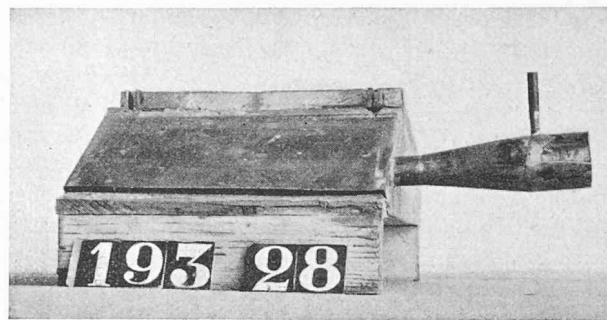


Fig. 19. — Fente de purge au bas du radier. La vanne est démontée. A droite, l'alimentation de la purge.

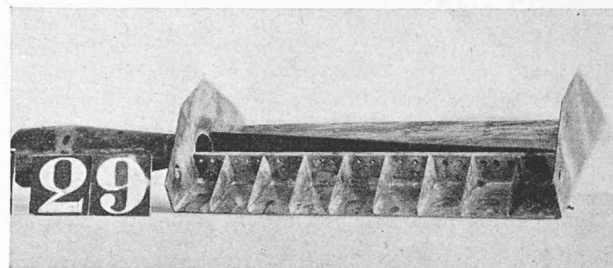


Fig. 20. — Répartiteur de débit placé derrière la fente.

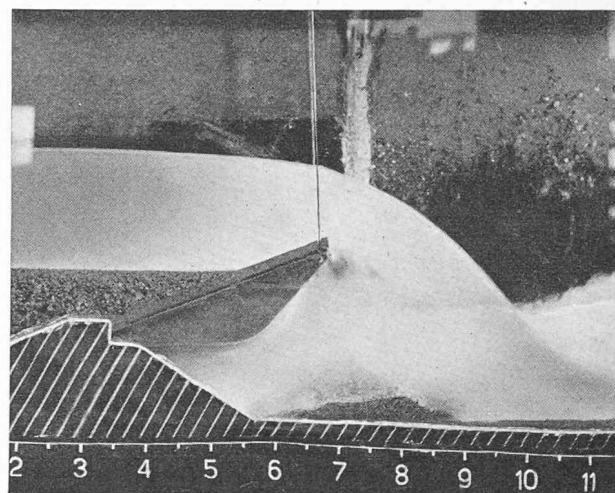


Fig. 21. — Débit total de la rivière : $150 \text{ m}^3/\text{sec}$. Pression de purge : $4,5 \text{ m}$ (correspondant au niveau de retenue).

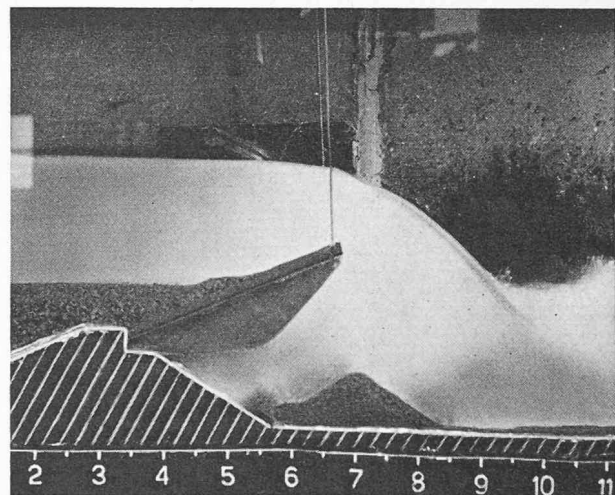


Fig. 22. — Débit total de la rivière : $150 \text{ m}^3/\text{sec}$. Pression de purge : 10 m .

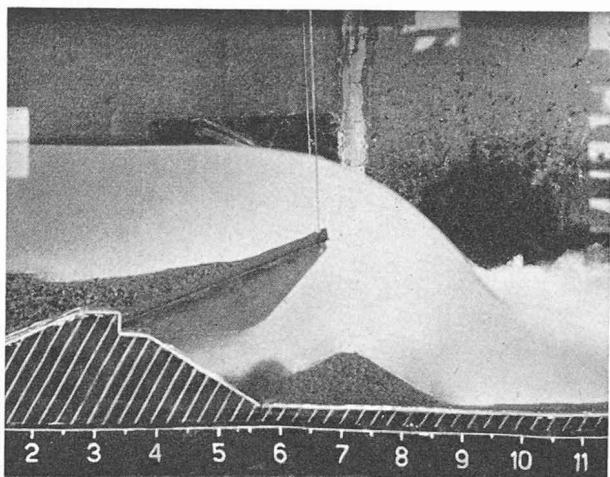


Fig. 23. — Débit total de la rivière : 150 m³/sec. Pression de purge : 15 m.

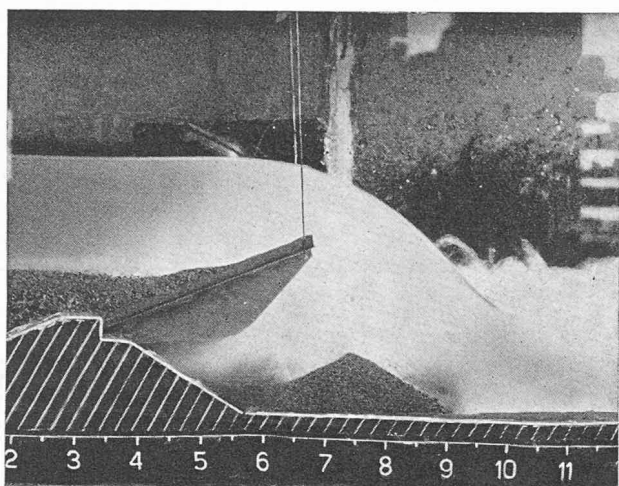


Fig. 24. — Débit total de la rivière : 150 m³/sec. Pression de purge : 30 m.

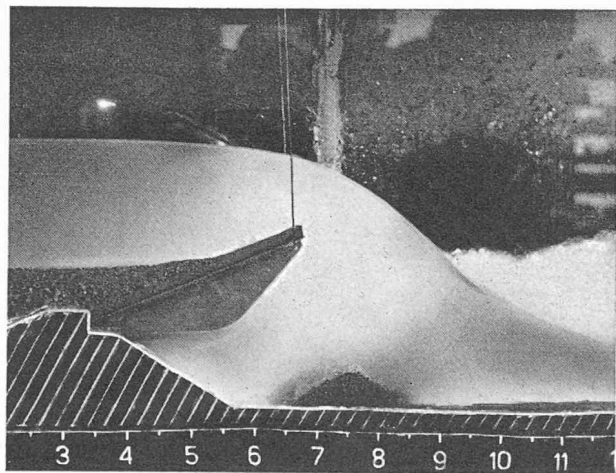


Fig. 25. — Débit total de la rivière : 150 m³/sec. Pression de purge : 15 m.

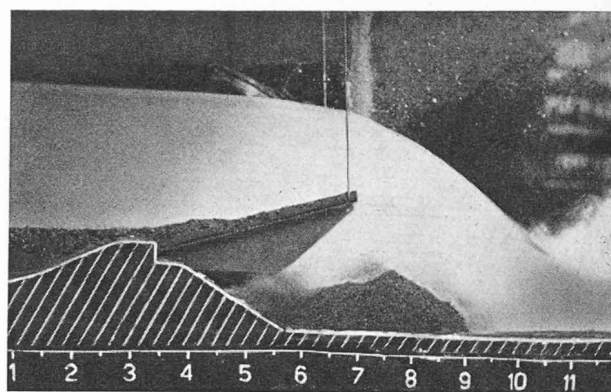


Fig. 26. — Débit total de la rivière : 200 m³/sec. Pression de purge : 15 m.

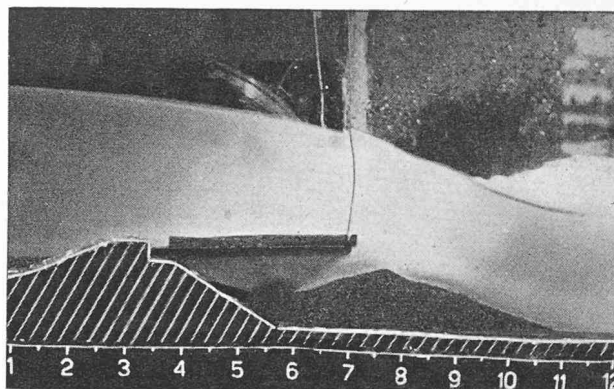


Fig. 27. — Débit total de la rivière : 300 m³/sec. Pression de purge : 15 m.

mais avec une marge de sécurité beaucoup trop faible pour garantir la sécurité de fonctionnement d'organes aussi importants.

Il faut souligner en outre que pour ce genre de phénomènes, les résultats quantitatifs obtenus sur modèle ne peuvent être transférés dans la réalité qu'avec beaucoup de prudence.

En augmentant la pression de purge jusqu'à 20 et 30 m le phénomène d'engravement n'est pas sensiblement réduit (voir fig. 28, 29, 30, 31).

3. Dernière série d'essais

Malgré les résultats négatifs des essais entrepris pour empêcher l'engravement du radier au-dessous du clapet, on pouvait encore envisager d'escamoter ce problème par des manœuvres opportunes du clapet selon la méthode suivante :

Comme nous l'avons déjà dit, jusqu'à un débit de 100 m³/sec environ, le clapet n'est pas suffisamment abaissé pour laisser passer les matériaux provenant de l'amont et par conséquent des quantités importantes de matériaux ne peuvent pas se déposer sur le radier.

Lorsque le débit augmente, il faut que le réglage à niveau constant soit déclenché, que la vanne soit complètement abaissée et qu'elle reste totalement ouverte pendant la crue. Après le passage de la crue le clapet se relève et reprend la position que lui confère le réglage à niveau constant.

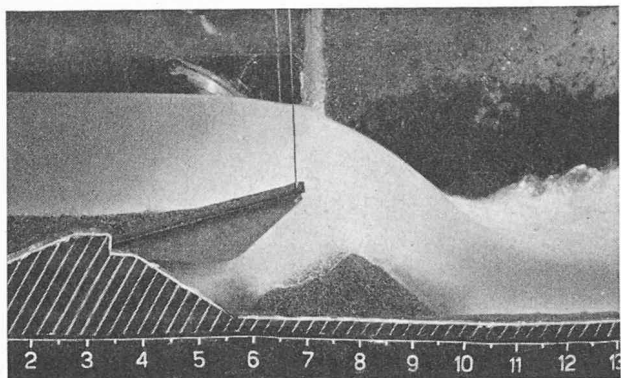


Fig. 28. — Débit total de la rivière : $200 \text{ m}^3/\text{sec}$. Pression de purge : 20 m.

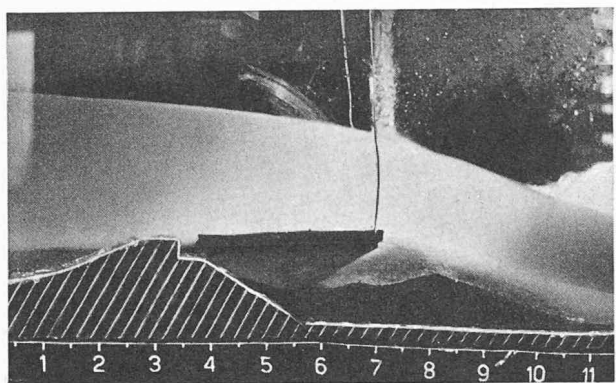


Fig. 29. — Débit total de la rivière : $300 \text{ m}^3/\text{sec}$. Pression de purge : 20 m.

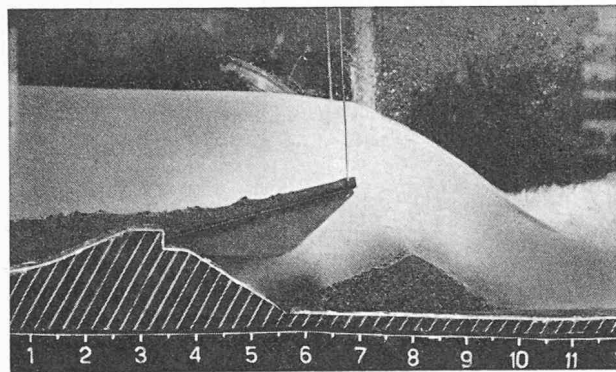


Fig. 30. — Débit total de la rivière : $200 \text{ m}^3/\text{sec}$. Pression de purge : 30 m.

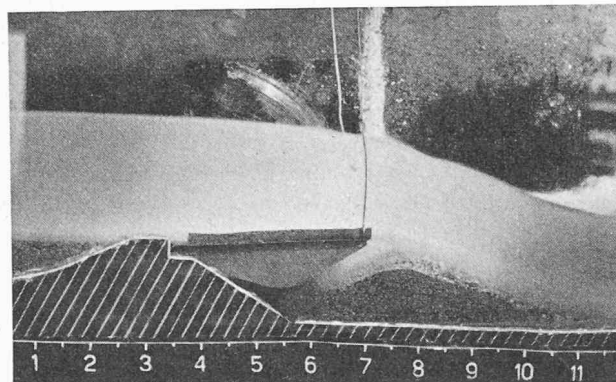


Fig. 31. — Débit total de la rivière : $300 \text{ m}^3/\text{sec}$. Pression de purge : 30 m.

Nous pensons que pendant cette manœuvre les dépôts sur le radier n'auraient pas le temps de se former et que l'abaissement complet du clapet serait possible.

La reproduction de cette manœuvre sur modèle, sans dispositif de purge, a fait ressortir l'inconvénient suivant : pendant la crue des matériaux se déposent sous le clapet, même complètement abaissé et en relevant la vanne, la lame déversante chasse une partie de ces matériaux vers l'aval, tandis que la partie restante est repoussée sous le clapet par le courant de retour (voir fig. 32).

La forme et la disposition de ce dépôt sont telles que le clapet ne pourrait pas être complètement abaissé si une deuxième crue se produisait.

Si l'on répète la manœuvre de relèvement de la vanne quand le dispositif de purge, constitué par la fente décrite ci-dessus, fonctionne sous une pression de 15 m, le dépôt accumulé pendant la crue est alors complètement éloigné (voir fig. 33, 34, 35, 36).

Par conséquent le rabattement complet du clapet est dans ces conditions possible, même si des crues importantes se produisaient l'une après l'autre, mais il est évident que la réalisation de cette méthode compliquerait beaucoup l'exploitation du barrage.

L'évacuation d'une onde de crue supérieure à $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ demanderait en effet trop d'opérations manuelles et trop d'automatismes qui, comme il arrive souvent, peuvent faire défaut au moment précis où un événement exceptionnel se produit.

V. Considérations sur le dépôt d'alluvions à l'amont du clapet

Les essais sur modèle ont aussi permis de constater que, lors de crues moyennes, des dépôts importants se forment à l'amont du clapet et sur le clapet même.

Ces matériaux constituent une charge supplémentaire pour la vanne et les organes de manœuvre et peuvent gêner le redressement du clapet.

Pour évacuer ces alluvions il faut abaisser complètement la vanne et prévoir par conséquent soit une consigne formelle au gardien du barrage, soit un automatisme opportun, pour que le rabattement complet du clapet ait obligatoirement lieu avant la fin d'une crue moyenne.

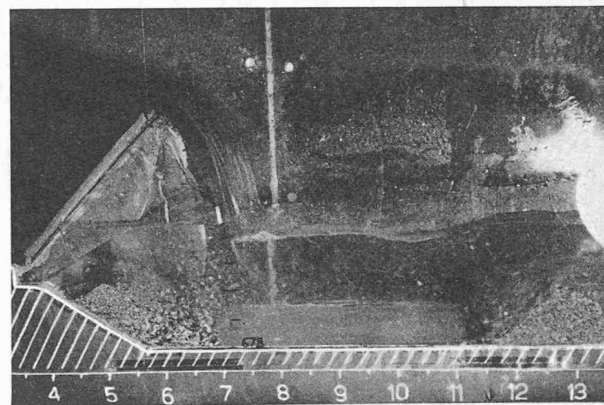


Fig. 32. — Radier sans dispositif de purge. Redressement du clapet après une crue de $300 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Fig. 33, 34, 35 et 36. — Radier avec dispositif de purge. Redressement du clapet après une crue de 300 m³/sec.

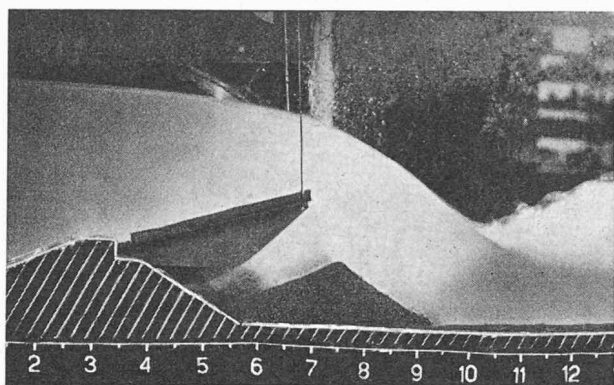


Fig. 33. — Débit total de la rivière : 200 m³/sec.

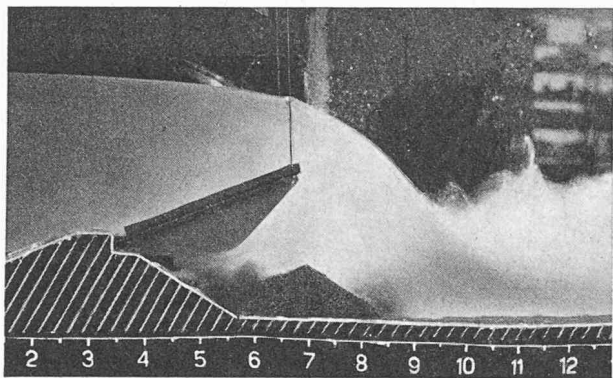


Fig. 34. — Débit total de la rivière : 150 m³/sec.

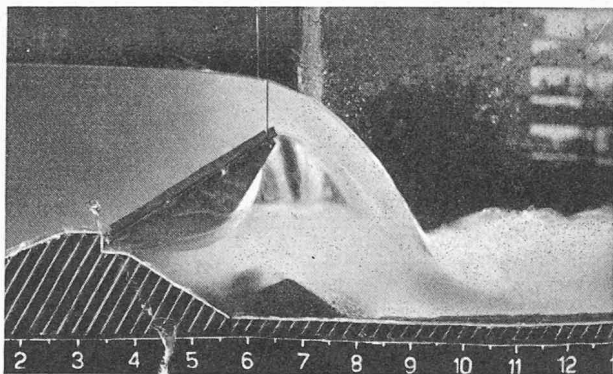


Fig. 35. — Débit total de la rivière : 75 m³/sec.

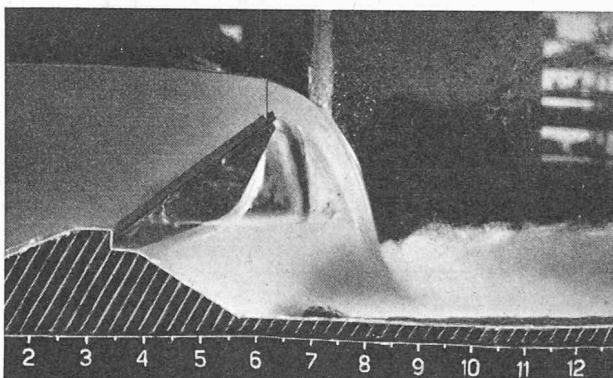


Fig. 36. — Débit total de la rivière : 50 m³/sec.

En outre il semble prudent de répéter de temps en temps cette manœuvre même en période d'hydraulicité normale. Tout ceci engendre des conséquences défavorables à l'exploitation de l'aménagement car le rabattement complet de la vanne provoque l'abaissement du niveau de retenue au-dessous de la cote normale.

Enfin, du fait des matériaux qui roulent sur la vanne, des phénomènes d'usure sont à craindre, posant des problèmes qui, à l'heure actuelle, n'ont pas encore été étudiés.

VI. Observations finales et conclusions

Nous estimons que les essais sur modèle relatifs aux vannes clapets du barrage d'Erlenbach ont une valeur d'ordre général et peuvent être considérés comme un complément aux essais exécutés par M. Fischer de M.A.N.

On peut en tirer les conclusions suivantes :

1. Durant les crues les dépôts d'alluvions qui se forment sur le radier du barrage, au-dessous du clapet, sont tels qu'ils empêchent le rabattement complet de la vanne. Ce phénomène se vérifie toujours, quelle que soit la forme du radier.

2. Si le profil du radier est simple, sans discontinuités et sans dénivellations importantes, un courant de purge sous la vanne ne provoque pas l'éloignement des dépôts, même si la pression de purge est de cinq à six fois supérieure à la pression correspondant au niveau d'eau de retenue normale.

3. L'évacuation de la crue maximum est assurée si l'on abaisse complètement le clapet à partir du débit permettant aux matériaux de franchir la vanne.

Cependant les alluvions qui se déposent sur le radier pendant la crue sont en partie ramenées sous le clapet pendant son redressement. Ces dépôts empêchent alors le rabattement complet de la vanne si une deuxième crue se produisait.

4. Cette dernière manœuvre est réalisable à condition qu'une purge efficace fonctionne au-dessous du clapet. Toutefois cette solution est inacceptable dans la pratique car elle comporte des dispositifs coûteux et des opérations manuelles ou automatiques trop compliquées pour une exploitation sûre.

5. Selon les expériences de M. Fischer une purge alimentée par un canal ayant sa prise dans la retenue chasse les dépôts sur le radier, à condition que celui-ci comporte une marche assez grande pour réduire l'énergie du courant de retour.

Nous estimons que cette solution n'est pas acceptable pour les raisons suivantes :

- a) la sécurité de fonctionnement du clapet, constituant le principal avantage de ce type de vanne, dépend en ce cas de la sécurité de fonctionnement des dispositifs de purge (grille, vanne d'entrée, canaux d'amenée, etc.) qui, en temps de crue, sont soumis à plus d'aléas que les vannes de type levable.

L'avantage escompté est alors fictif ;

- b) les frais importants qu'entraînerait la réalisation d'une purge efficace annulent l'avantage économique attendu. Ceci est encore plus évident si, comme le conseille M. Fischer, les embouchures des canaux de purge sont placées dans les piles pour assurer une alimentation indépendante à chaque passe.

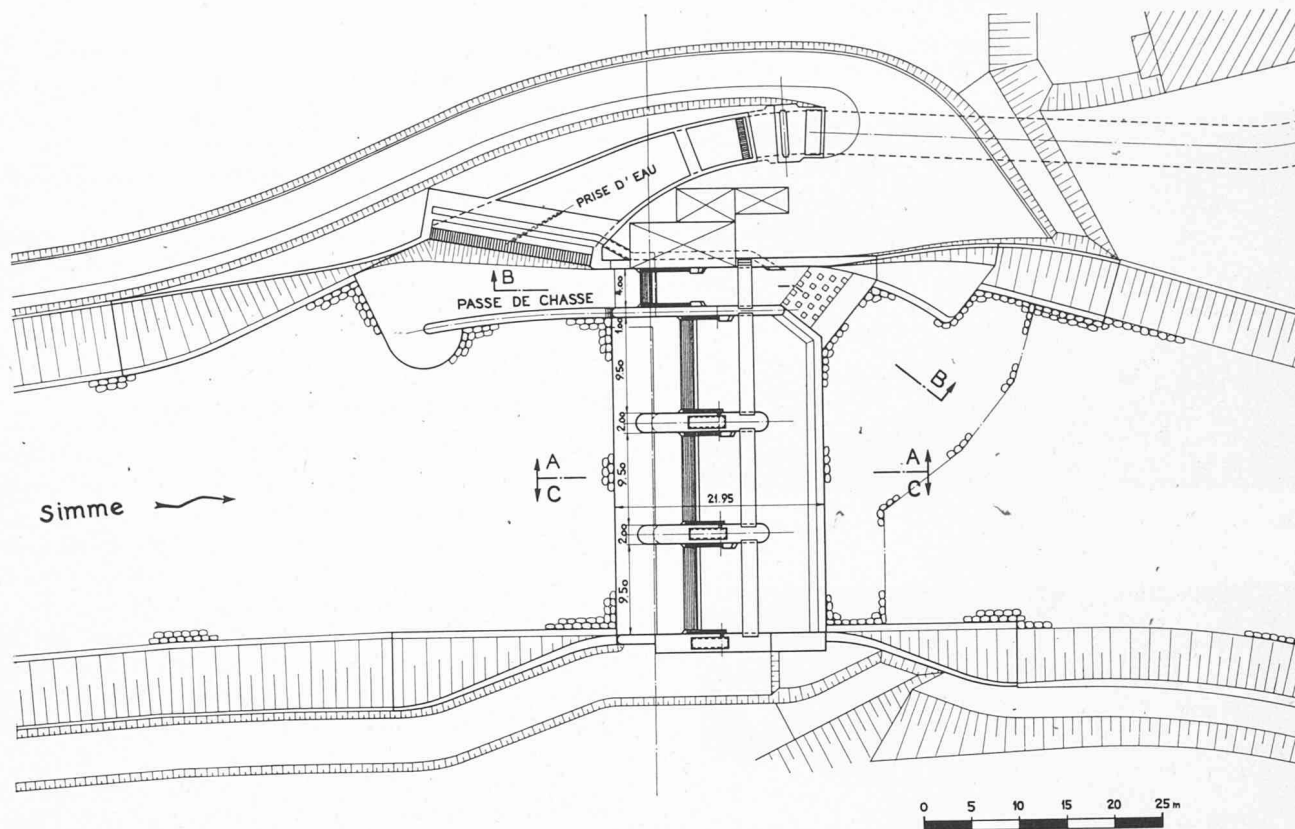


Fig. 38a. — Barrage d'Erlenbach. Projet définitif. — Plan de situation.

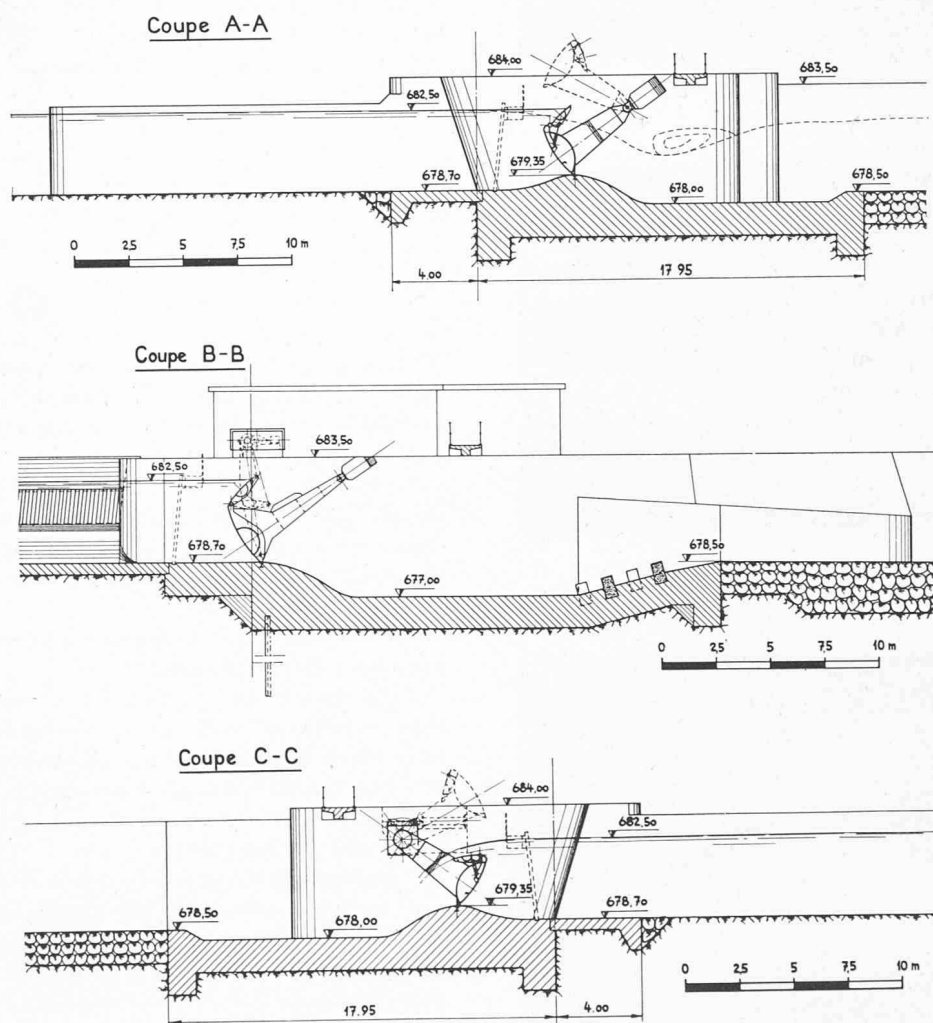


Fig. 38b. — Barrage d'Erlenbach. Projet définitif. — Coupes en travers.

Pour pallier cet inconvénient économique M. B. Schulz [3] propose une vanne clapet de forme spéciale, dont l'axe de rotation est décalé vers l'aval, de sorte que le clapet, en s'abaissant, libère une fente horizontale le long du radier (voir fig. 37).

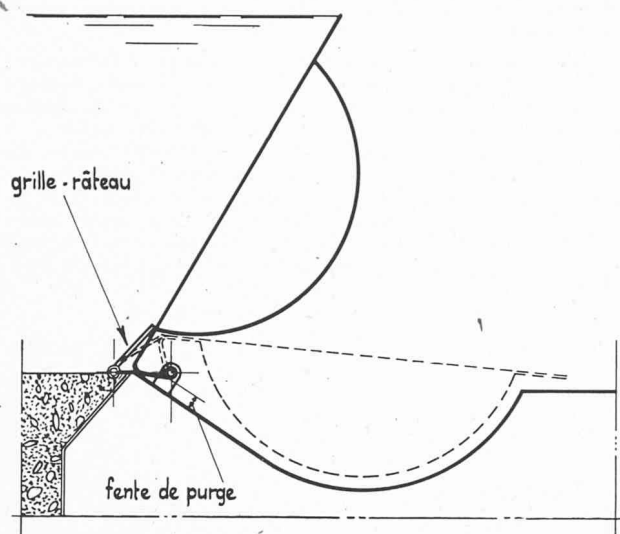


Fig. 37. — Vanne clapet et purge d'après M. Schulz [3].

Comme le dit M. Schulz ce type de clapet n'est applicable qu'aux petits canaux d'irrigation, car il faut de temps en temps enlever à la main les matériaux obstruant la grille-râteau qui protège la fente.

6. L'enlèvement des dépôts à l'amont du clapet rend obligatoire l'abaissement complet de la vanne même pour des crues moyennes. En outre une forte usure de la tôle est à craindre.

D'un point de vue général il est important de souligner que tous ces phénomènes de transport solide, qui sont parfaitement visibles dans les modèles réduits, ne le sont pas autant à l'échelle naturelle, surtout lorsque la rivière est en crue.

Il va sans dire que les inconvénients signalés dans le cas d'utilisation des vannes clapets n'apparaissent que lorsque la charnière se trouve au voisinage du fond du lit de la rivière et ne condamnent leur emploi que dans des cas de fort charriage.

VII. Projet définitif du barrage d'Erlenbach

La solution comportant des vannes clapets ayant donc été abandonnée, les passes principales du barrage ont été équipées de vannes du type segment-clapet (voir fig. 38a et 38b).

DIVERS

Fondation à Vevey du Prix Albert-Klausfelder des arts graphiques

M. Albert Klausfelder, de Vevey, vient de fonder un nouveau prix, destiné à encourager les jeunes graphistes de notre pays. Ce prix sera attribué en principe chaque année à tous les graphistes de moins de trente-cinq ans, de nationalité suisse ou résidant et travaillant en Suisse depuis cinq ans. Son montant sera de 5000 fr. Au cas où un partage se révélerait nécessaire, le pre-

mier prix ne sera en tout cas pas inférieur à 3000 fr.

Un jury de sept membres a été constitué, comprenant des représentants des trois langues officielles de notre pays, notamment trois graphistes, trois conseils en publicité et un conseil d'entreprise.

Les concurrents doivent s'inscrire auprès du secrétaire du prix, M. Albert Lorenzetti, avenue de Corsier 20, à Vevey. Le thème du concours sera indiqué chaque année au mois de mai, la clôture étant fixée au 15 janvier de l'année suivante. Chaque concurrent peut envoyer plusieurs travaux sur un même thème. Les

Les inconvénients propres aux vannes segments et résultant du réglage du débit et de l'évacuation des corps flottants, sont ainsi supprimés par la présence du petit clapet placé sur le segment.

Le clapet supérieur de la même largeur que la vanne segment est actionné par un piston à huile placé verticalement au milieu de la vanne et s'appuyant contre le segment. Le réglage à niveau constant est effectué simultanément par les trois clapets, jusqu'à un débit de la Simme de 40 m³/sec.

Pour des débits supérieurs, chaque segment est soulevé au moyen d'un piston à huile à axe horizontal caché dans la pile et agissant unilatéralement.

Pour l'évacuation des corps flottants pendant une forte crue, la vanne segment est élevée à une position telle que son bord inférieur se trouve bien au-dessus du niveau d'eau sous-jacent.

En ce qui concerne les ouvrages de génie civil, nous faisons remarquer que l'épaisseur des piles a été portée de 1,50 m à 2,00 m et la largeur des passes de 10,00 m à 9,50 m. Le seuil des passes a été abaissé de 0,15 m.

Nous avons aussi indiqué sur les figures 38a et 38b les modifications apportées aux autres parties du barrage à la suite des essais sur modèle, bien qu'elles ne concernent pas directement le présent mémoire.

Maitre de l'œuvre : Simmentaler Kraftwerke A.G., Berne.
Etude et direction des travaux : Société Générale pour l'Industrie, Genève.
Essais sur modèle réduit : Laboratoire d'hydraulique de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne, sous la direction du professeur D. Bonnard.

Construction des vannes du barrage : Buss S.A., Bâle.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] *Press-Wehre*. Zweite Auflage. — Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 1959.
- [2] H. FISCHER, M.A.N., Werk Gustavsburg : *Die Beseitigung und Vermeidung von Geschiebeansammlungen unter Wehrklappen*. — Mitteilungen aus den Forschungsanstalten, Dezember 1937, p. 262-272.
- [3] A. B. SCHULZ : *Das Entfernen von Geschiebeansammlungen bei Grundwehren mit Fischbauchstauklappen*. — Mitteilung Nr. 40 des Institut für Wasserbau, Berlin-Charlottenburg, p. 25-28.
- [4] R. WESTHÄUSER, Mainz-Gustavsburg : *Das erste Fischbauchklappenwehr mit Wehrgrubenspülung*. — *Wasserkraft und Wasserwirtschaft*, 15. Oktober 1943, Heft 10.
- [5] M.A.N. : *Barrages à vannes clapets et leurs commandes*. — Usine de Gustavsburg.
- [6] K. PETRIKAT : *Recherches sur modèles réduits pour barrages, vannes profondes, écluses et môles de ports*. — M.A.N., informations techniques du Laboratoire d'hydraulique de la Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.G., Usine de Gustavsburg.

mier prix ne sera en tout cas pas inférieur à 3000 fr.

Un jury de sept membres a été constitué, comprenant des représentants des trois langues officielles de notre pays, notamment trois graphistes, trois conseils en publicité et un conseil d'entreprise.

Les concurrents doivent s'inscrire auprès du secrétaire du prix, M. Albert Lorenzetti, avenue de Corsier 20, à Vevey. Le thème du concours sera indiqué chaque année au mois de mai, la clôture étant fixée au 15 janvier de l'année suivante. Chaque concurrent peut envoyer plusieurs travaux sur un même thème. Les