

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 52 (1926)
Heft: 20

Artikel: La méthode Gibson pour la mesure du débit d'une conduite forcée
Autor: Salgat, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-40316>

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: 09.01.2026

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

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : Dr H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN

ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *La méthode Gibson pour la mesure du débit d'une conduite forcée*, par F. SALGAT, ingénieur aux « Ateliers des Charmilles S. A. », à Genève (suite). — *Turbine auto-régulatrice, système Crozet-Fourneyron*. — *Concours d'idées en vue de l'édification d'une salle de réunion, à Chêne-Bougeries*. — *La surveillance de la réfrigération des transformateurs électriques*, par M. SCHENK, ingénieur, à Lausanne. — *Normalisation des lampes à incandescence*. — **SOCIÉTÉS** : *Assemblée de l'Association Suisse d'Hygiène et de Technique urbaines*. — **BIBLIOGRAPHIE**. — **Service de placement**.

La méthode Gibson

pour la mesure du débit d'une conduite forcée,

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

(Suite).¹

Utilisation du graphique.

23. — N. B. — Dans ce qui suit, nous nous référons aux graphiques fournis par l'appareil Gibson.

La figure 6 représente la pellicule photographique développée et fixée, la figure 7 montre la même pellicule après mise au point. En A et F sont enregistrées les pressions avant et après la décharge. Les lignes E et E₁ sont tracées par les raies L et M du tube D. Les lignes verticales proviennent du fil du pendule passant devant l'objectif ; leur écartement représente une seconde ; mais comme il peut varier légèrement du fait d'un faible décentrement du pendule, il sera préférable de compter les écarts de deux en deux lignes, ils correspondent alors chacun à deux secondes.

24. — Pour les deux premières méthodes considérées, nous avons vu qu'il est nécessaire de connaître exactement la position, sur le graphique, de la fin de la manœuvre de fermeture ; pour la troisième, une détermination approximative suffit.

A cet effet, on utilisera le dispositif K qui devra être minutieusement réglé pour que son indication soit bien exacte.

Pour le graphique de la figure 6, la durée de manœuvre n'a pas été enregistrée au moyen de ce dispositif K. On pourra cependant trouver la position de la fin de la manœuvre en remarquant que dès celle-ci commence la courbe d'oscillation propre du manomètre autour de la ligne FM. Le point de départ sera d'autant mieux marqué que la fin de la fermeture aura été plus brusque. C'est cette courbe d'oscillation qui permettra de déterminer le moment de la fermeture complète, car alors on a un maximum de la courbe.

Du fait de l'amortissement, les maxima ne sont pas situés au quart d'une période, mais un peu avant.

Ce décalage dépend de l'amortissement. M. Gibson propose, pour calculer la position de ces maxima, et partant du moment de la fermeture complète, l'application du graphique figure 8.

25. — Lorsque le dispositif K sera utilisé pour indiquer le début et la fin de la fermeture, il faudra se souvenir que le graphique commencera et finira $\frac{x}{a}$ secondes plus tard, x étant la distance de l'appareil à l'organe obturateur, distance mesurée sur l'axe de la conduite.

26. — *Tracé sur le graphique de la ligne Y_o*. — Il faut ensuite déterminer la ligne Y_o limitant le graphique vers le bas. Pour cela remarquons que la différence des pressions en A et F représente la somme de la perte de charge et de la hauteur représentative de la vitesse $\frac{V^2}{2g}$.

La perte de charge est usuellement exprimée par $c \frac{V^2}{2g}$ (nous rappelons que cette forme vient d'être confirmée par les travaux de M. le Dr Strickler¹), c étant une constante pour une conduite considérée.

A un instant quelconque t on a donc (voir figure 9) :

$$h = \frac{V^2}{2g} (c + 1)$$

et au début et à la fin de la manœuvre on a respectivement :

$$h_o = \frac{V_o^2}{2g} (c + 1) \quad \text{et} \quad h_T = \frac{v^2}{2g} (c + 1)$$

en posant $B = h_o - h_T$ nous avons :

$$\frac{c + 1}{2g} = \frac{B}{V_o^2 - v^2}$$

Mais pour tracer la ligne Y_o il faut que nous connaissons les valeurs $b = h - h_T$. On a :

$$b = \frac{V^2 - v^2}{V_o^2 - v^2} B \quad (10)$$

¹ Voir *Bulletin technique* du 11 septembre 1926, page 230.

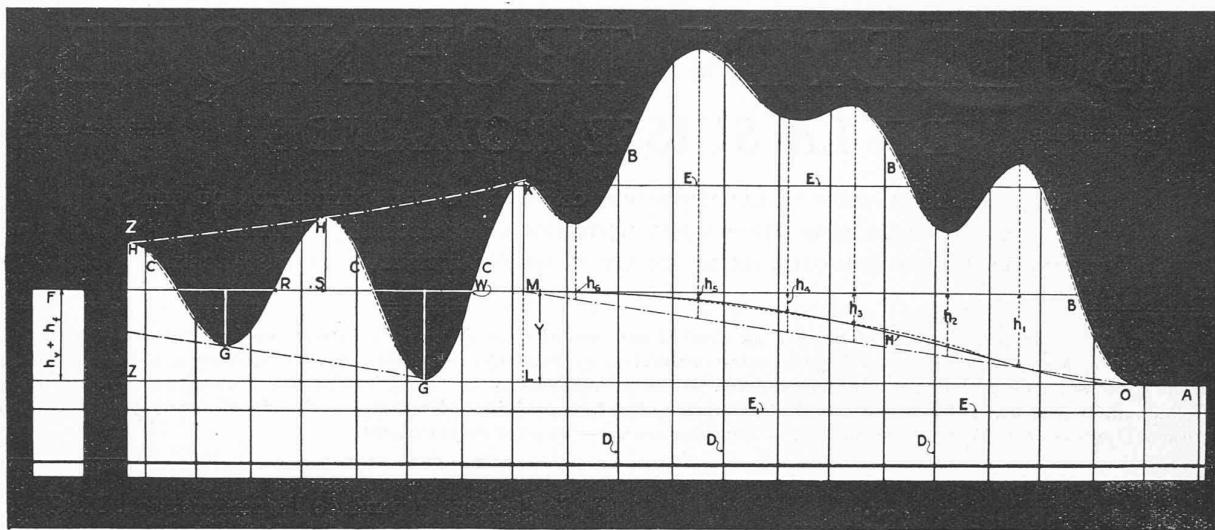


Fig. 7. — Graphique fourni par l'appareil Gibson après mise au point.

En remplaçant $V - \varphi$ et $V_o - \varphi$ par leur valeur selon la formule 1 on a :

$$b = \frac{\frac{g}{L} s_{T-t}^2 + 2\varphi s_{T-t}}{\frac{g}{L} s_T^2 + 2\varphi s_{T-t}} \quad (11)$$

Dans la généralité des cas φ^2 est négligeable vis-à-vis de V_o^2 et des grandes valeurs de V^2 (donc dans la première partie de la fermeture), aussi peut-on poser

$$b \cong \frac{(V - \varphi)^2}{(V_o - \varphi)^2} B$$

soit $b \cong \frac{(s_T - s_t)^2}{s_T^2} = 1 - 2 \frac{s_t}{s_T} + \left(\frac{s_t}{s_T}\right)^2$

d'où :

$$b = B \left(1 - \frac{s_t}{s_T}\right)^2 \quad (12)$$

C'est l'expression même que donne M. Gibson sans la développer. M. K. Pantell¹ l'a critiquée prétendant que la parenthèse était fausse et devait être remplacée par $1 - \left(\frac{s_t}{s_T}\right)^2$, expression conduisant d'après lui à une valeur du débit plus grande de 7 % pour les turbines de Niagara 3, ce qui est inexact. En raison de cette contradiction et ayant reconnu l'exactitude de la formule 12, nous avons tenu à en faire ici la démonstration.

En remarquant que $s_T - s_t = s_{T-t}$, on pourra simplifier la formule 11 et avoir :

$$b = \frac{B}{s_T^2} s_{T-t}^2 \quad (13)$$

où $\frac{B}{s_T^2}$ est une constante pour un même diagramme, on étudie ainsi l'obligation de faire le rapport $\frac{s_t}{s_T}$ pour chaque point.

Pour déterminer la ligne Y_o , on la tracera préalablement au jugé, puis on la corrigera par l'application d'une des formules 11, 12 ou 13.

27. — Afin de connaître la valeur relative des formules 10 à 12, nous avons tracé la courbe $\frac{V^2}{2g} (c + 1)$ et l'avons comparée aux courbes que donneraient les formules 11 et 12 (ou 13). Pour la formule 11, l'erreur provient uniquement de ce qu'elle utilise la méthode Gibson, elle sera naturellement très faible; elle est bien inférieure à 0,02 %. L'erreur commise en appliquant les formules 11 ou 12, quoiqu'un peu

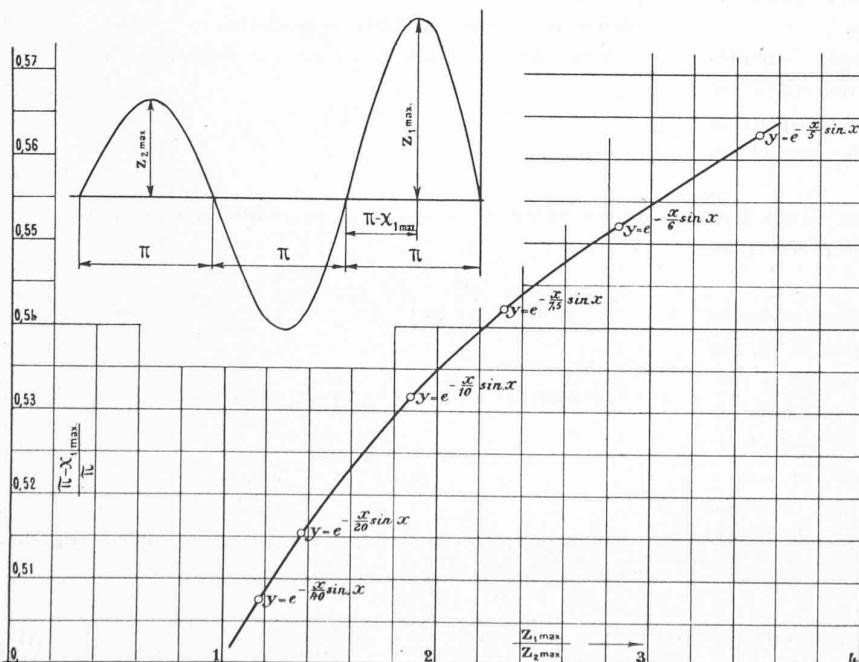


Fig. 8. — Courbe auxiliaire pour la détermination, sur le graphique, de l'endroit de fermeture complète,

¹ Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1924, N° 15.

plus grande, est absolument négligeable puisqu'elle est inférieure à 0,06 %. On peut donc appliquer les formules 12 ou 13, sans erreur appréciable, toutes les fois que ν est relativement faible.

28. — *Détermination de ν .* — Nous avons déjà dit qu'après la fermeture une certaine vitesse ν pouvait subsister soit du fait des fuites de l'organe de fermeture, soit du fait de l'alimentation d'une autre machine par la même conduite.

Pour des essais précis, il est préférable d'éviter ce

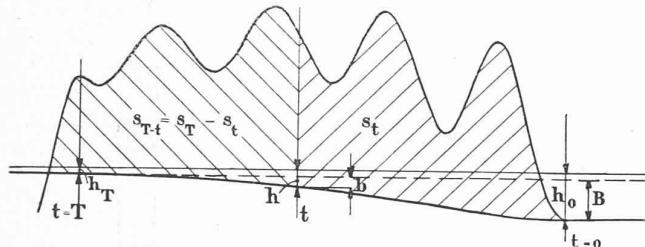


Fig. 9.

dernier cas, surtout s'il impose une vitesse ν relativement grande.

Si ν est dû aux fuites, sa grandeur dépendra du genre et de l'état de l'organe obturateur. Pour des vannes autoclaves neuves et des distributeurs neufs de turbines Pelton ν sera insignifiant. Mais pour des vannes à papillon ou des distributeurs modernes de turbines Francis, il pourra atteindre 2 % à 3 % de la vitesse correspondant au débit maximum (en supposant que ces organes ne présentent pas grande usure).

La détermination de cette vitesse se fera une seule fois pour tous les essais faits à une même époque. On pourra utiliser tel moyen que permettront les dispositions locales.

Si la conduite présente une partie rectiligne de section constante, on pourra procéder comme suit :

29. — La vanne d'amont étant hermétiquement fermée, on laisse la conduite se vider par la section d'écoulement permettant la vitesse ν . On mesure le temps τ mis par le niveau pour descendre de H_0 à H_T (voir figure 9). On a :

$$\nu = \frac{\omega}{S} m \sqrt{2gY_T} = - \frac{\sqrt{Y_T}}{\sin \alpha} \frac{1}{\sqrt{H}} \frac{dH}{dt}$$

d'où l'on tire :

$$\nu = 2 \frac{\sqrt{Y_T}}{\tau \sin \alpha} (\sqrt{H_0} - \sqrt{H_T}) \quad (14)$$

30. — Mais pour cet essai il faut que la vanne placée à l'amont de la conduite soit parfaitement étanche ou que les fuites qu'elle permettrait soient évacuées et ne viennent pas remplir la conduite.

Si le contraire avait lieu, ces fuites tendraient à remplir la conduite, ou tout au moins à augmenter le temps mis par le niveau pour passer de H_0 à H_T on aura en posant :

$$(\omega m \sqrt{2gH} - q) dt = \frac{-dH}{\sin \alpha} S$$

qui donne :

$$\frac{A^2 \tau}{2S} \sin \alpha = A (\sqrt{H_0} - \sqrt{H_T}) + q \ln \frac{A \sqrt{H_0} - q}{A \sqrt{H_T} - q}$$

On calcule A par tâtonnements et on a :

$$\nu = \frac{A}{S} \sqrt{Y_T} \quad (15)$$

31. — Ces moyens de mesurer ν sont applicables directement dans le cas d'installation avec turbines à action seulement. Dans les installations avec turbines à réaction, il faut tenir compte de l'influence de l'aspiration et de la rotation de la roue de turbine. On fera donc autant que possible, les mesures avec les mêmes conditions de fonctionnement que celles qui existaient lors de la mesure de $V_0 - \nu$, c'est-à-dire avec la même aspiration et avec une vitesse correspondant sensiblement à celle que le groupe avait lors des essais ; cette vitesse pourrait avoir la valeur approximative suivante :

$$r' \cong \frac{r}{\sqrt{Y_T}} \frac{\sqrt{H_0} - \sqrt{H_T}}{2}$$

32. — *Corrections diverses.* — Dans le calcul de la surface du graphique à introduire dans les formules, il faudra, le cas échéant, tenir compte des irrégularités des sections des parties des tubes D et P dans lesquelles les niveaux du mercure se déplacent. On aura déterminé préalablement le coefficient de correction des tubes employés.

Pour que le graphique soit bien exact, il faudrait que

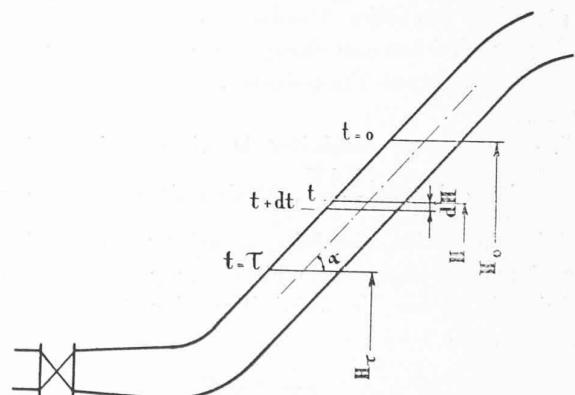


Fig. 10.

l'ouverture G soit infiniment étroite ; comme celle-ci a une largeur réelle, la surface est légèrement trop grande, il faut donc la diminuer conformément au tracé en pointillé de la figure 7, ce qui revient à la diminuer d'une valeur égale à la largeur de l'ouverture G multipliée par la somme des hauteurs verticales entre chaque minimum et le maximum suivant.

Si on utilise un tirage photographique de la pellicule, il faudra tenir compte du retrait éventuel du papier.

Enfin, il ne faut pas négliger les variations possibles du niveau d'amont. A cet effet, on les enregistrera au moyen de l'appareil de la figure 11, par exemple, dont le fonctionnement est évident. A l'aide de ses indications, on tracera la ligne Y_o sur le graphique donné par l'appareil Gibson.

33. — *Echelles.* — La surface s_T à introduire dans les diverses formules est celle que l'on mesure sur le graphique, multipliée après correction, par les échelles des abscisses et des ordonnées. Il a déjà été dit que la première de ces échelles est donnée très simplement par l'écartement des lignes verticales dues au pendule, et la seconde par l'écartement des lignes E et E_1 dues aux raies L et M du tube D . Pour déterminer l'échelle des ordonnées, il faut connaître le rapport qu'il y a entre les surpressions y et les déplacements δ du niveau du mercure dans le tube D . Ce rapport est le suivant :

$$\frac{y}{s} = \left(1 + \frac{\varphi}{\sigma}\right) \gamma_{Hg} - 1$$

Remarque sur les conduites à caractéristique variable.

34. — On nomme ainsi les conduites composées de tronçons dont les vitesses a sont différentes.

On a remarqué que, dans ces conduites, μ avait une valeur apparente différente de la valeur théorique. Cependant on peut en mesurer la vraie valeur par la dépression brusque ainsi qu'il est dit dans la note du paragraphe 3.

Au point de vue de notre sujet, on peut dire que les résultats des mesures sont les mêmes pour une conduite à caractéristique unique que pour une conduite à caractéristiques variables. En effet, comme le procédé Gibson est basé sur l'impulsion de l'eau, ce ne sont pas les réflexions partielles d'ondes aux points de jonction des tronçons qui peuvent changer la surface du graphique, surface représentant l'impulsion au moment de la fermeture.

35. — Avec ces conduites la vitesse V représente l'expression suivante $\frac{\Sigma l V}{L}$. Il s'ensuit que, pour une conduite de section circulaire, le débit n'est pas égal à la section multipliée par la vitesse moyenne ; pour une conduite de section circulaire, il est donné par l'expression suivante :

$$Q = LV_o \frac{\pi}{4} \sum \frac{d^2}{l}$$

Manière d'effectuer les essais par le procédé Gibson.

36. — Dans le cas d'une turbine hydraulique, on procédera aux opérations suivantes :

- mesure soignée des dimensions intérieures de la conduite ;
- installation des appareils de mesure, soit : appareil Gibson, enregistreur du niveau d'amont (ou limnimètre si c'est suffisant), limnimètre d'aval, manomètre monté sur la bâche de la turbine, appareils

de mesure de la puissance développée et enfin dispositif de signalisation permettant à l'ingénieur dirigeant l'essai de donner des ordres à ses aides placés auprès des divers appareils ;

- détermination de v ;
- relevé des indications du manomètre et des limnimètres ;

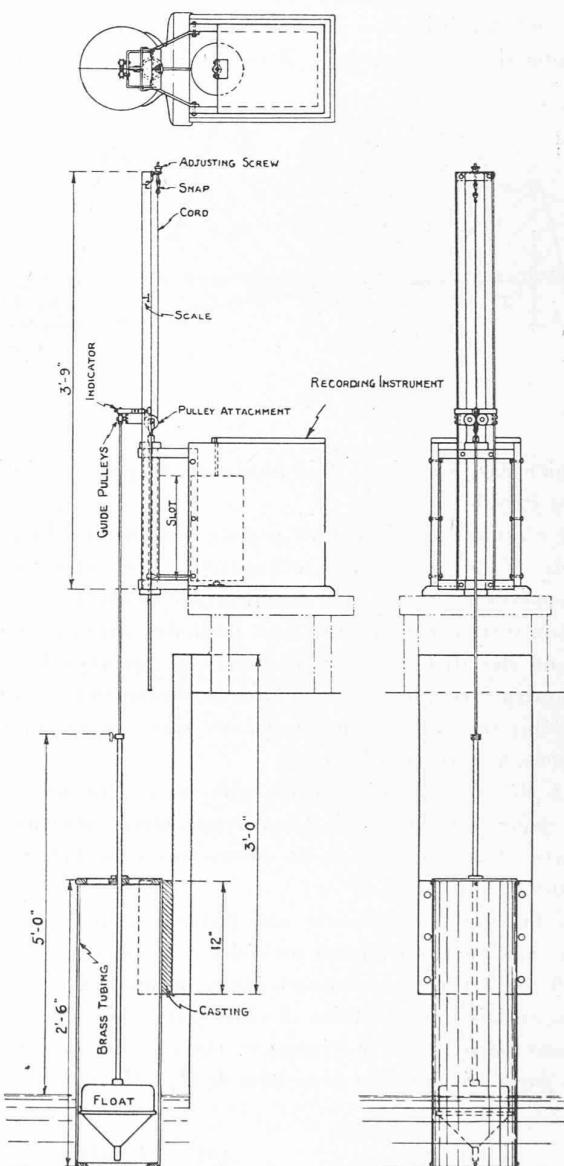


Fig. 11. — Appareil enregistreur des variations du niveau d'amont.

- enregistrement d'un graphique ;
- mise au point du graphique selon les indications des paragraphes 23 et suivants ;
- détermination de V_o et partant du débit avant la fermeture ;
- calcul de la puissance développée par la turbine puis détermination du rendement.

L'opération a) est à effectuer une seule fois pour une conduite et les deux suivantes b) et c) une fois pour une série d'essais, mais les cinq autres doivent être répétées autant

de fois qu'il y a d'essais. Cependant, les deux dernières seront effectuées ultérieurement au bureau.

37. — Dans la pratique, il s'agit presque exclusivement d'essayer des groupes hydro-électriques à courant alternatif.

Si donc l'alternateur marche en parallèle avec d'autres machines, celles-ci prendront sa charge au moment de la fermeture de l'organe obturateur. Il faudra naturellement que les turbines de ces autres groupes ne soient pas alimentées par la même conduite que la turbine essayée. On a alors le grand avantage de pouvoir laisser le groupe branché sur le réseau, et cela à peu près sans perte de puissance.

Par contre, si l'alternateur ne marche pas en parallèle avec d'autres unités, il faut, pour les essais, le faire travailler à puissance perdue sur des résistances. Lors de la fermeture le groupe s'arrêtera. On peut aussi dans ce cas décharger complètement l'alternateur, le distributeur de la turbine sera alors fermé par le régulateur automatique de vitesse, cette fermeture n'allant que jusqu'au point correspondant à la marche à vide.

38. — Pour la détermination du débit au moyen d'un graphique fourni par l'appareil Gibson, on peut appliquer la formule suivante :

$$Q = \frac{K s_T}{M W} + v S$$

où nous rappelons que :

$$K = \frac{g}{u} = \text{constante de l'appareil.}$$

u = hauteur sur le graphique, correspondant à un mètre de pression d'eau ;

M = écartement de deux traits verticaux du graphique, correspondant à une seconde ;

$W = \frac{L}{S}$ ou, pour une conduite à caractéristique variable $\Sigma \frac{l^{(z)}}{S^{(z)}}$.

(A suivre.)

ERRATA

du texte paru dans le
Bulletin technique du
28 août 1926.

Page 214, paragraphe 4, ligne 6 : ...l'accélération moyenne... au lieu de: ...la variation d'accélération moyenne...

Page 214, paragraphe 4: remplacer le dernier alinéa par: Introduisons ces valeurs dans la relation: force = masse \times accélération et sommes entre le premier et le N° terme; on obtient ainsi

l'impulsion de l'eau, au premier membre. En simplifiant on a :

$$\sum_o^N \frac{y_{n-1} + y_n}{2} \frac{2L}{a} = \sum_o^N \frac{L}{g} (V_{n-1} - V_n).$$

Page 216, colonne 2, ligne 6: ...abscisse $x \neq o \dots$ au lieu de ...abscisse $\neq \dots$

Page 217, formule 6: dans le premier membre, remplacer y par F .

Turbine auto-régulatrice système Crozet-Fourneyron.¹

Ce système de turbine hydraulique, décrit brièvement ci-dessous, est doté de plusieurs caractéristiques qui le rendent particulièrement propre à l'équipement rationnel et économique des petites entreprises, scieries, moulins, tissages, filatures, etc. En effet, le distributeur est fixe; le réglage, direct, est simple, automatique ou à commande à la main; il n'y a ni servomoteurs, ni pompes; l'encombrement est restreint; le service peut être confié à un personnel non « qualifié » et au besoin, la turbine Crozet-Fourneyron, grâce à l'automatique du réglage, peut être abandonnée à elle-même à une grande distance de toute habitation.

Type pour transmission par courroie. (Fig. 1.)

La roue motrice de la turbine porte un prolongement obturateur en forme de tiroir cylindrique T claveté sur l'arbre A . Un volant-poulie P et un manchon M sont aussi calés sur cet arbre. Roue motrice, tiroir, volant-poulie et manchon tournent avec l'arbre et participent aussi à ses déplacements longitudinaux qui, suivant leur sens provoquent, par le moyen du tiroir T , la fermeture ou l'ouverture, partielles ou totales, de l'admission de

¹ Licenciés : Ateliers de constructions mécaniques de Vevey, S. A.

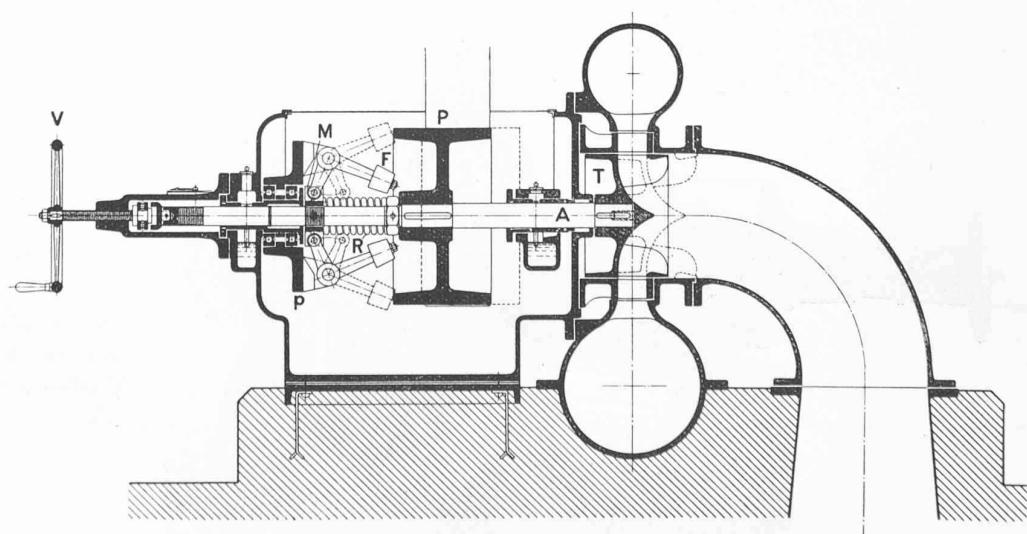


Fig. 1. — Turbine auto-régulatrice, système Crozet-Fourneyron (transmission par courroie).