Réaction au point d'appui de cloches en mouvement

Autor(en): **Schneider, G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **63 (1937)**

Heft 15

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-48458

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

63e année — 17 juillet 1937 — N° 15

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. — Organe de publication de la Commission centrale pour la navigation du Rhin.

COMITÉ DE RÉDACTION. — Président : R. Neeser, ingénieur, à Genève. — Membres : *Fribourg :* MM. L. Hertling, architecte ; A. Rossier, ingénieur ; *Vaud :* MM. C. Butticaz, ingénieur ; E. Elskes, ingénieur ; Epitaux, architecte ; E. Jost, architecte ; A. Paris, ingénieur ; Ch. Thévenaz, architecte ; *Genève :* MM. L. Archinard, ingénieur ; J. Calame, ingénieur ; E. Odier, architecte ; Ch. Weibel, architecte ; *Neuchâtel :* MM. J. Béguin, architecte ; R. Guye, ingénieur ; A. Méan, ingénieur cantonal ; *Valais :* MM. J. Couchepin, ingénieur, à Martigny ; Haenny, ingénieur, à Sion.

Rédaction : H. Demierre, ingénieur, 11, Avenue des Mousquetaires, La Tour-de-Peilz.

ANNONCES
Le millimètre sur 1 colonne, largeur 47 mm :
20 centimes.
Rabais pour annonces répétées.
Tarif spécial pour fractions de pages.
Régie des annonces :
Annonces Suisses S. A.
8, Rue Centrale (Pl. Pépinet)
Lausanne

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE
A. Dommer, ingénieur, président ; G. Epitaux, architecte ; M. Imer ; A. Stucky, ingénieur.

SOMMAIRE : *Réaction au point d'appui de cloches en mouvement*, par M. G. Schneider, ingénieur, à Zurich. — *Concours pour les motifs de sculpture destinés au quai Turrettini, à Genève.* — *Calcul de la contraction causée par une vanne plane dans le cas d'un écoulement dénoyé*, par M. Carlos Fawer, ingénieur. — Nécrologie : *Louis Villard, père.* — Bibliographie. — Carnet des concours. — Nouveautés - Informations.

Réaction au point d'appui de cloches en mouvement

par G. SCHNEIDER, ingénieur, à Zurich.

Les fondations et la maçonnerie d'un clocher sont soumises à l'effet du poids propre de la tour, de la pression du vent et des forces résultant du mouvement des cloches. Ces sollicitations sont maximum lorsque la pression du vent et l'effort dû aux cloches agissent dans le même sens, et s'ajoutent au même moment.

Une cloche peut être considérée comme un pendule physique, pour lequel les réactions au point d'appui du joug auquel elle est suspendue peuvent être calculées au moyen des formules suivantes :

1. *Composante verticale :*

$$V = P\left[1 + \frac{me^2}{J}(3\cos^2\varphi - 2\cos\alpha\cdot\cos\varphi - 1)\right];$$

2. *Composante horizontale :*

$$H = P\cdot\frac{me^2}{J}\cdot(3\cos\varphi\cdot\sin\varphi - 2\cos\alpha\cdot\sin\varphi)$$

dans lesquelles

P = poids total de la cloche, avec son joug de suspension,
m = masse totale de la cloche, avec son joug de suspension,
e = distance entre le centre de gravité du système cloche-joug et l'axe horizontal d'appui du joug,
J = moment d'inertie des masses du système cloche-joug, rapporté à l'axe de suspension,
α = angle correspondant au battement maximum de la cloche,
φ = angle correspondant à l'oscillation momentanée considérée,
(φ varie de 0 à α). Voir *fig. 1.*

Ces équations ont été dérivées des équations fondamentales du pendule physique, telles qu'elles sont publiées dans les ouvrages relatifs à la mécanique, et que nous supposons connues.

On remarque que les deux équations 1) et 2) contiennent l'expression $\frac{me^2}{J}$, qui peut être transformée comme suit, puisque le moment d'inertie rapporté au centre de gravité (J_s) est lié à celui rapporté à l'axe de suspension (J) par la relation connue : $J = J_s + me^2$,

$$3)\qquad \frac{me^2}{J} = \frac{me^2}{J_s + me^2} = \frac{1}{\frac{J_s}{me^2} + 1}.$$

Du fait que, pour une cloche déterminée, les valeurs J_s et m sont des constantes, alors que e peut varier de 0 à une certaine valeur, résulte que l'expression $\frac{me^2}{J}$ peut prendre toutes les valeurs comprises entre 1 et 0.

En particulier, $J_s = 0$ pour le cas d'un pendule mathématique (point matériel suspendu à un fil de poids nul), de sorte qu'ici la valeur $\frac{me^2}{J}$ deviendrait égale à 1. (cas extrême).

Par contre, pour une cloche à suspension usuelle (h_i petit), la valeur $\frac{me^2}{J}$ varie entre 1 et 0,5 environ, alors que pour une suspension surélevée, pour laquelle la distance

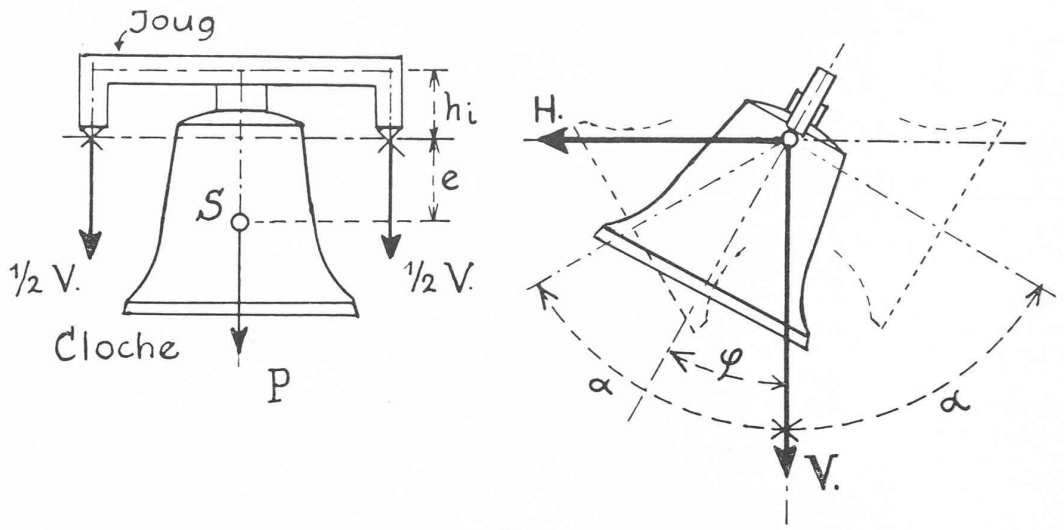

Fig. 1.

e entre le centre de gravité et l'axe d'appui est relativement petite (h_i grand), la valeur $\frac{me^2}{J}$ est comprise entre 0,5 et 0. La valeur exacte $\frac{me^2}{J}$ doit être calculée pour chaque cas particulier et pour chaque cloche individuellement.

Les valeurs de V et de H déduites des formules 1) et 2) ont été calculées et portées aux graphiques des fig. 2 et 3 pour des valeurs de l'angle α jusqu'à 90° à partir de la verticale. Le poids P de la cloche est pris comme unité, et les valeurs de V et de H sont données comme multiples de P.

L'emploi de ces graphiques ressort des exemples suivants :

Exemple 1. a) *Détermination de la composante V max*, qui intervient toujours, pour un angle α déterminé, lorsque φ = 0.

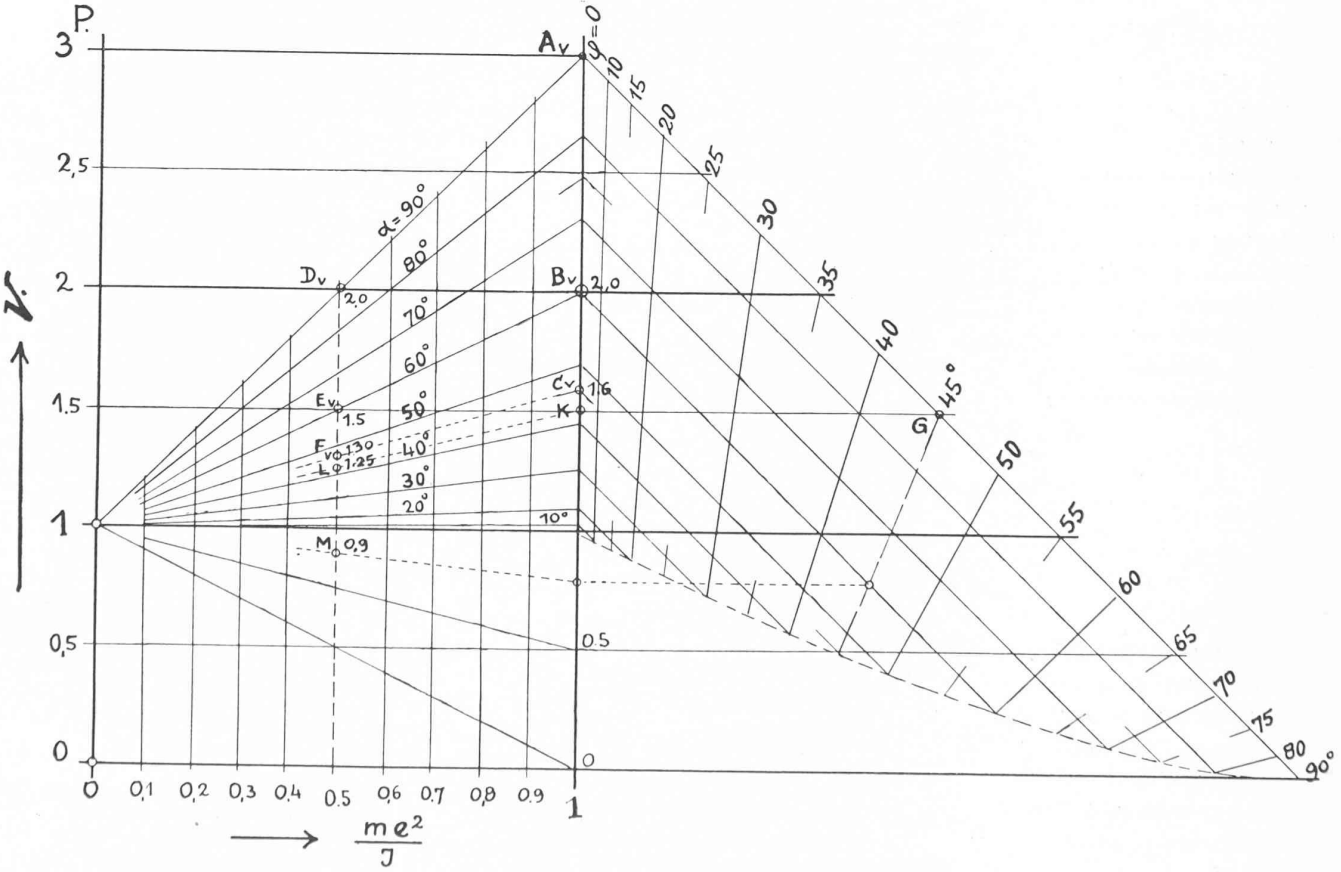

Fig. 2.

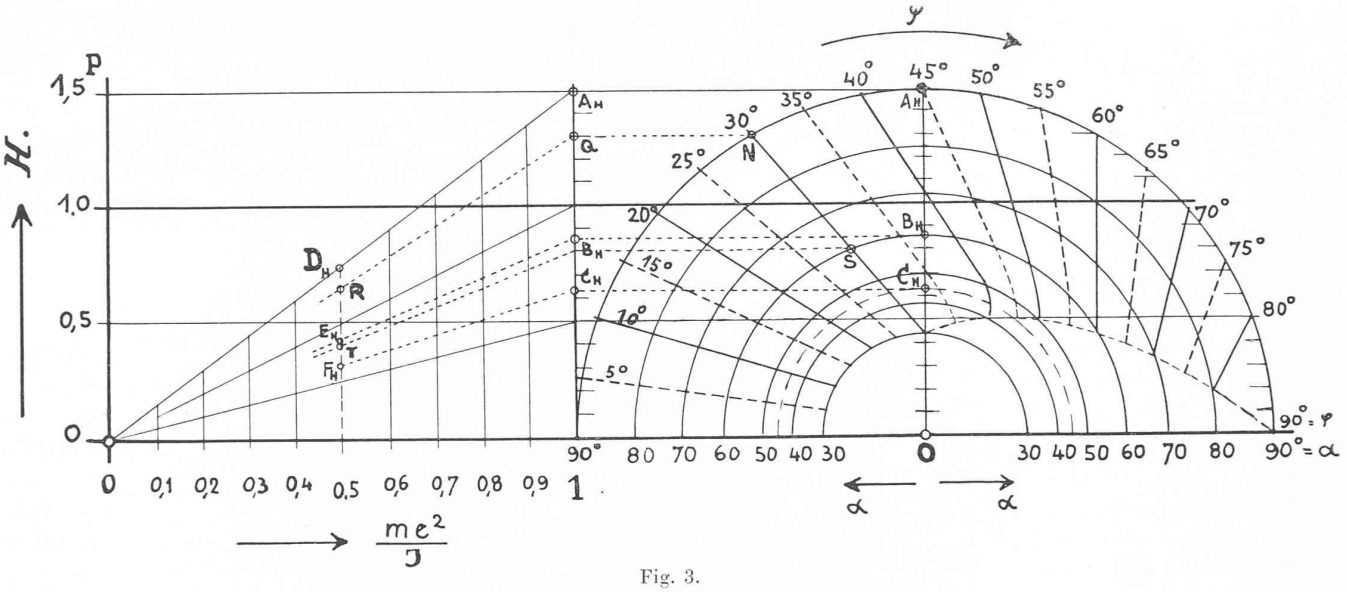

Fig. 3.

I. Pour le cas du *pendule mathématique* d'un poids P; $\frac{me^2}{J} = 1$:

Pour l'angle de battement $\alpha = 90^o$ V max $= 3P$ (Point A_v du graphique 2).
Pour l'angle de battement $\alpha = 60^o$ V max $= 2.0\ P$ (Point B_v du graphique).
Pour l'angle de battement $\alpha = 45^o$ V max $= 1,6\ P$ (Point C_v).

II. Pour une *cloche* de même poids P, mais pour laquelle l'expression $\frac{me^2}{J} = 0,5$, on aura pour V max :

Pour l'angle de battement $\alpha = 90^o$ V max $= 2,0\ P$ (Point D_v).
Pour l'angle de battement $\alpha = 60^o$ V max $= 1,5\ P$ (Point E_v).
Pour l'angle de battement $\alpha = 45^o$ V max $= 1,3\ P$ (Point F_v).

III. Pour le *calcul de l'échafaudage* supportant les cloches, il peut être intéressant de connaître la valeur de V pour un angle φ quelconque, compris entre 0 et α. La partie de droite du graphique permet de déterminer cette valeur de V selon l'exemple suivant : Pour la même cloche de poids P et d'un $\frac{me^2}{J} = 0,5$, cherchons la valeur de V pour un angle $\varphi = 45^o$.

Pour $\alpha = 90^o$ et $\varphi = 45^o$ on part du point A_v ($\alpha = 90^o$) en suivant en descendant la ligne inclinée supérieure jusqu'à $\varphi = 45^o$ (Point G) pour suivre l'horizontale jusqu'en K (point correspondant au pendule mathématique de poids P) et arriver au point L, pour lequel $V = 1,25 \cdot P$.

Pour $\alpha = 60^o$ on procéderait de même en partant du point B_v et l'on obtiendrait $V = 0,9 . P$. (Point M)

b) *Détermination de la composante H max* (graphique 3)

I. *Pendule mathématique d'un poids P* et de $\frac{me^2}{J} = 1$:

Pour l'angle de battement $\alpha = 90^o$ H max $= 1,5\ P \cdot$ (Point A_H) correspond à $\varphi = 45^o$
Pour l'angle de battement $\alpha = 60^o$ H max $= 0,85\ P \cdot$ (Point B_H) correspond à $\varphi = 37^o$
Pour l'angle de battement $\alpha = 45^o$ H max $= 0,63\ P \cdot$ (Point C_H) correspond à $\varphi = 33^o$.

II. Pour une *cloche* de même poids P et pour laquelle $\frac{me^2}{J} = 0,5$, on aura :

Pour l'angle de battement $\alpha = 90^o$ H max $= 0,75\ P \cdot$ (Point D_H) correspond à $\varphi = 45^o$.
Pour l'angle de battement $\alpha = 60^o$ H max $= 0,42\ P$ (Point E_H) correspond à $\varphi = 37^o$.
Pour l'angle de battement $\alpha = 45^o$ H max $= 0,31\ P$ (Point F_H) correspond à $\varphi = 33^o$.

Alors que pour la valeur de V, V max intervenait toujours pour $\varphi = 0^o$, on remarque que pour H, la valeur de H max intervient pour des φ différents selon la valeur de α.

III. On peut déterminer la valeur de H pour un angle φ quelconque compris entre 0 et α. — Pour la même cloche de poids P et d'un $\frac{me^2}{J} = 0,5$, on procéderait de la manière suivante :

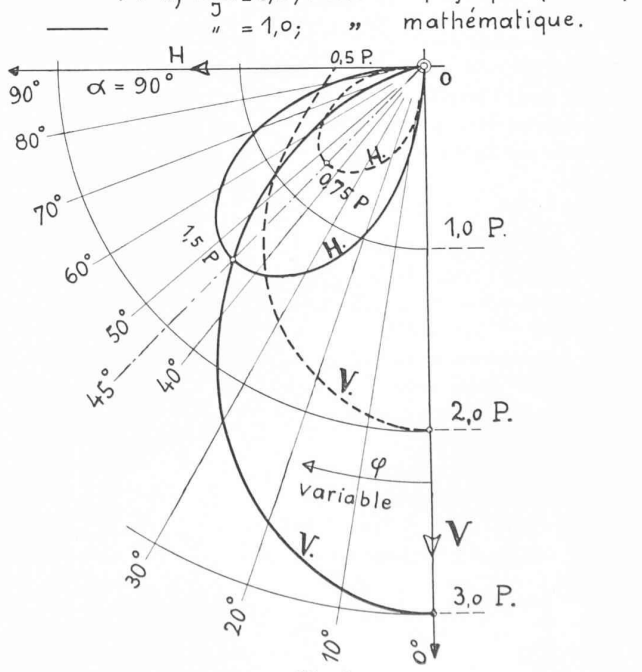

Fig 4.

Cherchons la valeur de H pour $\varphi = 30^o$.

Pour $\alpha = 90^o$: On suit le demi-cercle $\alpha = 90^o$ jusqu'au rayon $\varphi = 30^o$, soit donc jusqu'au point N, pour lequel on trouve $H = 1{,}3\ P$, valeur correspondant au pendule mathématique, et en suivant l'horizontale jusqu'en Q on aboutit le long de la ligne oblique descendant à gauche au point R pour lequel $H = 0{,}65\ P$.

Pour $\alpha = 60^o$, on procéderait de même en partant du point S et l'on obtiendrait $H = 0{,}4\ P$ (Point T).

La figure 4 représente, pour le cas de l'angle de battement maximum $\alpha = 90^o$, qui est en somme le cas extrême pour une cloche, les valeurs de V et de H, en fonction de l'angle φ. Cette même figure pourrait naturellement être tracée pour toutes les différentes valeurs de α. La figure 4 a, avant tout, pour but d'orienter le lecteur sur la manière dont varient V et H, pour un α déterminé.

Pour l'analyse de la stabilité d'un clocher il convient de relever que l'influence de V max est d'une importance relativement faible puisque V max n'atteint qu'une valeur de quelques pourcents seulement du poids du clocher lui-même.

Par contre, l'influence de la composante horizontale H max est beaucoup plus importante, ce qui rend désirable, sinon indispensable, une détermination aussi exacte que possible de la valeur de H max pour chacune des cloches installées à l'intérieur du clocher.

Concours pour les motifs de sculpture destinés au quai Turrettini, à Genève.

Etaient admis à prendre part à ce concours les sculpteurs domiciliés à Genève dès avant le 1er janvier 1930 ainsi que ceux de nationalité genevoise domiciliés hors du canton.

Il était mis à la disposition du jury une somme de Fr. 12 000.— Sur ce montant, il devait être prélevé Fr. 8000.— pour être répartis par le Jury aux meilleurs projets retenus. Le solde de Fr. 4000.— était mis à la disposition du jury pour l'attribution d'allocations aux auteurs de projets non retenus, et émanant de personnes plus particulièrement atteintes par la crise.

Conditions spéciales.

Les concurrents devaient indiquer le coût de leur projet, qui, compris tous frais accessoires, transport, mise en place, honoraires etc.., ne devait pas dépasser au total : Fr. 30 000.— par motif.

Les concurrents avaient toute latitude pour le choix de la pierre ; toutefois, celle-ci devra se rapprocher du granit comme teinte et comme grain (exemple : pierre de Samoëns etc.).

Les concurrents avaient aussi la plus entière liberté quant au choix des motifs sculpturaux, mais une très grande importance était attachée à leur échelle qui devait être proportionnée au parti architectural du quai.

(A suivre).

(Voir page 193).

Calcul de la contraction causée par une vanne plane dans le cas d'un écoulement dénoyé [1]

par M. Carlos FAWER, ingénieur [2].

Introduction.

Plusieurs auteurs ont étudié ce problème théoriquement et sont arrivés à des résultats différant les uns des autres. En outre, nous ne connaissons pas le degré d'approximation des quelques formules empiriques établies jusqu'ici.

Nous avons ainsi été amenés à reprendre l'étude théorique du problème et à juger ses conclusions sur la base d'expériences personnelles effectuées au *Laboratoire d'hydraulique de l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne.*

Les expériences font ressortir que le mouvement est *irrotationnel* [3] à de faibles pertes de charge près, attribuables essentiellement à la rugosité des parois. Nous négligerons ces pertes dans l'étude du mouvement lui-même et n'introduirons leur effet global que dans le calcul du débit.

L'attention sera surtout portée sur la valeur de la contraction que subit la veine par rapport à l'ouverture de la vanne.

Nous ferons d'abord un calcul hydraulique, application directe de notre équation plus générale des mouvements permanents à filets courbes dans un canal de section rectangulaire et de largeur constante.

La validité en étant, comme nous le verrons, limitée aux faibles inclinaisons de la vanne, nous le compléterons par une étude hydrodynamique, valable pour une inclinaison quelconque.

I. Estimation de la contraction au moyen d'un calcul hydraulique.

Admettons que dans une section quelconque d'une veine libre à filets courbes, la distribution des rayons de courbure soit donnée par la formule

$$\frac{1}{R_z} = \frac{1}{R}\left(\frac{z}{h}\right)^K$$

expression valable lorsque le radier est horizontal et dans laquelle

[1] L'écoulement est du type dénoyé lorsque immédiatement à l'aval de la vanne le régime est nettement torrentiel, sans qu'aucun tourbillon vienne se superposer à la veine liquide principale. Si tel est le cas les conditions d'écoulement d'aval n'ont aucune influence sur l'écoulement à l'amont de la vanne.

[2] Cet article est la reproduction de la dernière partie d'une thèse présentée avec succès par M. Fawer à l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne, pour l'obtention du grade de docteur ès sciences techniques. Cette étude a été poursuivie au Laboratoire d'hydraulique de l'Ecole d'ingénieurs, sous la direction de M. le professeur A. Stucky. (Réd.)

[3] Le mouvement est dit *irrotationnel* s'il n'y a point d'échange d'énergie avec l'extérieur, la vitesse dérive alors d'un potentiel.