

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 66 (1940)
Heft: 4

Artikel: L'évacuateur de crues du barrage d'Ermal, Minho (Portugal)
Autor: Stucky, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-50643>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.10.2024

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

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ABONNEMENTS :

Suisse : 1 an, 12 francs

Etranger : 14 francs

Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 10 francs

Etranger : 12 francs

Prix du numéro :

75 centimes.

Pour les abonnements
s'adresser à la librairie
F. Rouge & C^{ie}, à Lausanne.

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

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, à Sion.

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.

Ferme 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; G. EPITAUX, architecte; M. IMER.

SOMMAIRE: *L'évacuateur de crues du barrage d'Ermal, Minho (Portugal)*, par A. STUCKY, ingénieur-conseil, professeur à l'Université de Lausanne (suite et fin.) — *Attributions de diplômes aux meilleures constructions de Genève.* — *Société suisse des ingénieurs et des architectes: Communiqué du Comité central; Groupe professionnel des Architectes pour les relations internationales; Procès-verbal de l'assemblée des délégués, à Zurich (suite).* — CARNET DES CONCOURS. — DIVERS: *Cours de soudure électrique à Baden.* — SERVICE DE PLACEMENT.

COMMUNICATIONS DU LABORATOIRE
D'HYDRAULIQUE DE L'ÉCOLE D'INGÉNIEURS
DE L'UNIVERSITÉ DE LAUSANNE

L'évacuateur de crues du barrage d'Ermal Minho (Portugal)

par A. STUCKY, ingénieur-conseil, professeur à l'Université de Lausanne.

(Suite et fin).¹

III. Essais destinés plus spécialement à l'étude de la vanne-clapet.²

Ces essais avaient essentiellement pour but de déterminer le coefficient de débit, les efforts agissant sur la vanne, pressions et dépressions, et enfin le couple moteur nécessaire à la manœuvre de cette dernière, en fonction de la forme du tablier. Les expériences ont été faites à l'échelle 1 : 18, avec une largeur de la passe de 50 cm au modèle; le débit maximum évacué par passe est de 168 litres/sec. correspondant à 230 m³/sec. en réalité. Ce ne sont pas uniquement les dimensions et la forme du clapet proprement dit qui conditionnent les grandeurs qu'il s'agit de connaître (coefficient de débit, pressions, couple). Les essais confirment, ce qui paraît d'ailleurs évident, que la forme des maçonneries entourant le clapet joue un rôle important; c'est donc de l'ensemble: maçonnerie et clapet, qu'il faut en réalité parler.

On sait, entre autres par les études de M. Escande³,

¹ Voir *Bulletin technique* du 10 février 1940, p. 25.

² Cette vanne a été construite par les *Ateliers des Charmilles*, à Genève, qui en ont fait breveter certaines particularités de forme.

³ « Recherches sur les barrages déversoirs », par L. Escande, D^r ès sciences; *Bulletin technique* du 23 août 1930.

que l'écoulement sur un déversoir est irrotationnel, c'est-à-dire dérive d'un potentiel. On devrait donc, à première vue, pouvoir dessiner dans chaque cas particulier le champ d'écoulement réel et en déduire ensuite sans difficultés la vitesse et la pression en tous les points. Le calcul rigoureusement exact de ce champ est trop compliqué, par contre, de nombreux auteurs se sont attachés à établir un calcul approximatif en partant d'hypothèses plus ou moins simples relatives à la courbure des

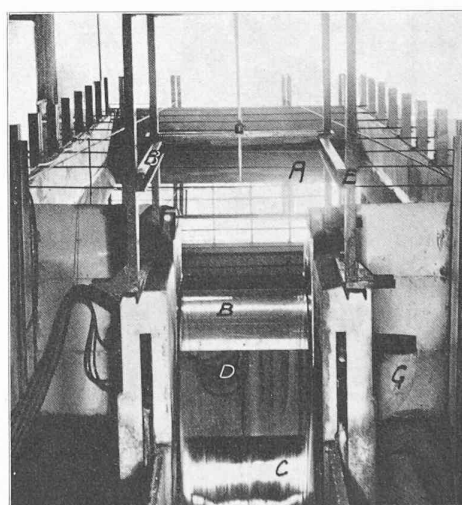


Fig. 17. — Vue générale de l'installation d'essais, clapet en position abaissée.

A. Retenue amont. — B. Clapet. — C. Lame déversante. — D. Tubes piézométriques. — E. Bâti du limni-mètre. — G. Tuyau d'aération de la lame déversante.

filets. Ainsi M. C. Faver¹ est parti d'une certaine hypothèse concernant le rayon de courbure des lignes de courant, découlant de ses nombreux essais ; mais le calcul numérique en est un peu compliqué. A peu près à la même époque, M. Lauffer² exposait dans *Wasserkraft und Wasserwirtschaft* une méthode plus simple partant de l'hypothèse que tous les filets liquides sont concentriques. Cette hypothèse, qui n'est d'ailleurs pas toujours conforme à la réalité, a permis d'établir des formules relativement simples pour la pression en tous les points du champ. Cette théorie très ingénieuse donne certainement des résultats intéressants lorsque l'hypothèse de départ est à peu près satisfaisante, c'est-à-dire toutes les fois que les filets liquides sont à peu près concentriques ; c'est le cas notamment de l'écoulement dans un canal de forme concave où la variation de profondeur est faible et où, par conséquent, on peut admettre sans trop d'erreurs un certain parallélisme des lignes de courant. Dans le cas d'un écoulement sur un coursier bombé, et surtout s'il s'agit d'un véritable déversoir avec une courbure très forte par rapport à l'épaisseur de la lame, les profondeurs varient rapidement et par conséquent l'hypothèse de départ n'est plus correcte. Dans le cas des déversoirs fortement courbés, les pressions et les vitesses ainsi calculées concordent mal avec la réalité. S'il s'agit, comme ce fut le cas dans les études qui font l'objet de cet article, de comparer entre eux des déversoirs différant uniquement par des détails de leur forme, il va bien sans dire que le calcul n'est plus suffisant. Seule l'expérience peut mettre en évidence les avantages de telle ou telle forme en ce qui concerne les pressions et par conséquent le couple moteur.

¹ « Etude de quelques écoulements à filets courbes », par C. Faver, Lausanne, « La Concorde », 1937 (Thèse).

² « Wasserkraft und Wasserwirtschaft », 31^e année, 1^{er} oct. 1936. Munich.

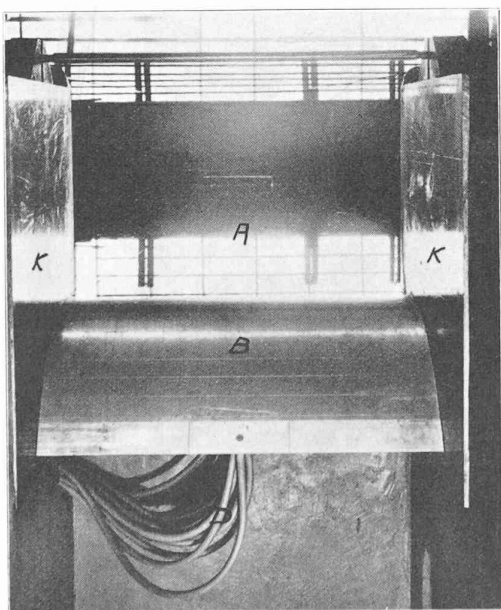


Fig. 18. — Clapet en position abaissée. A. Retenue amont. — K. Bajoyers. — B. Clapet.

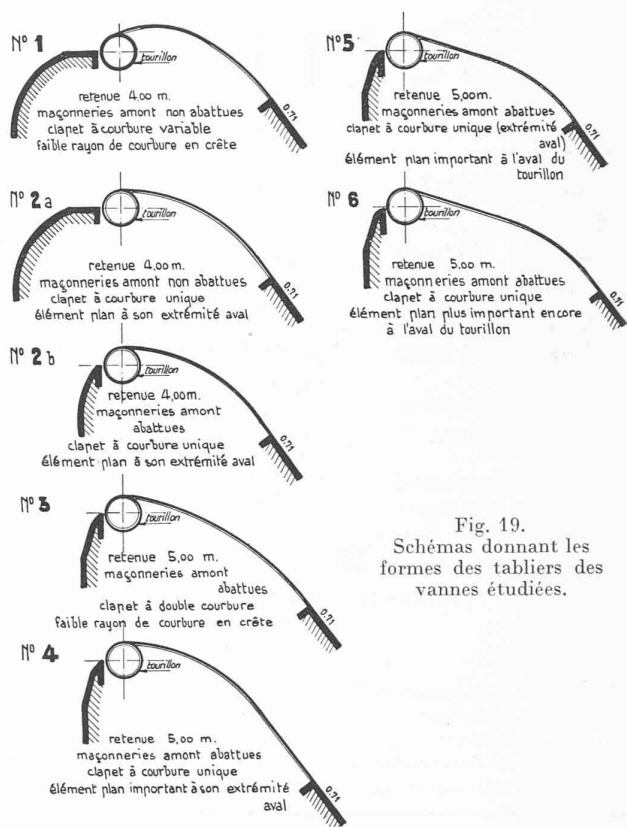


Fig. 19. Schémas donnant les formes des tabliers des vannes étudiées.

Si l'on se borne à la détermination du coefficient de débit m de l'expression :

$$Q = m b \sqrt{2g} H^{3/2}$$

les formules résultant d'expériences de laboratoire peuvent être d'un certain secours. En particulier la formule établie au *Laboratoire d'hydraulique de Lausanne* par M. C. Faver :

$$m = 0,385 + 0,085 \frac{H}{R} - 0,01 \left(\frac{H}{R} \right)^2$$

$$\text{valable pour } \frac{H}{R} < 3,5$$

et où R représente le rayon de courbure de la crête et H la charge, c'est-à-dire : $\left(\text{profondeur} + \frac{v^2}{2g} \right)$.

Dans le cas d'une crête à plusieurs courbures, il faudrait naturellement introduire une courbure moyenne correspondant à celle du filet inférieur. L'estimation de ce rayon de courbure est évidemment assez arbitraire, de sorte que l'application de cette formule ne saurait donner qu'une première et grossière approximation.

La formule ci-dessus, de même que toutes les formules empiriques, par exemple celle de M. Rehbock, n'ont d'intérêt que si l'on veut estimer grossièrement le débit ; s'il est nécessaire de connaître ce dernier avec une grande approximation ou si le déversoir est formé de plusieurs courbures successives, seule l'expérience sera en mesure de donner une indication suffisamment précise.

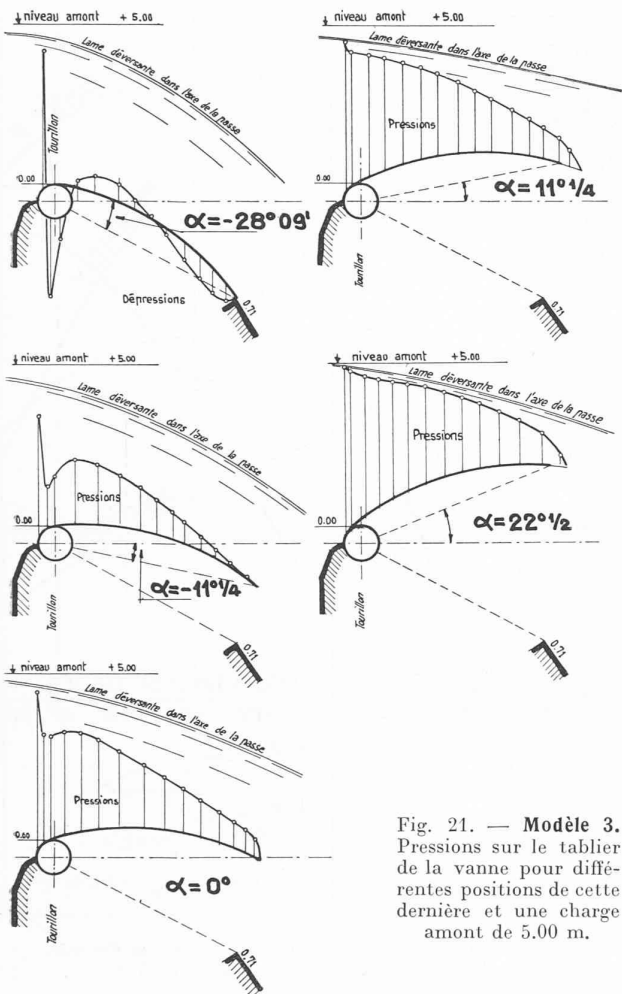


Fig. 21. — **Modèle 3.** Pressions sur le tablier de la vanne pour différentes positions de cette dernière et une charge amont de 5.00 m.

Les figures 17 et 18 donnent une vue générale de l'installation d'essais et du clapet, dans une position abaissée, photographié depuis l'aval avec les prises de pression alignées dans l'axe du tablier et les tubes transmettant les pressions aux manomètres (non visibles sur la photographie).

La vanne-clapet consiste en un tablier métallique pivotant autour d'un tourillon horizontal, et soutenu par un piston articulé à pression d'huile. Le mouvement du piston, commandé par un flotteur, est entièrement automatique. L'énergie nécessaire au fonctionnement des vannes est fournie par une petite turbine hydraulique qui actionne à son tour une pompe à huile. Une description plus détaillée de cette installation sortirait du cadre de cette étude consacrée plus spécialement aux essais hydrauliques, ayant permis de déterminer les grandeurs dont la connaissance était indispensable au constructeur de la vanne.

De nombreuses formes ont été étudiées dont six ont été expérimentées plus en détail. Les unes donnent un coefficient de débit très élevé, mais par contre un couple défavorable à cause des pressions mal réparties; les autres sont caractérisées au contraire par un couple qui pourrait être considéré comme convenable, tandis que l'écoulement l'est moins. Il y a lieu de noter en particu-

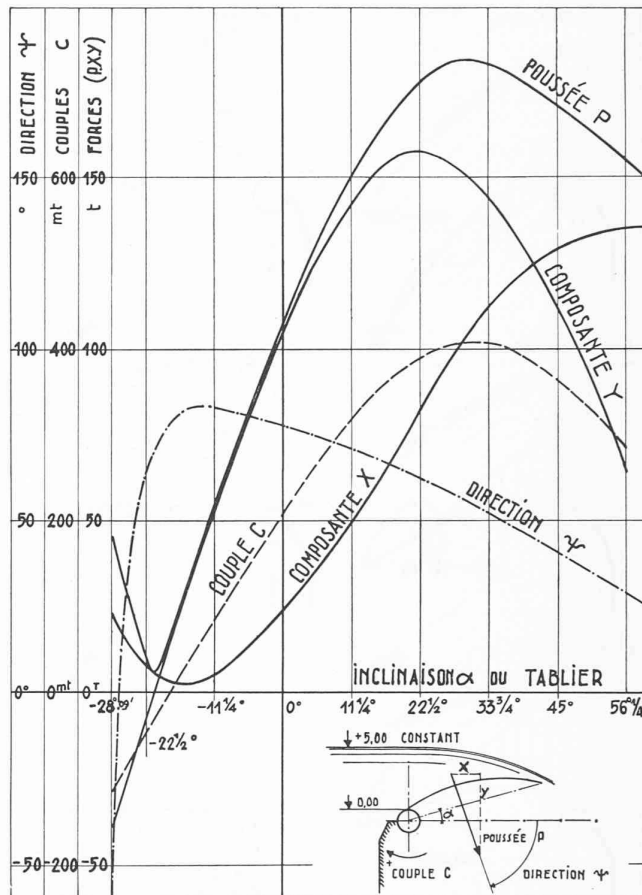


Fig. 22. — **Modèle 3.** Poussées et couples pour les diverses positions de la vanne et un niveau amont de 5.00 m.

lier que les essais ne peuvent se limiter à la seule recherche d'un coefficient de débit m aussi élevé que possible; d'autres facteurs sont tout aussi intéressants.

La figure 19 montre dans les grandes lignes les différentes formes qui ont été étudiées. Dans les modèles 1 et 2 a le clapet proprement dit est placé à l'aval d'une crête de béton importante, dans les autres modèles 2 b à 6 au contraire le clapet forme à lui seul la crête du déversoir. Certains tabliers ont une courbure unique, d'autres sont formés par la juxtaposition de plusieurs courbures et d'éléments plans. De l'ensemble des résultats obtenus, nous avons extrait les plus caractéristiques qui concernent les clapets nos 3, 4 et 6 dont les dimensions exactes sont données dans la figure 20.

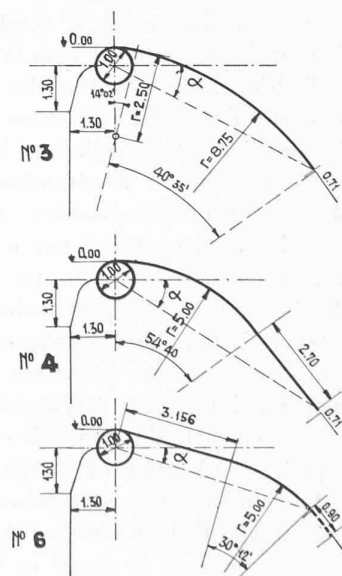


Fig. 20. — Dimensions des tabliers des vannes 3, 4 et 6.

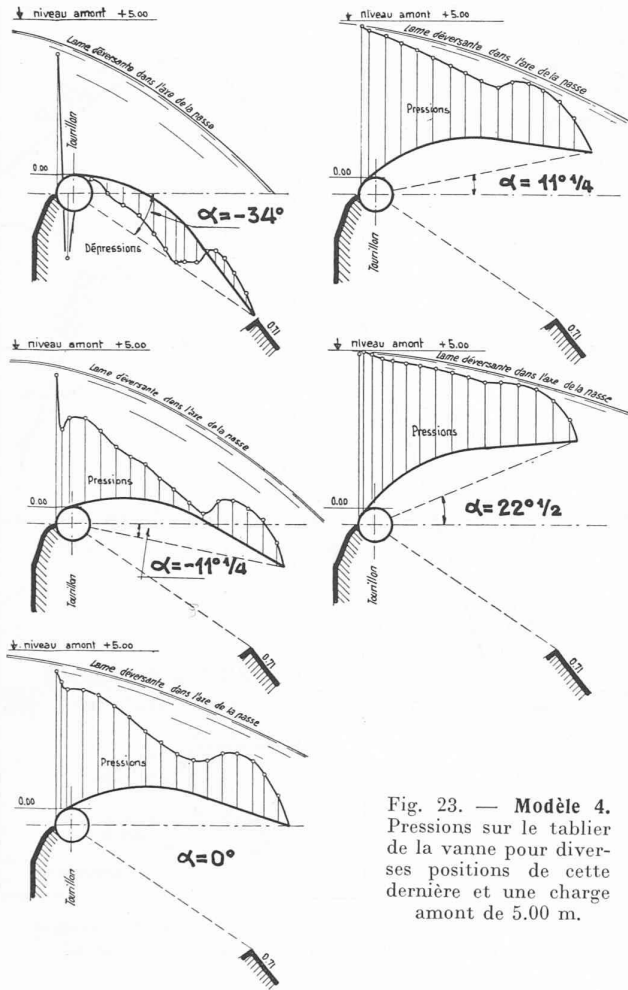


Fig. 23. — **Modèle 4.** Pressions sur le tablier de la vanne pour diverses positions de cette dernière et une charge amont de 5.00 m.

Le modèle n° 3 est caractérisé par une courbure unique qui fait suite à l'arrondi du tourillon (en réalité la grande courbure est raccordée au tourillon par un petit arc). Le modèle n° 4 est composé, abstraction faite du tourillon, d'un élément à courbure plus accentuée suivi d'un élément plan. Le modèle n° 6 au contraire comporte après le tourillon un élément plan suivi lui-même d'un élément cylindrique. Ces trois modèles différents permettent précisément de mettre en lumière l'influence de la forme sur les pressions et par suite sur les couples.

Voici quelques résultats concrets obtenus avec les différentes formes étudiées. Le clapet désigné par 1 (fig. 19) est caractérisé par une courbure variable avec des maçonneries importantes à l'amont, son coefficient de débit m est de 0,487 seulement, pour une charge de 5,00 m. Cette faible valeur peut être attribuée au fait que, considéré dans son ensemble, c'est-à-dire y compris les maçonneries situées à l'amont du tourillon, le rayon moyen en crête du déversoir est relativement grand par rapport à la hauteur de charge de 5 m.

Le clapet n° 2a de conception plus simple, à rayon unique, et constituant avec les maçonneries adjacentes une crête arrondie et de rayon moyen légèrement plus faible que dans le cas précédent, donne, toutes choses étant égales d'ailleurs, un coefficient un peu plus favorable de 0,493.

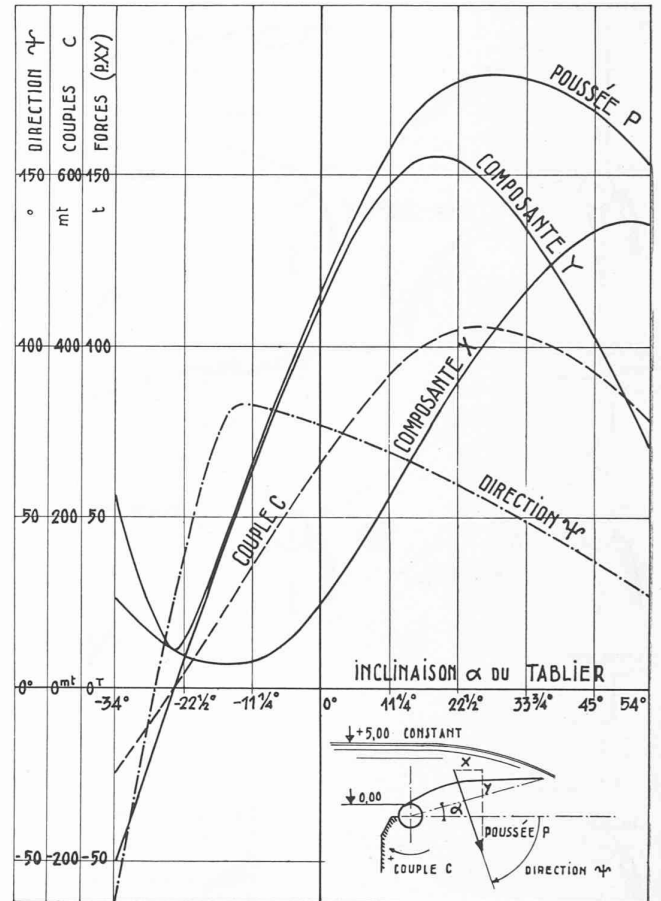


Figure 24. — **Modèle 4.** Poussée et couples pour les diverses positions de la vanne et un niveau amont de 5.00 m.

Ce n'est qu'en modifiant d'une manière profonde le profil du déversoir en amont du tourillon, c'est-à-dire en faisant disparaître le plus possible les maçonneries dans cette région ainsi que cela est figuré au schéma figure 19 sous 2b que l'on obtient un coefficient m satisfaisant de 0,522, avec une charge de 5 m. Un clapet de 9 m de largeur du profil 2b évacuera un débit de 232 m³/sec.

Dans les deux essais 3 et 4 (fig. 19) on a conservé la même forme pour les maçonneries, la pente à l'extrémité du clapet est celle du parement aval du barrage, soit 0,71. Les différences résident uniquement dans les courbures.

Le modèle n° 3 à courbure unique (après le tourillon) donne un débit satisfaisant avec $m = 0,509$ pour une charge de 5 m ; mais sa forme a par contre le défaut de donner lieu à un couple négatif de 116 mt pour la position abaissée du clapet, $\alpha = -28^{\circ}09'$. Pour en assurer le bon fonctionnement il eût fallu l'alourdir, c'est-à-dire augmenter inutilement la puissance de la machinerie.

La comparaison des modèles 3 et 4 est particulièrement intéressante. On sait qu'une courbure accentuée suivant immédiatement la crête donne lieu à une dépression, tandis qu'un tronçon rectiligne ou à grand rayon provoque au contraire des pressions. Le tablier n° 3 à faible courbure unique présente, ainsi qu'il ressort de la figure 21, une très légère pression à l'aval de la crête

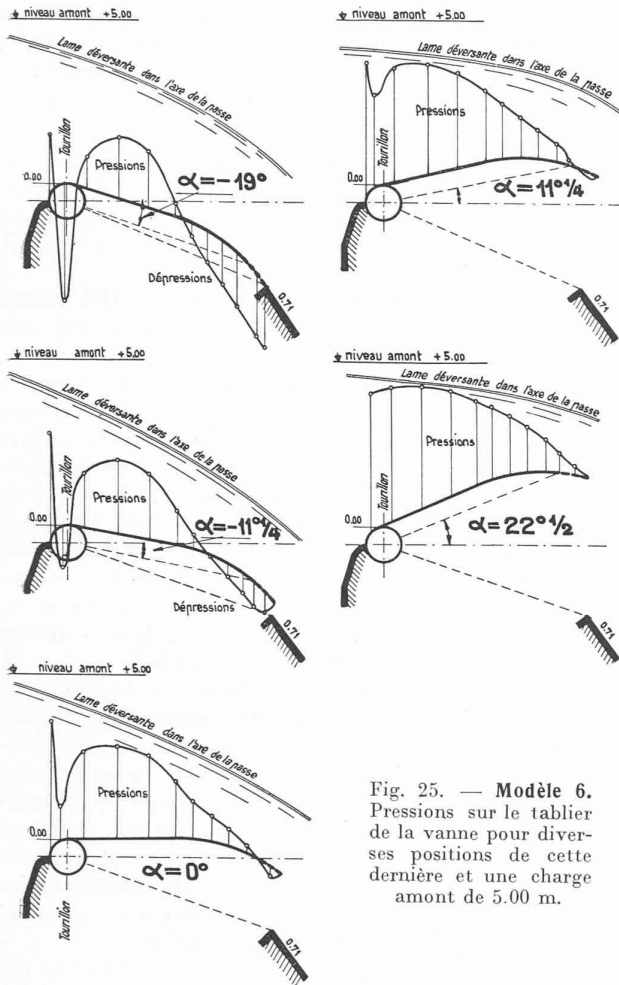


Fig. 25. — Modèle 6. Pressions sur le tablier de la vanne pour diverses positions de cette dernière et une charge amont de 5.00 m.

suivie d'une dépression à l'extrémité du tablier. Celle-ci se traduit par un couple négatif important à cause du grand bras de levier, couple incomplètement compensé par le couple positif dû à la pression, dont le bras de levier est petit. Il en résulte en définitive un couple négatif de 116 mt. Du fait de la contraction latérale, les pressions sur les bords du tablier sont sensiblement différentes de celles du milieu. Ce simple fait confirme qu'une théorie approximative ne saurait déceler de telles nuances et ne peut par conséquent pas donner des valeurs numériques avec une approximation suffisante. Dès que le tablier se relève, les dépressions disparaissent et le couple devient positif. La figure 22 donne pour toutes les positions du clapet la valeur des forces agissant sur le tablier ainsi que le couple.

Les inconvénients du n° 3 peuvent être corrigés en accentuant la courbure après le tourillon et en la faisant suivre d'un tronçon rectiligne comme pour le modèle n° 4. Le coefficient de débit m passe de 0,509 pour le n° 3 à 0,517 pour le n° 4 et le couple négatif est sensiblement diminué.

Cette légère modification de la forme amène un changement très sensible du diagramme des pressions pour le modèle n° 4 (fig. 23). La crête est immédiatement suivie d'un tronçon à plus forte courbure (rayon de

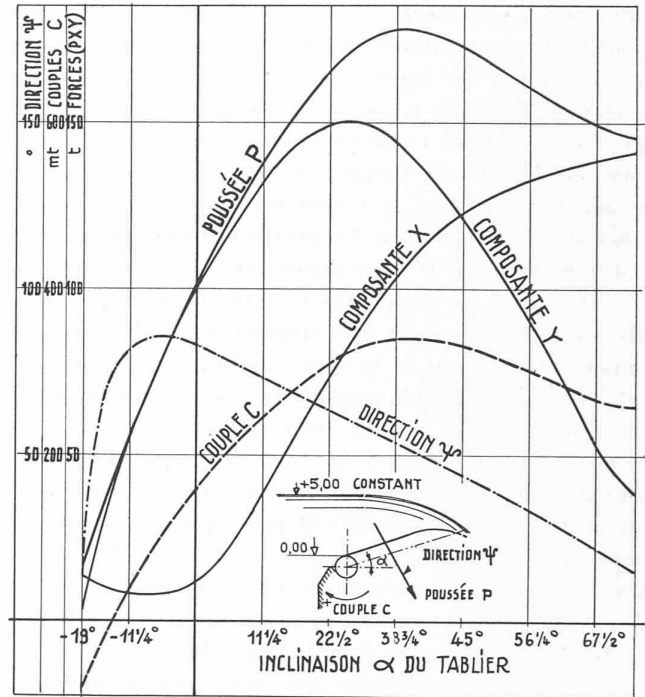


Fig. 26. — Modèle 6. Poussées et couples pour les diverses positions de la vanne et un niveau amont de 5.00 m.

5,00 m au lieu de 8,75 m) ; il en résulte, pour la position abaissée $\alpha = -34^\circ$, d'abord une zone de dépression suivie d'une zone de pression ; le sens des forces est renversé, aussi le couple négatif n'est-il plus que de 96 mt au lieu de 116 mt. L'extrémité plane du tablier est soumise à une pression accentuée pour toutes les positions du clapet très caractéristique dans tous les diagrammes de la figure 23. Les forces ainsi que le couple en fonction de la position du clapet n° 4 découlent de la figure 24. Cette dernière variante qui par ailleurs est satisfaisante, a l'inconvénient, pour les positions intermédiaires du clapet, de déplacer la lame déversante exagérément vers l'aval, demandant ainsi des murs bajoyers beaucoup plus importants. Par ailleurs, les couples positifs agissant sur les clapets n°s 3 et 4, en position partiellement relevée, sont très importants et dépassent 400 mt. La forme 5 diffère de la précédente en ce que le tourillon est suivi d'un tronçon rectiligne. Le couple négatif en position abaissée est trop grand.

On peut résumer en quatre points les conditions que devrait remplir un clapet de forme satisfaisante.

1. Coefficient de débit m relativement élevé de 0,52 par exemple.
2. Couple négatif en position complètement abaissée et couple maximum positif en position partiellement relevée, les plus faibles possible.
3. Lame déversante aussi peu rejetée vers l'aval que possible pour les positions intermédiaires.
4. Course angulaire du clapet limitée à 90° par exemple.

La solution 6 remplit toutes ces conditions dans une mesure satisfaisante. Toutes les grandeurs qui peuvent

intéresser le constructeur ont été relevées soigneusement pour toutes les positions du clapet et sont reportées dans les graphiques des figures 25 et 26.

Dans la figure 25 la position du clapet est caractérisée par l'angle compris entre un axe moyen choisi arbitrairement et l'horizontale passant par l'axe du tourillon. Dans le milieu de la passe, le tablier est prolongé par un bec, tracé en pointillé, dont le but est d'empêcher que pour les positions relevées, la lame déversante ne retombe sur le piston d'appui du clapet. On voit que pour les positions abaissées, la dépression à l'extrémité du tablier est très importante à cause de la forte courbure qui termine le tablier. Mais ce couple négatif élevé est compensé dans une large mesure par la forte pression résultant du tronçon plan succédant à la crête; le couple des efforts purement hydrauliques (abstraction faite du poids propre) est légèrement négatif. Il passe par un maximum pour une position correspondant à un angle de $+34^\circ$. Les valeurs numériques de la force oblique P , de ses deux composantes X et Y , de sa direction ψ , et enfin du couple C sont indiquées dans la figure 26.

Les quelques graphiques que nous venons de commenter montrent qu'en alternant la succession des plans et des courbes dont on peut encore accuser plus ou moins le rayon, on arrive à modifier radicalement le diagramme des pressions et à influencer dans une très large mesure la valeur numérique du couple pour diverses positions du clapet.

* * *

Le déversoir à crête arrondie a déjà fait l'objet de très nombreuses études théoriques et expérimentales dont plusieurs ont été publiées par le *Bulletin technique*¹. Lorsqu'on se trouve en présence d'un problème concret, comme celui d'un évacuateur de crues, on voit cependant que le coefficient de débit n'intervient plus seul et que bien d'autres facteurs, qui ne peuvent être déterminés que par l'expérience, sont tout aussi importants et nécessitent un examen minutieux; en particulier les formules donnant le débit en fonction d'un rayon de courbure moyen sont insuffisantes.

Lausanne, août 1939.

Attribution de diplômes aux meilleures constructions de Genève.

*Villas de week-end, maisons de bois, villas locatives,
villas jumelles, ruraux et ensembles.*

Rapport du jury.

Ainsi que les années précédentes² et pour la cinquième fois depuis 1935, le Département des Travaux Publics a

¹ Voir, outre les études déjà citées plus haut :

« Recherches sur la dynamique des courants déversants en régime hydraulique permanent », par M. le Dr M. Golaz, ingénieur. « Bulletin technique » des 20 octobre et 3 novembre 1928.

« Notes sur le calcul des déversoirs et seuils », par le Dr Ch. Jaeger, ingénieur. « Bulletin technique » des 24 juin et 8 juillet 1933. (Réd.)

² Nos lecteurs trouveront à la page 231 du « Bulletin technique » du 28 septembre 1935, la reproduction des constructions de même catégorie primées en 1935. (Réd.)

réuni un jury afin de décerner les diplômes aux meilleures constructions édifiées dans le canton pendant 1937 et 1938. Le jury avait à se prononcer sur les catégories suivantes :

- a) Maisons de week-end
- b) Maisons de bois
- c) Ruraux
- d) Villas de moins de 40 000 fr.
- e) Villas de plus de 40 000 fr.
- f) Villas jumelles
- g) Villas locatives
- h) Ensembles.

Le jury était composé des délégués suivants : MM. Albert *Rossire*, architecte, président, délégué de la Société des ingénieurs et architectes (S. I. A.); Henri *Minner*, architecte, rapporteur, délégué de la Fédération des architectes suisses (F. A. S.); Georges *Peloux*, architecte de l'Association syndicale des architectes du canton de Genève (A. S. A.); Charles *Billaud*, architecte du Groupe pour l'Architecture nouvelle à Genève (G. A. N. G.); Arthur *Lozeron*, architecte de la Société pour l'amélioration du logement; Adolphe *Guyonnet*, architecte de la Société d'art public (Heimatschutz); Auguste *Bordier*, architecte de l'Association des intérêts de Genève; Julien *Gloor*, architecte de l'Association pour l'urbanisme le Guet; Gabriel *Bovy*, architecte, représentant la Commission d'urbanisme, Département des travaux publics.

Le jury, présidé par M. *Albert Rossire*, architecte, s'est réuni quatre fois. Il a examiné 292 constructions édifiées au cours des deux dernières années. Grâce à la bonne documentation photographique établie par M. P. Schuttlé, chef du Service de la centrale des autorisations, le jury put facilement procéder aux éliminations pour le premier et le deuxième tours. Il a constaté que fort peu d'architectes et de propriétaires s'étaient donné la peine d'envoyer des photographies de leurs constructions, malgré le conseil qui leur en avait été donné par le Département des travaux publics.

Après délibération et avant de commencer l'examen des constructions présentées par le Département des travaux publics, le jury décida de ne décerner les diplômes qu'aux constructeurs ayant signé la requête en autorisation de construire. Cette mesure a été prise afin d'éviter des réclamations de la part d'inconnus lors de la proclamation des résultats du concours; ce cas s'étant produit ces dernières années, le jury estime ne pas devoir le laisser se renouveler.

Sur les 292 constructions à examiner, 18 ont été renvoyées à deux ans, car dès cette année il a été admis qu'un membre du jury ne pouvait pas prendre part au concours. De ce fait, il restait 274 constructions à juger; 228 furent éliminées au premier tour; 22 le furent au deuxième tour. Au troisième tour les 24 constructions conservées firent l'objet d'une visite sur place pour l'examen de chacune d'elles. Lors de cette visite, 11 furent encore éliminées, la plupart pour insuffisance d'étude ou pour n'être pas adaptées au site.

Les 13 constructions restant à examiner pour l'attribution des diplômes s'établissent comme suit, par catégories :

Maisons de week-end	1
Maisons de bois	1
Villas d'un coût de moins de 40 000 fr.	9
Villas d'un coût de plus de 40 000 fr.	2

Au cours d'une quatrième et dernière séance, le jury retint définitivement 11 constructions comme étant dignes de figurer au palmarès. Il a fixé le rang de chaque construction dans la catégorie respective et décerné les diplômes.

a) Catégorie week-end.

Une seule construction de ce genre a été retenue au concours. Elle se distingue par son originalité et sa parfaite adaptation au site.