**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande
**Band:** 58 (1932)
**Heft:** 10

**Artikel:** Calcul des cercles de vannage des turbines hydrauliques
**Autor:** Meyer, H.
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-44837

**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:** 13.07.2025

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

cliché dans celui de la carte ne fournit des résultats corrects que pour des terrains rigoureusement plans ; dans le cas des levers du Zeppelin, le dessin de l'allure des côtes répond seul à cette condition.

Tandis que la méthode de projection du plan du cliché dans celui de la carte ne donne satisfaction que pour le tracé des rives, le procédé par la mesure stéréoscopique permet une reconstitution intégrale dans l'espace du terrain levé ; des appareils de restitution appropriés fourniront donc non seulement une phototriangulation, mais encore un rendu cartographique et altimétrique continu par des isohypses.

Les difficultés dans l'application des diverses méthodes résident, pour les levers à bord du Zeppelin, dans le fait que les éléments de base pour la représentation cartographique fontdéfaut. L'emplacement de la station dans l'espace, la direction de prise par rapport au méridien, l'orientation par rapport à la verticale sont inconnus, ainsi que l'altitude ; il en est de même, en cas de levers par couples, pour la distance entre stations (longueur de la base), la dénivelée entre ces stations, la convergence des directions de prise, l'orientation de ces directions par rapport à la base, le déversement et l'inclinaison des clichés ainsi que pour l'azimut de la base. Les latitude, longitude et altitude d'une des stations au moins font défaut également. En l'absence de tout réseau géodésique à mailles serrées on est réduit, pour l'orientation des levers, à tirer parti de données résultant de la navigation ou de la nature. *(A suivre).*

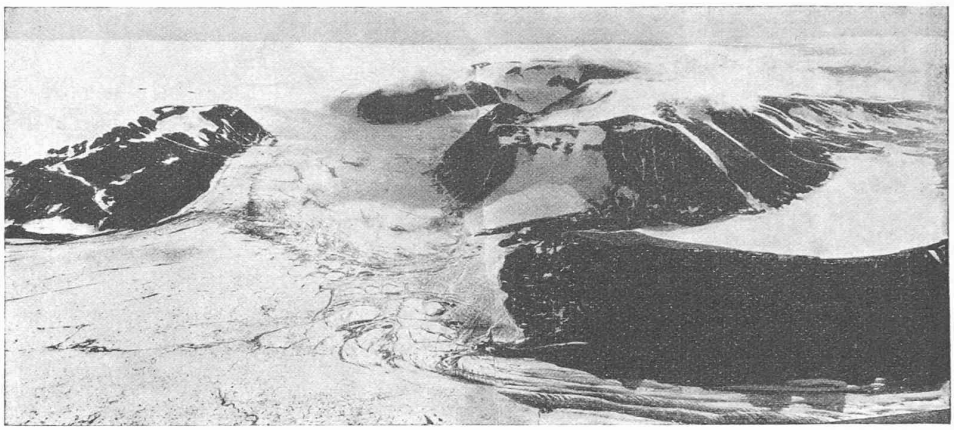

Fig. 4. — Panorama obtenu par deux clichés de la chambre double à vues en séries constituant une seule perspective (coulée glacière sur le Nordland vers un fiord recouvert de glace flottante ; à droite un lac dans une ancienne cuvette de glacier ; à droite en avant, banquise provoquée sur la plage par la poussée des glaces).

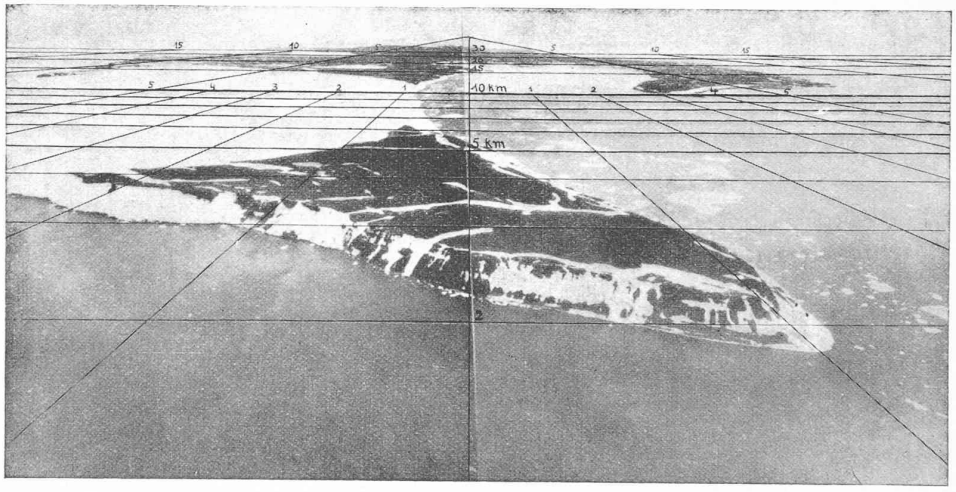


Fig. 5. — Vue panoramique de la terre François-Joseph, avec treillis perspectif.

# Calcul des cercles de vannage des turbines hydrauliques,

par H. MEYER, Ingénieur E. I. L, à Genève.

*(Suite et fin.)* [1]

### Déformation du cercle.

Il est intéressant d'avoir une idée de l'ordre de grandeur de la déformation que subit le cercle sollicité par les forces dont nous venons de parler.

Le calcul de la ligne élastique du cercle déformé est très long dans le cas général, car la méthode classique conduit à une équation différentielle du deuxième ordre avec un second membre assez complexe. La connaissance de cette ligne élastique ne présente du reste aucun intérêt pratique, lorsque le cercle travaille dans des conditions de résistance normales. Comme le moment fléchissant maximum est souvent $M_0$, il est par contre intéressant de calculer la variation du diamètre du cercle passant par l'appui où agit la réaction $P_1$. Par extension de la méthode employée, nous pourrons, dans le cas où $\theta = \frac{\pi}{2}$, calculer facilement la ligne élastique de tout le cercle, grâce à la symétrie de la courbe des moments fléchissants.

Tout d'abord, on peut vérifier que la somme des déformations des éléments du cercle prise entre 0 et $2\pi$ est nulle, ce qui s'écrit :

$$\int_0^{2\pi} \Delta\, d\varphi = \frac{\rho}{EI} \int_0^{2\pi} M d\alpha = 0.$$

[1] Voir *Bulletin technique* du 30 avril 1932, page 106.

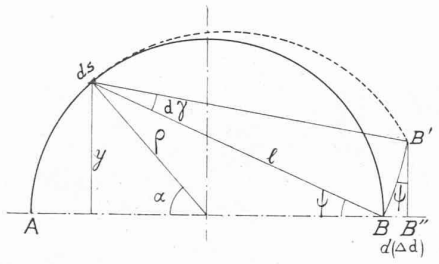


Fig. 5.

Cette dernière équation se vérifie très facilement (5).

Pour calculer la déformation du diamètre passant par l'appui, nous considérons le demi-cercle AB qui ne comprend pas les bielles (fig. 5). Le point A, pris comme origine, est considéré comme articulé, c'est-à-dire qu'il ne subit aucune translation ; par contre, une petite rotation autour de ce point est possible, mais n'entraîne pas de variation du diamètre AB. Un élément de longueur $ds$ situé en un point quelconque du demi-cercle se déforme sous l'effet du moment fléchissant qui agit en lui et tourne d'un certain angle $d\gamma$. Dans sa rotation, il entraîne toute la partie du cercle située à sa droite, de sorte que le point $B$ vient en $B'$, et l'on a

$$BB' = l.d\gamma$$

La projection de ce déplacement sur l'axe $AB$ sera

$$BB'' = d(\Delta d) = l.d\gamma \sin\psi = y d\gamma.$$

Remplaçons maintenant, dans cette expression $d\gamma$ par sa valeur

$$d\gamma = -\frac{M}{EI}\, ds$$

dans laquelle $M$ est le moment fléchissant au point considéré, $E$ le module d'élasticité du matériau et $I$ le moment d'inertie de la section du cercle par rapport à un axe passant par son centre de gravité et perpendiculaire à son plan. Pour être plus exact, il faudrait tenir compte des moments d'inertie principaux et des angles qu'ils forment avec le plan des forces, mais nous pouvons ici calculer avec un approximation suffisante, comme nous l'avons indiqué.

Il vient alors

$$d(\Delta d) = -\frac{M}{EI}\, y ds.$$

La variation totale du diamètre $AB$ sera donc donnée par l'expression :

$$\Delta d = -\int_0^{\pi} \frac{My}{EI}\, ds = -\frac{\rho^2}{EI}\int_0^{\pi} M \sin\alpha \cdot d\alpha.$$

En remplaçant $M$ par sa valeur (10), on obtient alors :

$$\Delta d = -\frac{nFr}{2\pi}\sin\beta\,\frac{\rho^2}{EI}\int_0^{\pi}\left[\begin{array}{l}\alpha - \frac{\pi}{2} + 2\cos\theta\cos\alpha + \frac{\pi}{2}\lambda\cos\theta\sin\alpha - \\ -\lambda[(1+\cos\alpha)\cos\theta - \theta\sin\theta\cos\alpha]\end{array}\right]\sin\alpha\, d\alpha.$$

Le calcul de cette expression nous donne, après simplification :

$$(15) \qquad \Delta d = -\left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{\pi}\right)\frac{nFr\rho^3}{EIR}\cos\theta\sin\beta.$$

Le signe négatif signifie que le diamètre subit une diminution, c'est-à-dire que le cercle est aplati dans les conditions de la figure, soit lorsque l'appui se trouve à l'extérieur du cercle.

Comme on le voit, cette déformation est proportionnelle à $\lambda$ et à $\cos.\theta$. Sa valeur est maximum lorsque $\theta = 0$, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a qu'une seule bielle. Ce résultat est logique, car, dans ce cas, la réaction de l'appui est maximum.

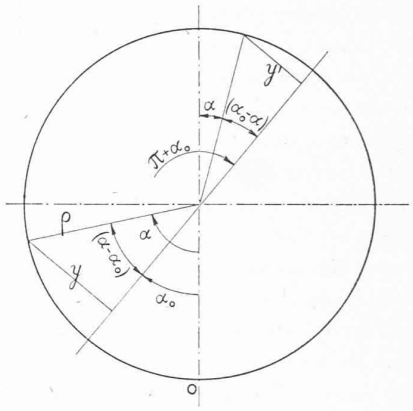


Fig. 6.

Si $\theta = \frac{\pi}{2}$, $\Delta d = 0$. Lorsque le cercle est attaqué par deux bielles diamétralement opposées, il n'y a donc aucune variation du diamètre passant par les deux points d'attaque de ces bielles et cela quelle que soit la valeur de $\lambda$.

Nous pouvons, dans ce dernier cas, chercher la variation d'un diamètre quelconque formant avec l'axe origine un angle $\alpha_0$ ; suivant la figure 6 nous aurons :

$$\Delta d' = -\frac{1}{EI}\int_{\alpha_0}^{\alpha_0+\pi} My ds.$$

entre $\alpha_0$ et $\pi$ on aura :

$$y = \rho\, sin(\alpha - \alpha_0).$$

Au point $\alpha_0 = \pi$ on devra changer d'origine, puisque le moment est discontinu en ce point et change de signe. On aura alors :

$$y' = \rho \sin(\alpha_0 - \alpha).$$

Nous obtenons donc en définitive :

$$\Delta d = -\frac{\rho^2}{EI}\frac{nFr}{2\pi}\sin\beta\left[\begin{array}{l}\int_{\alpha_0}^{\pi}\left[\alpha - \frac{\pi}{2}(1-\lambda\cos\alpha)\right]\sin(\alpha-\alpha_0)\, d\alpha + \\ \int_{\pi}^{\pi+\alpha_0}\left[\alpha - \frac{\pi}{2}(1-\lambda\cos\alpha)\right]\sin(\alpha_0-\alpha)\, d\alpha\end{array}\right]$$

et, en effectuant les calculs, il vient finalement :

$$(16) \qquad \Delta d = \frac{nFr\rho^2}{4EI}\, sin\beta\left[2(1-\cos\alpha_0) - \frac{4}{\pi}\alpha_0 + \lambda\sin\alpha_0\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_0\right)\right].$$

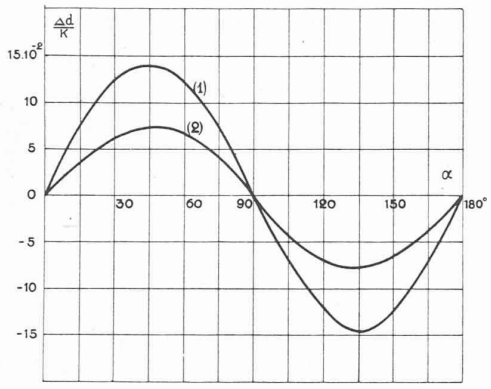


Fig. 7. — Déformation radiale du cercle pour $\theta = \frac{\pi}{2}$

(1) $\lambda = 1$

(2) $\lambda = \frac{110}{125}$

Comme il y a égalité des moments pour deux points diamétralement opposés, les déformations seront elles-mêmes symétriques et on peut poser :

$$\Delta r = \frac{1}{2} \Delta d.$$

L'équation (16) s'annule pour $\alpha_0 = 0, = K \frac{\pi}{2}$.

Nous pouvons donc tracer la courbe de $r_0 + \Delta r$. Les figures 7 et 8 représentent à grande échelle la déformation du cercle pour les valeurs que nous avons considérées pour le calcul des autres courbes.

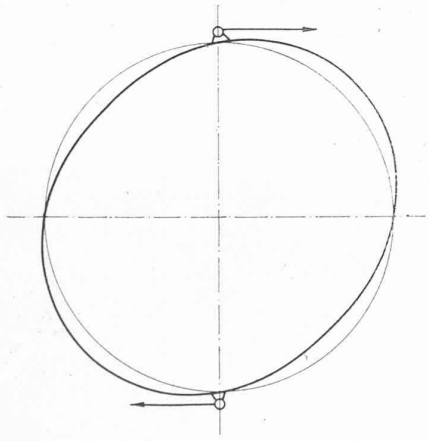

Fig. 8. — Déformation du cercle pour $\theta = \frac{\pi}{2}$

Le maximum de la déformation est difficile à trouver mathématiquement et il est plus simple de faire le calcul complet de la déformation et de trouver ce maximum graphiquement.

Notre étude nous a conduits à des résultats assez variables suivant les valeurs particulières données aux paramètres du cercle $\lambda$ et $\theta$. Nous en rappelons les résultats principaux :

Dans les cas les plus fréquents, le moment fléchissant maximum est $M_0$ au droit de la réaction de l'appui $P_1$. Ce moment est d'autant plus grand que $\lambda = \frac{\rho}{R}$ est plus petit, c'est-à-dire que les points d'attaque des bielles sont placés sur un arc de grand rayon par rapport au cercle même. Il y a donc avantage à attaquer le cercle en des points aussi rapprochés que possible du cercle décrit par le centre de gravité de la section du cercle de vannage. D'autre part, $M_0$ croit également lorsque $\theta$ diminue, c'est-à-dire lorsque l'angle que forment les deux bielles augmente. Nous devons donc chercher à attaquer le cercle en deux points aussi rapprochés que possible de deux points diamétralement opposés.

Il est souvent indiqué de tracer la courbe complète du moment fléchissant au moyen des équations (10), (11) et (12), car le moment maximum maximorum n'est pas nécessairement $M_0$, suivant les valeurs particulières de $\lambda$ et $\theta$.

Dans le cas où $\theta = \frac{\pi}{2}$ nous avons trouvé la valeur maximum du moment fléchissant ainsi que sa position. Lors de la construction d'un cercle de vannage, il est donc utile de tenir compte de ces considérations qui peuvent conduire souvent à des résultats intéressants au point de vue de la construction de cet organe.

---

## Un des aspects du problème de l'habitation aux Etats-Unis.

*Les considérations suivantes, qui décrivent nettement un des aspects du problème de l'habitation aux Etats-Unis d'Amérique, ont paru dans l'intéressante revue belge* La Cité *(numéro de juin 1931) qui, elle-même, les a extraites d'une étude de M. R. L. Davison, publiée par* The Architectural Record. *Réd.*

*Le problème.* Il est matériellement impossible, actuellement, à une personne de condition ordinaire d'acheter, de construire ou de louer un nouvel appartement ou une nouvelle maison de quatre pièces.

*La solution.* La vraie solution se trouve probablement dans un changement radical dans la construction d'habitation et dans le régime économique, car il ne nous semble pas que nous arriverons à un réajustement de nature à remédier à cette situation.

*Le coût de la construction d'habitation comparé avec le coût de la construction automobile (Ford).*

De 1904 à 1929, l'indice du coût de la construction d'habitation s'est accru de 82 à 205, pendant la même période, l'indice du coût de la construction automobile chez Ford a baissé de 178 à 78.

Cette différence dans le coût de la construction s'explique en partie par une comparaison entre les salaires, la production et les frais de travail en 1916 et en 1920, dans l'industrie du bâtiment et dans l'industrie de l'automobile.

Cette différence est due en grande partie à l'augmentation du travail mécanique dans les usines. La comparaison ci-dessus ne peut être interprétée comme démontrant que les frais de travail constituent l'unique facteur de hausse dans le bâtiment. Le travail n'intervient que pour 41 %, dans les frais d'érection d'un bâtiment, tandis que les matériaux interviennent pour 58,1 %, mais les frais d'inspection, ainsi que les commissions afférentes à certaines prestations peuvent être inférieurs dans le cas d'articles produits en masse.

Si le coût de la construction de maisons pouvait être réduit dans la même mesure que l'a été le coût de la construction