

# La méthode Gibson pour la mesure du débit d'une conduite forcée

Autor(en): **Sagat, F.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **52 (1926)**

Heft 19

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-40315>

## **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.

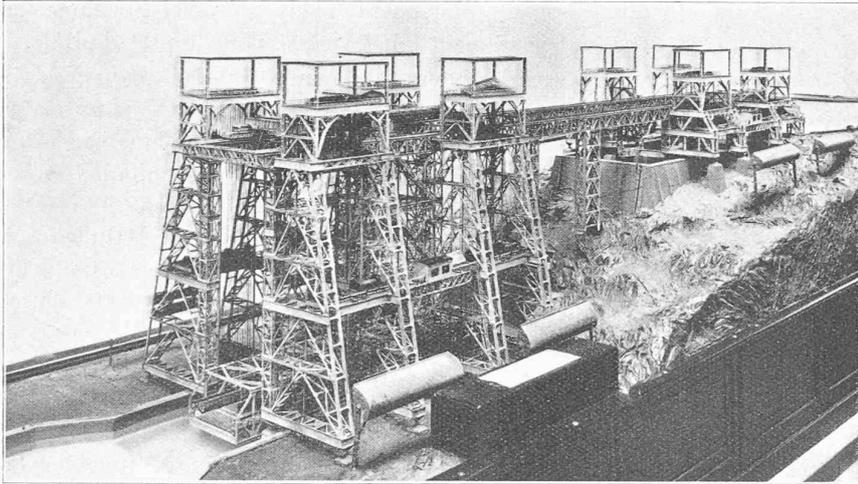


Fig. 5. — Maquette, au 1 : 50, d'un projet d'élevateur à bateaux à Niederfinow, avec transport à sec. Le châssis grillagé est arrêté à l'extrémité inférieure. Derrière l'ascenseur, le pont métallique où roule la grue transportant le chaland de l'extrémité supérieure jusqu'au bief amont.

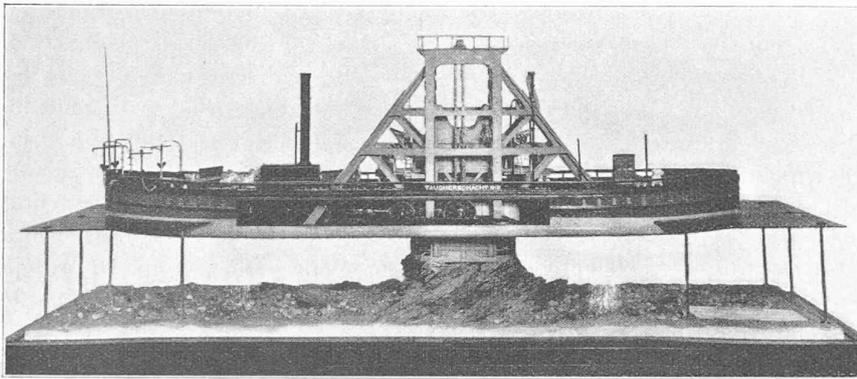


Fig. 6. — Maquette d'un bateau muni d'une cloche à plongeur.

4500 ch. Sur le Danube on construit actuellement le barrage de Kachlet, avec double écluse, destiné à rendre navigable le tronçon difficile, de 20 km., en amont de Passau. L'usine de Kachlet développera 56 000 ch. Un modèle à grande échelle de cette installation a été exposé.

Le réseau des canaux de l'ouest (Rhin-Herne, Dortmund-Ems) est surtout intéressant par les ouvrages d'art. Citons le croisement du canal Ems-Hanovre avec la Weser et l'écluse de Anderten. La Weser, l'Elbe et l'Oder sont plus sommairement représentés, et presque exclusivement par des plans de situation. Notons ici encore l'absence de dessins techniques détaillés, tels par exemple, des profils en long ou des coupes types de canaux, qui ne manqueraient pas d'intéresser les techniciens qui considèrent la navigation non seulement au point de vue économique, mais aussi à celui de la construction.

Le réseau navigable entre l'Elbe et l'Oder est surtout illustré par la quadruple écluse et l'élevateur à bateaux de Niederfinow, sur le canal de Hohenzollern près de Berlin, établis pour franchir une dénivellation de 36 m.

Nous reproduisons à la figure 3 une vue de la très belle maquette de cet élévateur qui sera construit par les *Ardeltwerke G. m. b. H., Eberswalde*. Les terrassements viennent d'être entrepris, et les travaux dureront jusqu'en 1932. L'élevateur, du type avec mouillage (*Wasserröderung*) fera franchir aux chalands, chargement compris, la dénivellation de 36 mètres qui sépare les deux biefs. Le bateau pénètre, à l'extrémité d'un bief, dans un bassin mobile verticalement et actionné par un système de treuils et câbles. Ce bassin est muni, à l'avant et à l'arrière, de portes transversales, étanches, de même que les extrémités des deux biefs. Une fois le bassin, avec l'eau et le bateau qui y flotte, arrivés à l'autre étage, on ouvre les portes et le bateau poursuit sa route.

A titre de comparaison, nous donnons aux fig. 4 et 5 la reproduction d'une autre maquette d'élevateur exposée dans la halle IV, par la Maison *Klönne, Dortmund*, qui avait aussi été projeté pour Niederfinow.

Il s'agit ici d'un élévateur avec transport à sec (*Trockenförderung*). Le bateau prend place sur un châssis grillagé; en s'élevant, le châssis laisse l'eau s'écouler, ce qui évite le transport de ce poids mort. Par contre, à l'extrémité supérieure, le chaland ne peut pas pénétrer directement dans le bief amont, mais doit être soulevé au moyen d'une grue roulante qui le transporte dans le canal.

L'Exposition contient en outre un grand nombre de bateaux de tous genres. La figure 6 représente la maquette d'un bateau muni en son milieu d'une cloche à plongeur, suspendue à un échafaudage métallique, qui peut être descendue jusqu'au fond de l'eau. Dans la cloche, remplie d'air comprimé, un certain nombre d'ouvriers peuvent prendre place pour exécuter des travaux dans le lit de la rivière. Ces travaux consistent surtout à régler le profil navigable en faisant sauter les récifs, à rechercher et à écarter divers autres obstacles, tels que ancres perdues, etc.

## 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).<sup>1</sup>

Méthode générale.

15. — On obtient une méthode tout à fait générale en appliquant les expressions 7) à la seconde équation

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* du 31 août 1926, page 213.

de 4). On a, alors, en considérant la durée complète de fermeture  $T$  :

$$V_o - v = \frac{g}{a} \left( 2 \sum_{y_1}^{y_{T-\mu}} y + y_{\frac{T}{\mu}} \right) \quad (8)$$

Il faut donc, dans ce cas, diviser le graphique en intervalles de durée  $\mu$ , le dernier finissant à l'ordonnée d'abscisse  $\frac{T}{\mu}$ , et mesurer les surpressions  $y$  sur chacune des lignes ainsi obtenues.

Cette méthode est applicable à tout graphique, quel que soit le raccordement des éléments de la courbe de vitesse au début et à la fin de la fermeture. Elle n'exige pas le planimétrage du graphique.

Pour un assez petit nombre d'intervalles, elle paraît pratique, mais lorsque ce nombre est élevé, la mesure des valeurs  $y_1, y_2, \dots$  peut être fastidieuse.

La formule 8 a été indiquée déjà en 1921. par M. K. I. Karlsson<sup>1</sup>. Celui-ci la transforme comme suit pour aboutir à la formule de la méthode Gibson.

On multiplie chacune des valeurs de  $y$  par  $\mu$ ; alors, si la valeur de  $\frac{T}{\mu}$  est assez grande, la parenthèse est sensiblement égale à  $\frac{2s_T}{\mu}$ ; en simplifiant, on obtient la formule 1.

#### Autre méthode.

16. — Les méthodes étudiées plus haut exigent la détermination exacte de l'abscisse  $\frac{T}{\mu}$ ; en outre, dans la méthode générale, il faut connaître la valeur exacte de  $a$ .

Pour éviter ces obligations auxquelles il n'est pas toujours aisé de se conformer, nous avons établi la méthode suivante, soumise seulement aux conditions énoncées au paragraphe 10<sup>2</sup>. Elle exige en plus l'obtention d'un graphique donnant fidèlement la courbe de surpression (nous verrons plus loin que ce n'est pas le cas de la méthode Gibson).

Après la fermeture complète, le phénomène hydrodynamique se réduit généralement à une oscillation périodique de durée  $2\mu$ ; en cas de fermeture complète l'eau entre et sort alternativement dans le tuyau en une pulsation rythmique de période  $2\mu$  également. Cette oscillation périodique s'amortit progressivement. Cependant cet amortissement est très lent car les vitesses de l'eau et les résistances sont faibles (nous rappelons que nous ne considérons que des conduites industrielles). Nous pouvons donc négliger l'amortissement dans la première période complète suivant la fermeture.

17. — Appliquons la seconde équation de 4). En

<sup>1</sup> Schweizerische Bauzeitung, t. LXXVIII, 22 oct. 1921.

<sup>2</sup> Il y a lieu de bien remarquer que les méthodes précédentes ne sont pas obligatoirement soumises aux conditions de ce paragraphe 10.

multipliant chaque membre par  $dt$  et en intégrant entre  $i$  et  $k$  (voir figure 1) on a :

$$\int_{t=i\mu}^{t=k\mu} (V_o - V) dt = \frac{g}{a} \left( 2 \int_{t=i\mu}^{t=j\mu} F dt + \int_{t=(i-1)\mu}^{t=i\mu} F dt + \int_{t=j\mu}^{t=k\mu} F dt \right)$$

Mais comme nous considérons la partie du phénomène suivant la fermeture, nous avons :

$$\int_{t=i\mu}^{t=k\mu} (V_o - V) dt = (V_o - V) 2\mu$$

c'est-à-dire d'après 5) et pour  $v = 0$  (cas théoriquement sans amortissement)

$$V_o = \frac{1}{4} \frac{g}{L} (2s_j + s_i + s_k)$$

Mais  $s_i = s_k$  puisque les ordonnées d'une demi-période sont égales, mais de signe contraire, à celles de la demi-période précédente.

En remarquant que  $s_j = s_i + s_{j-i}$  on a enfin, en simplifiant :

$$V_o = \frac{g}{L} \left( s_i + \frac{s_{j-i}}{2} \right) \quad (9)$$

Cette méthode a l'avantage considérable de ne pas nécessiter la détermination exacte de l'instant de fermeture. De plus, elle est indépendante d'une condition telle que 6); elle n'est soumise qu'aux conditions du paragraphe 10) qui sont aisément réalisables.

18. — Lorsque l'amortissement des oscillations sera tel qu'il puisse diminuer l'exactitude de la formule 9), il faudra en tenir compte en multipliant la surface  $s_{j-i}$  par le rapport  $\frac{o}{p}$ ; on aura ainsi sensiblement la surface que devrait avoir  $s_{j-i}$  sans amortissement. Ce qui vient d'être dit est aussi valable si l'amortissement est dû principalement à la vitesse de l'eau après la fermeture. On a donc :

$$V_o - v = \frac{g}{L} \left( s_i + \frac{s_{j-i} o}{2 p} \right) \quad (9 \text{ bis})$$

Tout ce qui précède suppose que la courbe de surpression avant la fermeture n'est pas sensiblement altérée par les causes qui provoquent l'amortissement des oscillations après la fermeture.

Cette méthode exige, nous le répétons, un graphique de surpression reproduisant fidèlement la courbe de la surpression. Pour cela, il faut un manomètre pratiquement sans inertie, bien difficile à réaliser. Il n'en est pas de même de la méthode Gibson comme nous le verrons plus loin.

#### Remarques sur l'exactitude théorique de la méthode Gibson.

19. — Il est de toute importance d'être orienté sur l'exactitude théorique de la méthode Gibson.

Cette exactitude est parfaite si l'égalité 6 est satisfaite. Or, elle le sera si la variation de la vitesse est

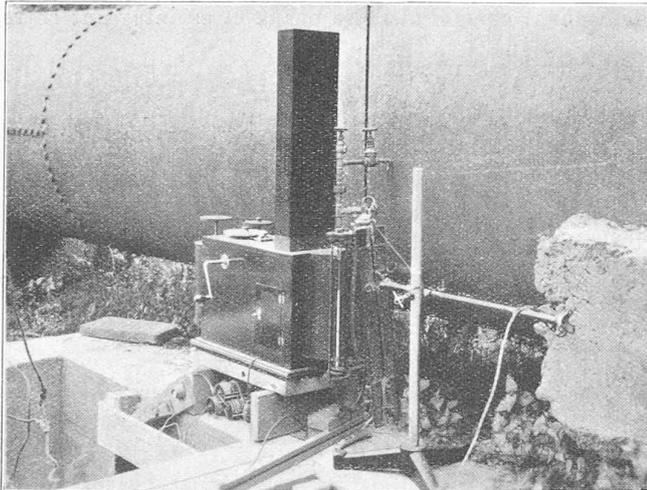


Fig. 2. — Vue de face de l'appareil Gibson.

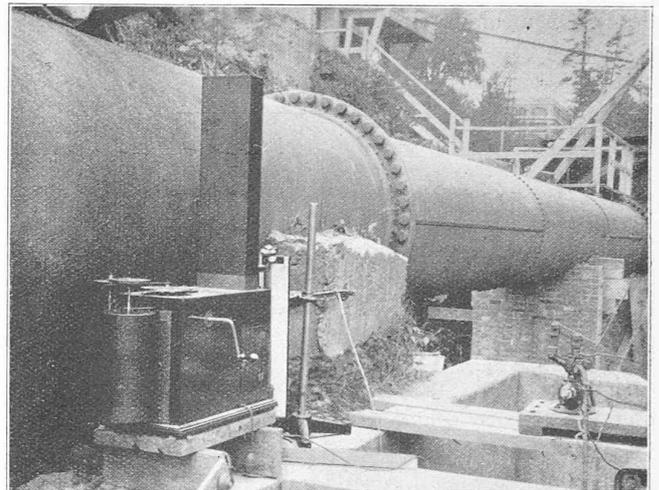


Fig. 3. — Vue arrière de l'appareil Gibson.

linéaire, ce qui pratiquement ne peut être réalisé rigoureusement, mais on peut s'en approcher beaucoup en fermant la vanne bien régulièrement; le résultat sera d'autant meilleur que la surpression ne sera pas trop élevée et que, par conséquent, la durée de fermeture  $T$  sera plus longue. Ce dernier point sera généralement satisfait dans l'application de cette méthode.

De ce qui précède, on peut déjà déduire que l'erreur doit être très petite, mais on ne sait rien de sa grandeur. Une indication nous sera fournie par des graphiques entièrement calculés.

Nous avons donc établi deux graphiques, tous deux très défavorables au point de vue de ce chapitre; le premier était établi pour une durée  $T$  égale à  $5\mu$  et le second, représenté par la figure 1, pour  $T = 10\mu$ ; dans chacun d'eux, la variation de la vitesse est loin d'être linéaire. L'erreur mesurée par la différence des

membres de l'égalité 6, rapportée à la surface  $s_T$  est de  $-2,6\%$  pour le premier graphique et de  $+2,15\%$  pour le second.

On se rend compte facilement que ce chiffre diminue en même temps qu'augmente la valeur  $\frac{T}{\mu}$ . A titre de comparaison, notons qu'à Niagara, la durée  $T$  est de l'ordre de grandeur de  $100\mu$  et la surpression de  $5\%$  (celle-ci est de  $35\%$  dans le cas de la figure 1.)

Si donc, lorsqu'on appliquera la méthode Gibson, on observe les conditions énoncées dans le second alinéa de ce chapitre, on réalisera un cas beaucoup plus favorable que celui de la figure 1. Dès lors, l'erreur théorique, s'il y en a une, sera beaucoup plus faible.

On peut dire par conséquent que la méthode Gibson présente une grande exactitude théorique.

#### Obtention du graphique.

20. — L'application du procédé Gibson suppose l'obtention de graphiques précis. A cet effet, M. Gibson a inventé un appareil consistant essentiellement en un manomètre à colonne de mercure dont les mouvements du niveau sont enregistrés sur une pellicule photographique se déplaçant à vitesse constante. Les figures 2 et 3 représentent cet appareil, la figure 4 en donne le schéma.

Sur la conduite A, en amont de l'organe obturateur, est branché le manomètre à colonne de mercure B. Un robinet C permet d'isoler le manomètre de la conduite. Les deux branches du manomètre sont formées de tubes de verre de sections constantes calibrées. D'un côté de la petite branche D se trouve une chambre noire et de l'autre côté une source lumineuse E dont les rayons

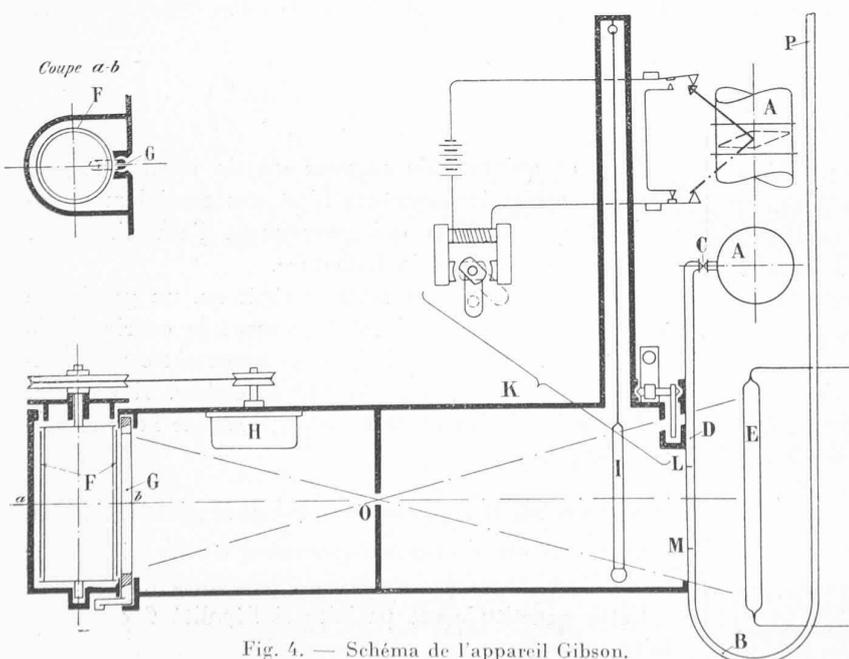


Fig. 4. — Schéma de l'appareil Gibson.

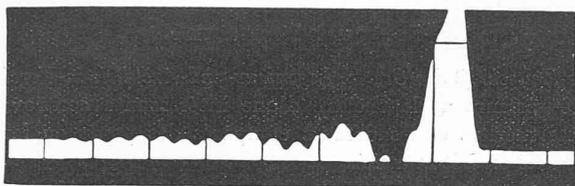


Fig. 5. — Graphique montrant à la fois la courbe de la surpression et celle des oscillations du manomètre.

pénètrent dans la chambre noire par la partie du tube *D* libre de mercure. Ces rayons traversent l'objectif *O* et atteignent une pellicule photographique *F* à travers une étroite ouverture rectiligne *G* pratiquée dans un cylindre monté dans la paroi opposée au tube *D*; une rotation de 90° de ce cylindre permet le passage ou l'interception du faisceau lumineux. La pellicule photographique *F* est enroulée sur un tambour tournant sous l'action d'un mécanisme *H*. Entre le tube *D* et l'objectif oscille un pendule *I* battant la seconde; chaque fois qu'il passe devant l'objectif, ce pendule intercepte le faisceau lumineux et marque ainsi sur le graphique des traits verticaux dont l'écartement permet de déterminer l'échelle des temps.

La durée de manœuvre de l'organe de fermeture peut être notée au moyen du dispositif *K* ouvrant ou fermant un petit trou placé au-dessus de l'ouverture rectiligne et permettant de tracer sur le graphique un trait ayant une longueur exactement proportionnelle au temps de fermeture.

Sur le tube *D* sont deux raies *L* et *M* qui déterminent sur la pellicule photographique deux traits continus horizontaux dont l'écartement permet de fixer l'échelle des pressions.

On se rend aisément compte de la façon de procéder pour enregistrer un graphique avec l'appareil Gibson. Il faudra avoir soin d'obtenir des graphiques commençant un peu avant le début de la fermeture et finissant un peu après; en outre, il faudra enregistrer la pression après l'arrêt des oscillations (voir figure 6).

21. — Le manomètre à colonne de mercure de l'appareil Gibson a évidemment une grande inertie. Comme

il ne peut indiquer exactement toutes les variations de pression, il est construit de façon à n'être pour ainsi dire pas sensible aux variations rapides de la surpression; il en indique la moyenne. La surface totale du graphique n'est naturellement pas changée. A la courbe moyenne de la surpression ainsi obtenue se superpose la courbe d'oscillation propre du manomètre. Il faut alors pour que la surface du graphique de surpression ne soit pas faussée, que la durée de fermeture soit un multiple de la période propre d'oscillation du manomètre. (Fig. 5.)

On obtient ainsi les graphiques représentés par les figures 6, 7 et 17. Ces graphiques ne peuvent alors être utilisés pour l'application de la troisième méthode envisagée plus haut.

Pour appliquer celle-ci, il faudrait obtenir des graphiques donnant fidèlement la courbe de la surpression. On pourrait pour cela remplacer le manomètre à colonne de mercure par un manomètre extra-rapide.

22. — Dans les installations où la chute est élevée, on pourrait brancher l'appareil en un endroit de la conduite où la pression n'est pas trop grande, afin d'éviter la nécessité d'un tube très long. Si cette disposition n'est pas possible, on recourra à tout moyen que permettront les conditions particulières de l'essai (manomètres montés en série, tube relié à une seconde conduite forcée, organe manométrique différent).

Pour obtenir des graphiques précis, il semble bien qu'actuellement seul l'appareil Gibson convienne. Les manomètres enregistreurs du type ordinaire ne fournissent que des graphiques d'assez petites dimensions, ne donnant pas une image exacte des mouvements de l'organe manométrique en raison de l'inertie du mécanisme d'inscription. L'appareil Gibson, au contraire, par son enregistrement optique peut donner de grands graphiques et enregistrer les indications du manomètre d'une façon absolument fidèle.

Cet appareil a déjà été utilisé aux Etats-Unis dans des installations dont les chutes vont de 3 à 130 mètres.

(A suivre.)

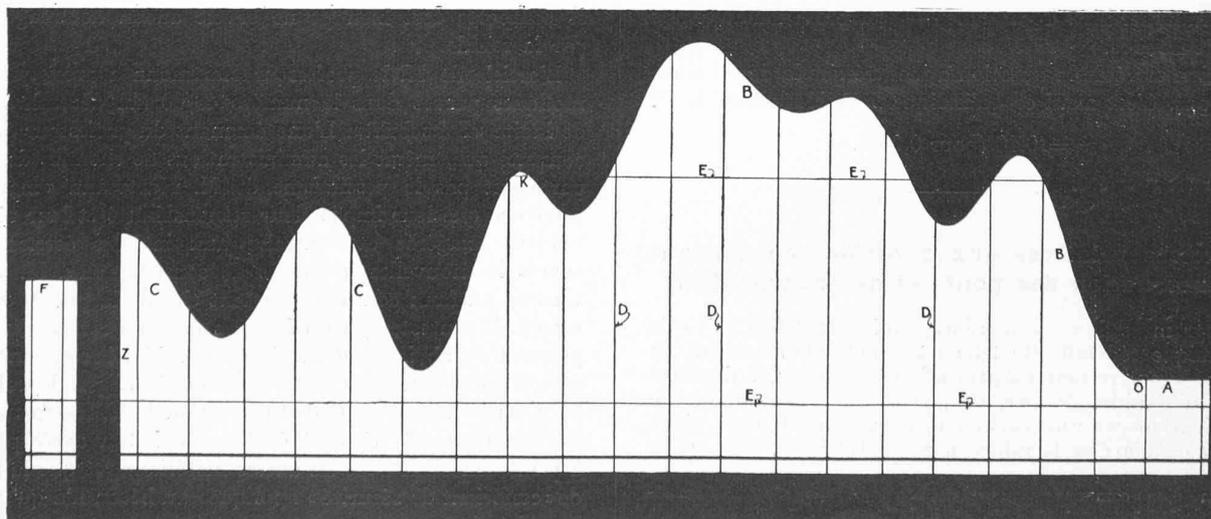


Fig. 6. — Graphique fourni par l'appareil Gibson.