Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 66 (1940)
Heft: 9

Artikel: La chambre d'équilibre différentielle à amortissement immédiat
Autor: Ebner, Maurice
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-50653

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: 09.12.2025

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

66e année 4 mai 1940 N° 9

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 & Cie, à Lausanne.

Paraissant 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 : *La chambre d'équilibre différentielle à amortissement immédiat*, par Maurice Ebner. — *Concours pour l'infirmerie de Lavaux* (suite et fin). — Nécrologie : *Alfred Amsler.* — Service de placement. — Documentation : *Les trolleybuss de la ville de Zurich.*

La chambre d'équilibre différentielle à amortissement immédiat.

par Maurice EBNER.

Chapitre premier

Introduction.

Une chambre d'équilibre a pour but principal de protéger la galerie d'amenée et la conduite forcée d'une usine hydro-électrique contre les variations de pression dites *coup de bélier d'onde* consécutives aux variations de débit provoquées par un obturateur à l'aval.

Mais accessoirement elle joue un rôle régulateur en recevant ou restituant les différences de débit qui existent momentanément, en régime de transition, entre la galerie d'amenée et l'obturateur d'aval du fait de l'inertie des masses d'eau en mouvement. Ce phénomène secondaire est ce qu'on désigne communément comme *oscillation en masse.*

La protection de la galerie d'amenée est d'autant meilleure que la section de la chambre d'équilibre est plus grande car la fraction de l'onde dirigée suivant l'axe de la galerie devient négligeable vis-à-vis de celle réfléchie par le plan d'eau libre de la chambre. Mais en augmentant la section de la chambre, on augmente en même temps la valeur de la période des oscillations en masse. A chaque variation du régime d'écoulement succède par conséquent une série d'oscillations de longue durée. D'autre part, une grande chambre, d'un coût élevé, ne peut pas toujours être adaptée aux conditions topographiques.

La chambre d'équilibre de grande section, satisfaisante en tant que réflecteur d'onde, présente donc des inconvénients qui en limitent l'emploi.

Divers artifices ont été imaginés pour réduire à la fois le volume de la chambre et l'amplitude des oscillations en masse. Ce sont par exemple la chambre déversante, la chambre à sections multiples, la chambre à étranglement ou la chambre différentielle.

MM. Calame et Gaden, dans leur important ouvrage « Théorie des chambres d'équilibre » donnent l'analyse de ces cas, en tirent des conclusions de portée générale et établissent des abaques permettant la détermination et le choix des caractéristiques de construction nécessaires à l'élaboration d'un projet. Ils mentionnent les travaux antérieurs et rendent hommage en particulier à Alliévi, Prášil, R. D. Johnson, de Sparre et Thoma.

Les chambres spéciales précitées donnent toute satisfaction quant à la limitation de l'amplitude de l'oscillation en masse, mais, si elles sont économiques, elles protègent moins efficacement la galerie contre le coup de bélier d'onde.

Une chambre d'équilibre, quel que soit son type, doit encore être conçue de manière à *limiter la durée des oscillations en masse* car ces dernières donnent lieu à des variations de chute périodiques préjudiciables à la stabilité du règlage de la vitesse et de la fréquence. Si cette durée est trop grande il peut arriver qu'une nouvelle variation de régime soit provoquée alors que l'oscillation en masse due à une manœuvre précédente n'est pas

amortie ; des coïncidences dangereuses peuvent conduire soit à des surpressions excessives soit à des entrées d'air dans la conduite forcée.

* * *

Les dimensions d'une chambre d'équilibre sont fonction de celles des installations d'amont et d'aval. Le système hydraulique doit donc être considéré comme un tout et non pas comme deux systèmes, l'un formé par la chambre d'équilibre et les installations situées en aval, pour la détermination du coup de bélier d'onde, et l'autre comprenant la chambre et les installations d'amont, pour l'étude des oscillations en masse.

Lors d'une manœuvre unique et instantanée de l'obturateur d'aval, le coup de bélier d'onde est pratiquement éteint alors que l'oscillation en masse ne fait que commencer. Dans tous les cas de manœuvres progressives, qui sont pratiquement les seules à envisager, les variations de pression très rapides du coup de bélier coexistent avec la pression variable dans la chambre provoquée par l'oscillation en masse. L'extinction du coup de bélier et l'évolution de l'oscillation en masse doivent être suivies parallèlement si l'on veut déterminer les valeurs extrêmes des pressions pendant la durée du régime varié et fixer les dimensions de chacun des éléments de l'ensemble d'un projet.

La méthode graphique générale du calcul des propagations d'ondes planes du professeur Louis Bergeron permet, en toute rigueur et pour n'importe quel type d'installation, de suivre le phénomène dans son ensemble et tel qu'il est en réalité.

* * *

En général, les études relatives à l'oscillation en masse ont surtout porté sur les mouvements du plan d'eau dans la chambre d'équilibre pendant le premier quart de cycle, en vue de déterminer la plus grande montée ou la plus grande descente consécutive à une manœuvre de fermeture ou d'ouverture. Nous avons vu qu'il est tout aussi utile de connaître l'évolution ultérieure du phénomène, ceci jusqu'au rétablissement du nouveau régime permanent.

Les méthodes adoptées généralement ne permettent pas de suivre la perturbation de régime en toute exactitude de sa naissance à son extinction car, pour les besoins de l'analyse, en particulier pour permettre l'intégration des équations différentielles définissant les oscillations en masse, certaines hypothèses restrictives ont dû être introduites. On perd ainsi graduellement contact avec la réalité, d'autant plus que le nombre des oscillations étudiées est plus grand. Seuls des essais sur modèle permettent et cela tout spécialement pour les cas compliqués, de suivre avec une exactitude suffisante les oscillations jusqu'à leur amortissement complet.

Nous pourrons ainsi trouver, pour chaque ensemble de conditions particulières de marche, un modèle de chambre d'équilibre protégeant parfaitement la galerie d'amenée contre les variations de pression du coup de bélier d'onde et réduisant à un minimum la durée et l'amplitude de l'oscillation en masse. L'étude de ce problème nous a conduit à établir les caractéristiques d'une chambre différentielle d'un type particulier qui permet de limiter à un minimum la durée du régime de transition consécutif à une manœuvre de fermeture totale.

Dans la chambre que nous appellerons *chambre d'équilibre différentielle à amortissement immédiat*, la stabilité complète des plans d'eau est obtenue à la fin de la première et unique oscillation en masse.

Exposé du fonctionnement de la chambre d'équilibre différentielle à amortissement immédiat.

Principe.

Considérons un système hydraulique comprenant une galerie d'amenée, une chambre d'équilibre et une conduite forcée.

En règle générale, la durée d'un régime de transition est beaucoup plus réduite quand l'orifice d'aval reste ouvert, par le fait même que l'écoulement continue et que la vitesse dans la galerie n'est jamais nulle. A une ouverture correspond donc une augmentation du frottement et une diminution de la durée du régime de transition alors qu'à une fermeture correspond une diminution du frottement et une augmentation de la durée de ce régime (fig. 1).

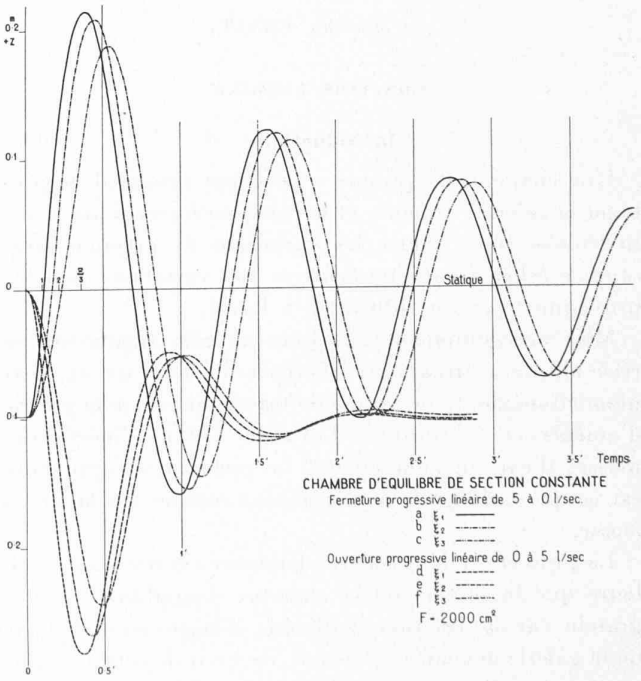

Fig. 1. — Relevé expérimental des oscillations du plan d'eau dans une chambre d'équilibre de section constante de 2000 cm² de surface horizontale. Galerie d'amenée en charge de 101,74 m de longueur et de 150 mm de diamètre. Ces enregistrements correspondent à des rapidités de manœuvre $\xi_1 = \pm \frac{dQ}{dt} = 0{,}778$ dm³/s² $\xi_2 = 0{,}394$ et $\xi_3 = 0{,}212$ de plus en plus lentes de l'obturateur d'aval.

Au point de vue de l'amortissement, le cas de la fermeture totale est donc plus défavorable. Nous l'envisagerons plus spécialement et vérifierons qu'une disposition satisfaisante pour cette fermeture l'est aussi pour l'ouverture.

L'amortissement immédiat caractérisé par le fait que, pour une manœuvre de fermeture totale, *le régime de transition est limité à la durée d'une unique oscillation en masse* est obtenu par l'application du principe suivant :

La somme algébrique des énergies alternativement positives et négatives donnant lieu à l'oscillation en masse et des pertes dans le système, effectuée pour la durée d'un régime de transition, doit être égale à la différence des valeurs de l'énergie totale du système au début et à la fin du régime troublé.

Lors d'une manœuvre de fermeture, la différence des valeurs initiale et finale de l'énergie totale est positive et dépasse de beaucoup la somme algébrique des énergies provoquant la première oscillation en masse. Si l'on veut limiter le régime de transition à cette première oscillation, on est alors conduit à augmenter les pertes au delà des seules pertes par frottement dans la galerie et dans la chambre, en général insuffisantes. On crée des pertes supplémentaires en ajoutant soit un étranglement, soit une combinaison d'étranglements et de déversoirs détruisant l'énergie par chute libre de l'eau d'un compartiment de la chambre dans un autre.

La chambre d'équilibre différentielle que M. Raymond D. Johnson décrivit en 1908 lors d'une communication faite à la Société américaine des Ingénieurs Mécaniciens (Transaction, volume 30, 1908) se compose comme on sait d'un tube de section négligeable, avec déversoir, relié par un orifice à un réservoir circonscrit. Comme nous le verrons plus loin, un type de chambre dérivé de ce système peut être établi de manière à obtenir l'amortissement immédiat.

Chambre déversante à un réservoir.

La chambre déversante à un réservoir est constituée par un tube en communication directe avec la galerie d'amenée. Ce tube est en relation avec un réservoir adjacent d'une part par un orifice de section réduite formant étranglement situé au pied et d'autre part par un déversoir situé au sommet. Le trop-plein du tube tombe en totalité dans le réservoir.

A la suite d'une manœuvre de fermeture de l'obturateur d'aval, une partie du volume d'eau venant de la galerie d'amenée, ne pouvant plus suivre son cours dans la conduite forcée, s'élève dans le tube et pénètre dans le réservoir en traversant l'étranglement. Une manœuvre importante de l'obturateur entraîne en outre le déversement.

Considérons une *fermeture progressive totale* de l'obturateur effectuée à partir d'un régime permanent. (Nous envisageons ici la fermeture progressive totale la plus rapide possible en exploitation, généralement terminée avant la fin du déversement.) Au début de la manœuvre, le plan d'eau est au niveau dynamique, point A (fig. 2).

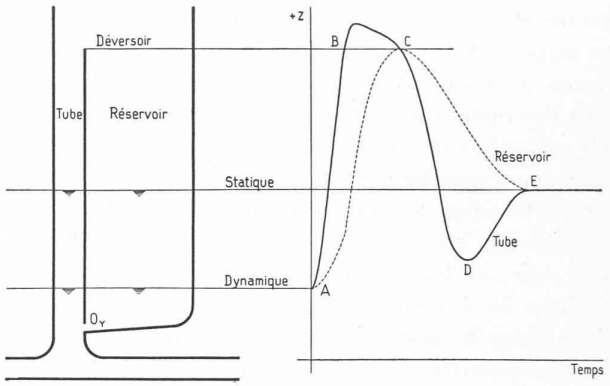

Fig. 2. — Chambre d'équilibre différentielle à amortissement immédiat. Chambre déversante à un réservoir.

Dès la fermeture amorcée, le plan d'eau dans le tube fait l'oscillation complète A B C D E. Simultanément, le plan d'eau dans le réservoir effectue la demi-oscillation A C E. Toutes les parties de la chambre sont dimensionnées de telle sorte qu'après une oscillation complète du niveau de l'eau dans le tube et une demi-oscillation dans le réservoir, la différence entre l'énergie totale du système hydraulique existant au début et celle subsistant à la fin de l'oscillation complète ait disparu et avec elle toute cause d'oscillation.

Les dimensions dépendent au premier chef des pertes de charge dans la galerie et du temps de manœuvre de l'obturateur d'aval. Cette dernière valeur étant donnée, plus les pertes de charge sont élevées, plus importante est la quantité d'énergie détruite dans la galerie et moins grande devient la quantité d'énergie restant à détruire dans la chambre. Les dimensions de cette dernière sont donc d'autant plus réduites que la perte de charge dans la galerie est plus grande. A la limite, si toute l'énergie est détruite par la somme des travaux de frottement dans la galerie (somme effectuée pendant la durée de la manœuvre) la chambre ne travaille qu'en réflecteur d'onde.

Pratiquement, la chambre est dimensionnée pour le cas de la plus grande manœuvre de fermeture totale de l'obturateur. La quantité d'énergie détruite dans la chambre d'équilibre durant le régime de transition dépend d'un grand nombre de variables, les unes de *construction*, sections horizontales du tube et du réservoir, caractéristiques de l'orifice de communication et du déversoir, dimensions de la galerie d'amenée, coefficients de perte de charge, les autres d'ordre *fonctionnel*, débit initial, loi et temps de manœuvre de l'obturateur d'aval.

On construit habituellement la chambre d'équilibre différentielle (telle que l'a conçue M. R. D. Johnson) pour produire un freinage énergique par une forte dénivellation dans le tube central de section négligeable, dénivellation limitée toutefois par le déversoir, mais sans rechercher spécialement l'amortissement.

Or il s'avère dans la chambre d'équilibre à amortissement immédiat que la période et l'amplitude des oscillations dépendent des mouvements conjugués de l'eau dans

le tube et le réservoir dont les sections doivent être dans un rapport donné. De nombreux essais sur modèle ont permis de réaliser des chambres d'équilibre de ce type pour des installations de caractéristiques diverses et ont fait ressortir, entre la section du tube et celle du réservoir, un rapport sensiblement constant et voisin de *onze trentièmes*. L'orifice de communication est là à la fois pour détruire une partie de l'énergie par perte de charge et pour agir sur les valeurs successives de la chute d'eau tombant du déversoir en réglant le mouvement du plan d'eau dans le réservoir. Enfin, le tube n'est plus un simple piézomètre de section négligeable jouant le rôle de trop-plein mais, du fait de sa section relativement grande par rapport à celle du réservoir, il constitue un réflecteur d'onde très favorable à la protection de la galerie d'amenée.

L'orifice de communication sera avantageusement muni d'une vanne manœuvrée depuis le sommet de la chambre et ajustée à la valeur correspondant à l'amortissement immédiat. Son réglage, fait lors de la mise en service, compte tenu des pertes de charge réelles, serait d'autre part facilement modifiable dans le cas où une autre marche d'exploitation serait requise ultérieurement par suite d'augmentation de puissance ou de modification des installations.

Considérons maintenant une *ouverture progressive* de l'obturateur d'aval. Le tube fournit au début tout le volume d'eau nécessaire à l'alimentation des turbines. L'abaissement du plan d'eau dans le tube entraîne une augmentation rapide de la vitesse d'écoulement dans la galerie d'amenée et un abaissement du plan d'eau dans le réservoir, le débit de ce dernier limitant la descente dans le tube et par conséquent l'augmentation exagérée de la vitesse dans la galerie.

Les conditions posées pour une manœuvre de fermeture peuvent être reprises pour une manœuvre d'ouverture et la chambre d'équilibre dimensionnée de façon à apporter, dans les mêmes conditions que précédemment, la différence d'énergie nécessaire pour passer du régime initial au régime final. Cette étude ne semble pas présenter d'intérêt pratique car une manœuvre d'ouverture est beaucoup moins défavorable au point de vue de l'amortissement de l'oscillation en masse, et la disposition donnant satisfaction lors d'une manœuvre de fermeture sera suffisante à l'ouverture.

Chambre déversante à deux réservoirs.

Cette chambre est constituée par un tube en communication directe avec la galerie d'amenée et deux réservoirs extérieurs à ce tube, chacun étant en relation avec lui par un déversoir et un orifice de section réduite formant étranglement. Le trop-plein du tube est absorbé en totalité par les deux réservoirs. Toutes les hypothèses sont possibles quant aux sections horizontales respectives des deux réservoirs, à la longueur et à la cote des deux déversoirs. Pratiquement on se limitera au cas de deux réservoirs identiques en communication avec le tube par des orifices réduits de sections différentes (fig. 3).

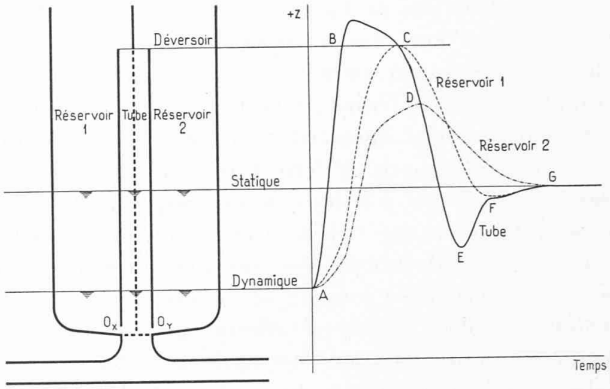

Fig. 3. — Chambre d'équilibre différentielle à amortissement immédiat. Chambre déversante à deux réservoirs.

On déduit, par analogie avec le cas précédent, le fonctionnement de ce type de chambre qui permet d'obtenir lui aussi l'amortissement immédiat. En ayant soin de prendre pour la somme des sections des deux réservoirs une quantité plus grande que celle nécessaire à la chambre à un réservoir, on obtiendra cet amortissement, après une manœuvre de fermeture, par un choix approprié de la cote des déversoirs et de la section de chacun des deux étranglements.

Chambre non déversante à un réservoir.

Cette chambre est constituée par un tube en communication directe avec la galerie d'amenée et en relation avec un réservoir adjacent par un orifice de section réduite formant étranglement. Ce type de chambre n'est signalé que pour mémoire. Comme il n'y a pas de déversoir, l'énergie doit être détruite au travers de l'étranglement seul ; la grande perte de charge nécessaire à cet effet ne peut être produite que par de grandes différences de niveau entre les deux parties de la chambre et ceci pendant toute la durée du régime transitoire. Il faudra donc prévoir un réservoir de grande section donnant lieu à des mouvements de faible amplitude et un tube de petite section donnant lieu à des mouvements de grande amplitude. Cette solution n'est pas à retenir car nous avons vu que du point de vue du coup de bélier d'onde, un tube de petite section n'était pas favorable.

Généralisation et classification.

D'une manière plus générale, on pourrait imaginer des chambres d'équilibre comportant un nombre quelconque de réservoirs reliés entre eux et au tube central par divers orifices et déversoirs. Mais ces chambres ne présentent pas d'intérêt pratique, sinon en quelques cas très particuliers, et nous n'en aborderons pas l'étude.

Dans un autre ordre d'idées, on pourrait envisager un amortissement non plus après la première oscillation, mais à la fin de la seconde ou d'une suivante ; la section de l'étranglement deviendrait plus petite et la montée de l'eau dans le tube plus faible. Là encore, une étude ne

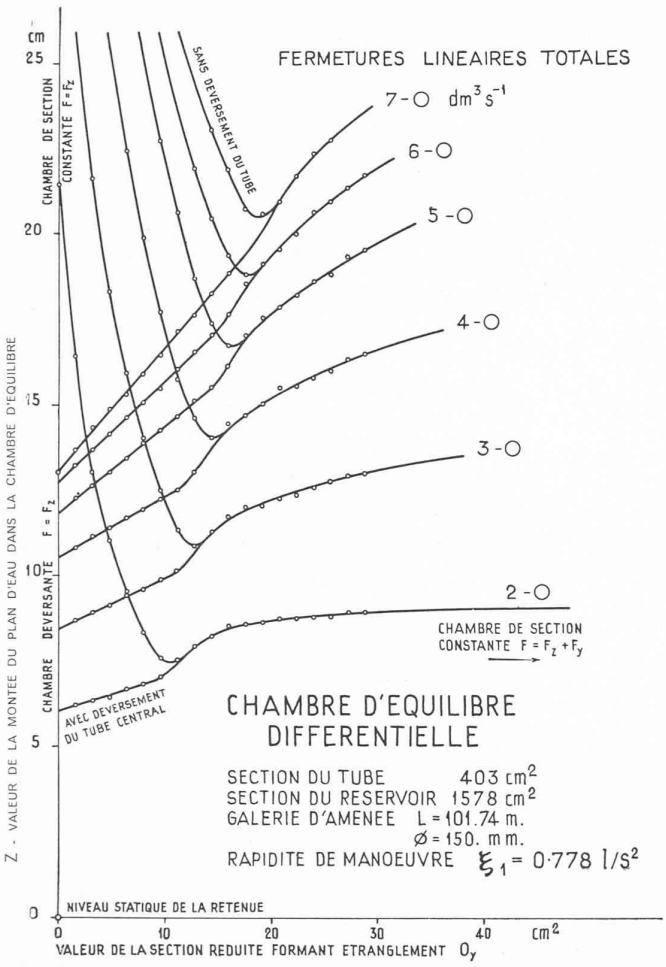

Fig. 4. — Relevé expérimental donnant, en fonction de la section de l'étranglement, la valeur de la montée du plan d'eau dans le tube d'une chambre d'équilibre différentielle, montée consécutive à une manœuvre de fermeture linéaire totale.

s'impose pas, car il est plus intéressant de réaliser l'amortissement après une unique oscillation.

Par contre, il est instructif d'examiner systématiquement, dans le cas d'une chambre différentielle à un seul réservoir, l'influence de l'orifice d'étranglement.

Considérons le cas particulier d'une chambre dont le tube a une section de 403 cm², le réservoir une section de 1578 cm², alimentée par une galerie de 101,74 m. de longueur et 150 mm. de diamètre (fig. 4).

Une manœuvre linéaire de fermeture totale, exécutée à une rapidité donnée correspondant par exemple à une diminution de débit de 2 dm³/sec. à zéro, donne lieu dans le tube à une montée du plan d'eau Z qui dépend de la section de l'orifice d'étranglement O_y. S'il n'y a pas déversement, la courbe $Z = f(O_y)$ relevée aux essais présente un minimum. Quand l'orifice O_y augmente, les points se placent, à droite du minimum, sur une branche à asymptote horizontale, la chambre se comportant à la limite comme une chambre à section constante égale à la somme du tube et du réservoir. A gauche du minimum, pour O_y décroissant, ils déterminent une branche de courbe fortement montante qui aboutit évidemment, pour O_y = zéro, à l'ordonnée Z correspondant à une chambre à section constante égale à celle du tube.

S'il y a déversement du tube dans le réservoir, la courbe est constamment descendante pour O_y décroissant, devient pratiquement une droite et donne, pour O_y = zéro, la valeur de Z correspondant à une chambre déversante simple de section égale à celle du tube. Le volume d'eau déversé est égal à la capacité du réservoir.

D'autres essais sur le même modèle, avec des manœuvres linéaires de fermeture totale, exécutées à la même vitesse, mais à partir de débits de 3, 4, 5, 6 et 7 dm³/sec. ont donné lieu à des courbes analogues (fig. 4).

Le fait que pour la chambre déversante les points s'alignent sur une droite est intéressant en ce sens qu'il suffit de faire deux expériences pour déterminer la montée du plan d'eau pour une valeur quelconque de l'étranglement. Les expériences ultérieures ont montré que les points correspondant à la chambre à amortissement immédiat et aux chambres qui donnent lieu à l'amortissement après deux ou plusieurs oscillations se plaçaient effectivement sur cette droite.

Précisons que dans toutes les expériences faites le réservoir était rempli à l'instant précis où le déversement du tube cessait. Cette condition correspond au volume minimum du réservoir. En effet, si le réservoir est rempli avant la fin du déversement, le tube n'est pas assez haut et le ralentissement des masses d'eau en mouvement peut être obtenu plus économiquement en le rehaussant Si par contre le réservoir n'est pas plein à la fin du déversement, le volume restant à remplir est de trop et la capacité du réservoir peut en être réduite d'autant.

Dans les chapitres qui suivent, et bien que les recherches aient porté également sur la chambre à deux réservoirs, nous nous occuperons exclusivement de *la chambre d'équilibre différentielle déversante à un réservoir*, parce que plus simple et plus économique. La chambre à deux réservoirs peut être appliquée si l'on désire garder une marge en vue d'une augmentation de puissance ultérieure ou si l'on envisage la transformation d'une chambre d'équilibre existante. *(A suivre.)*

Concours pour l'infirmerie de Lavaux.

Remarques.

Pour ce concours auquel seuls les architectes des districts de Lavaux, Lausanne et Vevey avaient le droit de s'inscrire, 78 concurrents ont présenté des projets ; cette participation très nombreuse montre l'intérêt que ce concours a suscité.

Le problème était simple. Sur un terrain de la commune de Cully, de forme rectangulaire, incliné vers le midi et bordé au nord par un chemin carrossable, il s'agissait d'étudier la construction d'un petit hôpital de 35 lits, qui devra comporter outre les salles de malades et leurs locaux accessoires un bloc opératoire et le logement du personnel.

Il était d'autant plus facile de présenter un bon projet que les règles qui déterminent l'orientation des pièces et leurs dimensions, les largeurs des dégagements, le groupement des locaux opératoires sont à peu près immuables et que plusieurs hôpitaux du même genre qui ont fait l'objet de concours ont été construits ces dernières années dans le canton de Vaud.