

| | |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Zeitschrift: | Bulletin technique de la Suisse romande |
| Band: | 32 (1906) |
| Heft: | 16 |
| Artikel: | Quelques problèmes spéciaux tirés du domaine des turbo-machines hydrauliques |
| Autor: | Neeser, R. / Siegmund, R. |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-25584 |

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: 26.01.2026

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

duquel la maçonnerie éprouverait des compressions anormales.

2^o Ce moment maximum est très fréquemment inférieur au moment $\frac{pl^2}{40}$ que la routine des constructions en béton armé paraît avoir adopté dans notre pays.

3^o L'encastrement par continuité ne peut être évalué dans tous les cas par la formule $\frac{pl^2}{10}$.

4^o Toute section encastrée doit être armée de manière à supporter au moins le moment d'encastrement qu'on utilise dans le calcul des autres sections.

5^o Qu'on utilise ou non l'encastrement, les armatures en métal doivent être calculées de manière à supporter seules l'effort tranchant dans les régions encastrées, et l'on doit s'assurer que la maçonnerie et le béton n'ont à supporter que des compressions admissibles.

Nous n'ignorons pas que de nombreuses constructions en béton armé ont été érigées sans qu'on eut égard aux conditions de stabilité développées ci-dessus. Leur immunité apparente s'explique par le fait que les coefficients de travail du béton, du métal et des maçonneries ont dépassé notablement ceux admis par les prescriptions des cahiers des charges sans atteindre ceux qui auraient produit la rupture.

D'autre part, il est fort possible que les effondrements de planchers que l'on a parfois signalés et qui ont nui aux progrès du béton armé, aient eu pour cause une évaluation par trop optimiste des effets de l'encastrement.

Il y a là, à notre avis, une petite réforme à accomplir dans la routine habituelle et nous pensons que, dans l'intérêt même de l'extension du béton armé, il est utile de se renseigner le mieux possible sur les conditions rationnelles de son emploi.

Lausanne, le 9 juillet 1906.

Quelques problèmes spéciaux tirés du domaine des turbo-machines hydrauliques.

Par M. R. NEESER, ingénieur, professeur à l'Université de Lausanne, avec la précieuse collaboration de
M. R. SIEGMUND, ingénieur à Milwaukee, Amérique.

(Suite)¹.

C. Détermination de la « section normale » de sortie de la turbine.

Nous avons appelé « surface de sortie » de la turbine, la surface de rotation engendrée par la courbe $a b c$ (fig. 1, 3 et 4) tournant autour de l'axe $O_1 O_2$. Nous allons nous occuper de trouver maintenant la valeur de la « section normale de sortie » de la turbine, c'est-à-dire de la section de la veine liquide perpendiculaire à la vitesse relative de sortie.

¹ Voir N° du 25 juillet 1906, page 162.

Cette « section normale », qui trouve son application dans l'étude de certains problèmes, et que, pour cette raison, nous croyons utile de mentionner ici, se détermine très facilement dans le cas des turbines hélicoïdales (turbines axiales) comme suit.

Soit :

b_2 la largeur radiale de la roue mobile à la sortie,
 β_2 l'angle de w_2 et de $-u_2$ (fig. 7),
 t_2 le pas des aubes,
 δ l'épaisseur des aubes,
 z le nombre des aubes;

la valeur de la section normale de sortie sera évidemment :

$$F_2 = z \cdot b_2 \cdot (t_2 \sin \beta_2 - \delta). \quad 15)$$

Mais, dès que l'on passe aux turbines hélico-centripètes (Francis), le problème se complique quelque peu. On arrive cependant à la résoudre avec une exactitude bien suffisante, en utilisant les mêmes hypothèses et simplifications que celles introduites dans les chapitres précédents.

Toutefois, comme les dimensions et l'orientation de cette section normale changent si l'on passe d'un point à un autre de l'arête $A B C$, on en est réduit à déterminer sa valeur F_2 sous la forme d'une somme :

$$F_2 = \Sigma (f_{2i}), \quad 16)$$

dans laquelle chacun des éléments f_{2i} désigne la section normale d'une des turbines partielles I, II, ..., et où le signe Σ s'étend naturellement à tous les points de l'arête de sortie. Ces éléments de surface f_{2i} ne sont en général pas répartis sur une surface continue, mais plutôt, vu leur orientation particulière et la forme de l'arête de sortie, échelonnés en arrière les uns des autres le long de l'arête $A B C$, à la façon des marches d'un escalier dont $A B C$ serait une des génératrices latérales.

Le débit Q de la turbine s'exprimerait alors par l'équation :

$$Q = \Sigma (f_{2i} w_{2i}). \quad 17)$$

Or, la veine liquide de la turbine $n^o i$, c'est le volume d'eau compris entre les deux surfaces liquides $n^{os} i$ et $i + 1$ et deux aubes consécutives quelconques de la roue motrice. (La veine liquide de la turbine $n^o VII$ par exemple (fig. 1), serait déterminée par les surfaces de rotation engendrées par les méridiennes 7—7 et 8—8, et par deux aubes consécutives).

Si l'on coupe cette veine liquide $n^o i$ au point I de $A B C$, par un plan perpendiculaire à la direction de la vitesse relative w_{2i} , on obtient sa section normale ; cette section aura, en général, la forme d'un quadrilatère à côtés curvilignes. Les côtés de ce quadrilatère sont des segments des intersections du plan normal à w_{2i} et des surfaces courbes (surfaces liquides et aubes) qui forment les parois de la veine considérée. Mais, si nous supposons les dimensions de la turbine $n^o i$, c'est-à-dire $A b_{2i}$ et a_{2i} , suffisamment petites, nous pourrons admettre sans grande erreur que la section normale f_{2i} est un quadrilatère à côtés rectilignes, le périmètre de ce quadrilatère étant formé, par exemple, par les cordes des côtés curvilignes du périmètre réel.

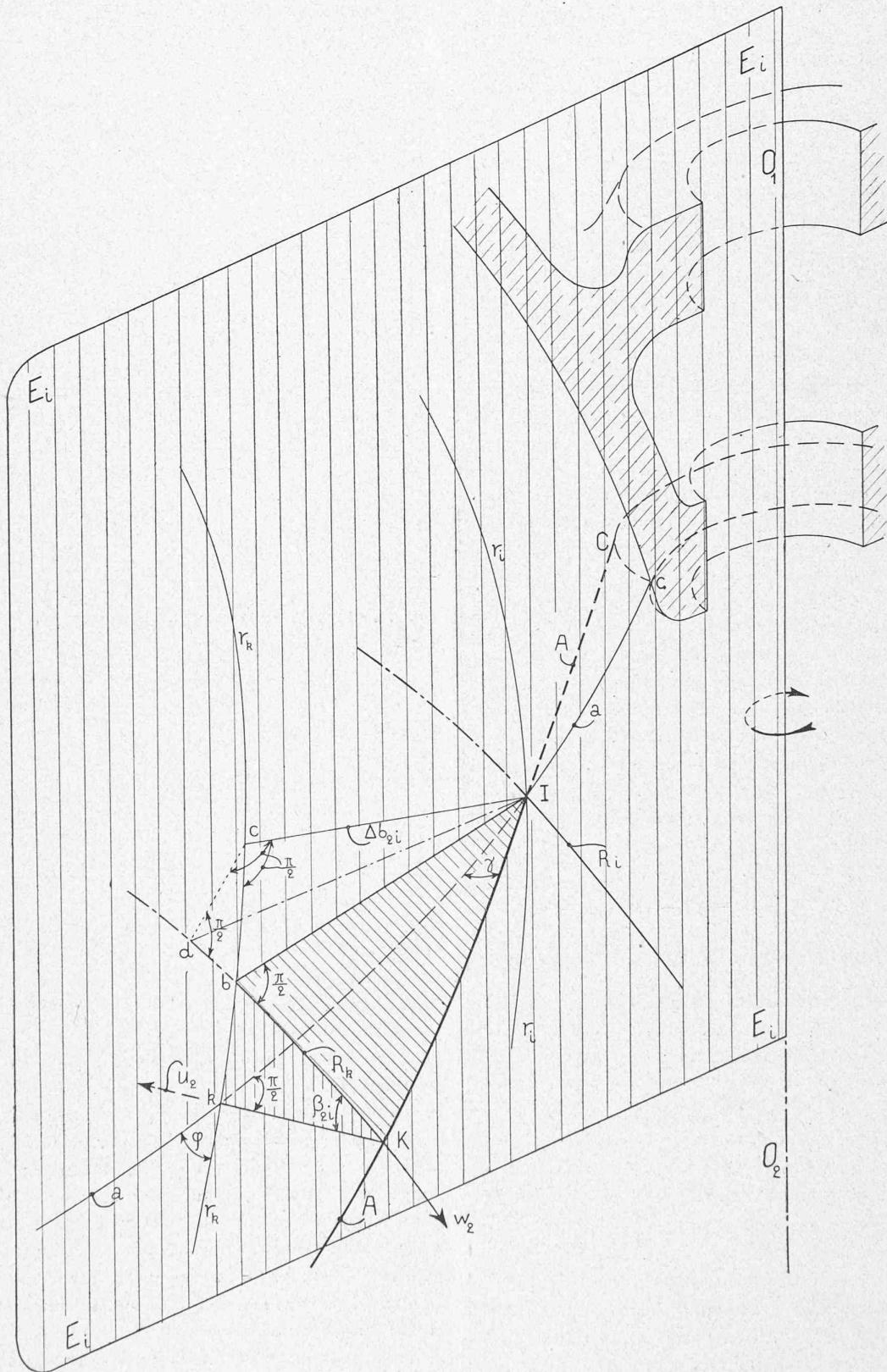


Fig. 41. — Détermination de la section normale de sortie f_{2i} .

Nous serons de ce fait autorisés à remplacer, dans le voisinage de la section normale f_{2i} , chacune des surfaces courbes (surfaces liquides, aubes) qui forment les parois de la veine $n^o i$, par un plan déterminé d'une part par chacun des segments rectilignes du périmètre de f_{2i} et, d'autre part, par une direction commune, celle de la vitesse relative w_{2i} .

Nous pouvons aller plus loin encore dans la voie des simplifications.

Soient en effet (fig. 11) :

$E_i E_i$, le plan axial du point de sortie I ,

$a a$, un segment de la courbe $a b c$ située sur $E_i E_i$ et définie comme au chapitre A (fig. 1, 3 et 4),

$A A$, un segment de l'arête de sortie $A B C$, faisant en I avec sa projection $a a$, c'est-à-dire avec le plan axial $E_i E_i$ l'angle γ ,

r_i et r_k les filets liquides des points I et k suffisamment voisins l'un de l'autre pour que les hypothèses faites tout à l'heure sur la grandeur de la veine liquide se justifient,

Δb_{2i} , la distance normale entre les filets r_i et r_k ,

K , le point de $A B C$ qui se projette en k sur $E_i E_i$,

R_k , la trajectoire relative du point K , située dans le plan $K k b$ perpendiculaire à $E_i E_i$, et déterminée par le fait que l'angle $b K k$ de R et de $-u_{2i}$ doit être égal à β_{2i} , angle de sortie moyen de la turbine $n^o i$,

R_i , le chemin relatif du point I déterminé comme R_k , φ , l'angle compris entre r_k et $a b c$,

$b K I$, le plan $R T$, tangent à l'aube en I .

Menons en I un plan $I c d$ normal à l'aube, c'est-à-dire au plan $b K I$ et perpendiculaire à la direction R_k de la vitesse relative w_2 . Ce plan coupera la veine liquide selon la surface cherchée f_{2i} . Or, comme l'ouverture normale a_{2i} , ainsi du reste que la distance Δb_{2i} entre les filets liquides r_k et r_i varient peu dans la région étroite située entre les points I et K de l'arête de sortie, on peut admettre que la veine liquide a , dans le voisinage du point de sortie, ses 4 faces parallèles deux à deux, c'est-à-dire que les deux aubes consécutives, ainsi que les deux surfaces liquides des points I et K , possèdent le long du périmètre de f_{2i} des plans tangents parallèles deux à deux. La section normale f_{2i} aura par suite la forme d'un parallélogramme dont la hauteur serait donnée par l'ouverture normale des aubes a_{2i} , et dont il nous est facile de déterminer la base correspondante.

Cette dernière est en effet égale au segment Id de l'intersection du plan $I c d$ et de la surface de l'aube (c'est-à-dire du plan $K I b$), compris entre les plans $r_k R_k$ et $r_i R_i$.

Or il est facile de constater que :

$$Id^2 = \overline{cl}^2 + \overline{cd}^2, \quad I$$

$$\text{mais, } \overline{cl} = \Delta b_{2i} \quad II$$

$$\text{et, } \overline{cd} = \overline{cb} \cos \beta_{2i}, \quad III$$

car, comme les côtés ck et kK , cd et dK (fig. 11) des triangles cdb et bKk sont perpendiculaires l'un à l'autre, les angles $\angle dcb$ et $\angle bKk$ sont égaux,

$$\angle dcb = \angle bKk = \beta_{2i}.$$

Mais,

$$\overline{cb}^2 = \overline{bI}^2 - \Delta b_{2i}^2 \quad IV$$

car le triangle Icb est rectangle en c ; si donc nous introduisons dans l'équation I les valeurs de \overline{bI} et \overline{cd} tirées des équations II, III et IV, nous obtiendrons :

$$\overline{Id}^2 = \Delta b_{2i}^2 + \cos^2 \beta_{2i} (\overline{bI}^2 - \Delta b_{2i}^2) \quad V$$

ou

$$\overline{Id}^2 = \Delta b_{2i}^2 (1 - \cos^2 \beta_{2i}) + \overline{bI}^2 \cdot \cos^2 \beta_{2i},$$

mais, puisque bK est perpendiculaire à bJ , on aura :

$$\overline{bI}^2 = \overline{IK}^2 - \overline{bK}^2. \quad VI$$

Or, d'autre part, si l'on tient compte de ce que les angles

$$\angle Kkb \text{ et } \angle kci$$

sont aussi droits, on aura :

$$\overline{IK} = \frac{\overline{Ik}}{\cos \gamma} \quad VII$$

et

$$\overline{bK} = \frac{\overline{kK}}{\cos \beta_{2i}} \quad VIII$$

$$\overline{Ik} = \frac{\Delta b_{2i}}{\sin \varphi} \quad IX$$

$$\overline{kK} = \overline{kI} \operatorname{tg} \gamma \quad X$$

d'où, en introduisant les équations VII, VIII, IX et X dans l'équation II, on tire :

$$\overline{bI}^2 = \frac{\Delta b_{2i}^2}{\sin^2 \varphi \cos^2 \gamma} - \frac{\Delta b_{2i}^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma}{\sin^2 \varphi \cos^2 \beta_{2i}} \quad XI$$

et enfin :

$$\begin{aligned} \overline{Id}^2 &= \Delta b_{2i}^2 (1 - \cos^2 \beta_{2i}) + \cos^2 \beta_{2i} \left(\frac{1}{\cos^2 \gamma} - \frac{\operatorname{tg}^2 \gamma}{\cos^2 \beta_{2i}} \right) \times \\ &\quad \times \frac{\Delta b_{2i}^2}{\sin^2 \varphi} \\ \overline{Id} &= \Delta b_{2i} \sqrt{1 + \frac{\cos^2 \beta_{2i}}{\operatorname{tg}^2 \varphi} + \frac{\sin^2 \beta_{2i} \operatorname{tg}^2 \gamma}{\sin^2 \varphi}} \quad 18 \end{aligned}$$

et par suite :

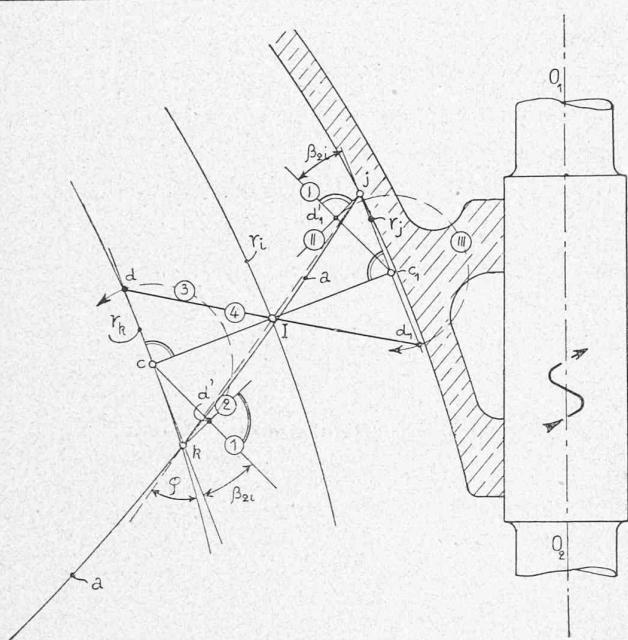
$$f_{2i} = a_{2i} \Delta b_{2i} \sqrt{1 + \frac{\cos^2 \beta_{2i}}{\operatorname{tg}^2 \varphi} + \frac{\sin^2 \beta_{2i} \operatorname{tg}^2 \gamma}{\sin^2 \varphi}}; \quad 19$$

or, β_{2i} , γ et φ sont des angles connus ; Δb_{2i} se mesure sur le dessin et a_{2i} se détermine graphiquement comme nous l'avons vu au chapitre précédent.

Le problème peut être considéré comme résolu.

On pourrait encore exprimer a_{2i} en fonction des mêmes angles β_{2i} , γ et φ , et du pas t_{2i} des aubes au point considéré ; on aurait de cette façon la valeur de f_{2i} sans recourir à aucune construction graphique. Cependant, comme les formules auxquelles on arrive sont d'une manipulation peu agréable grâce à leur structure un peu compliquée, nous renonçons à les mentionner.

Il nous paraît plus utile d'indiquer rapidement une solution graphique (fig. 12) de l'équation 18 ; ce procédé est certainement préférable au calcul ordinaire, parce qu'il est plus expéditif et tout aussi exact. Les chiffres encadrés d'un

Fig. 12. — Détermination graphique de f_{2i} . Cas général.

cercle indiquent l'ordre des opérations; les angles marqués d'un double arc de cercle sont des angles droits.

Comme il s'agit en somme toujours de la résolution de triangles, nous n'insisterons pas sur la démonstration; elle ressort clairement de la figure. Il suffira du reste d'examiner le schéma (fig. 12) pour constater qu'il n'est que le rabattement sur un plan unique des divers éléments de la figure 11.

(A suivre).

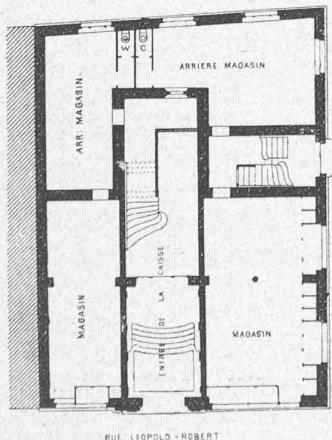
Divers.

Concours pour un Hôtel de la Caisse d'Epargne de Neuchâtel, à Chaux-de-Fonds¹.

IV^e prix :

Projet « Epargne ». — Architecte : M. R. Convert, à Neuchâtel.

¹ Voir N° du 10 août 1906, page 177.



Plan du rez-de-chaussée.

IV^e prix : Projet « Epargne ». — Architecte : M. R. Convert, à Neuchâtel.

CONCOURS POUR UN HOTEL DE LA CAISSE D'ÉPARGNE DE NEUCHATEL, A CHAUX-DE-FONDS



Façade sur la rue Léopold Robert.

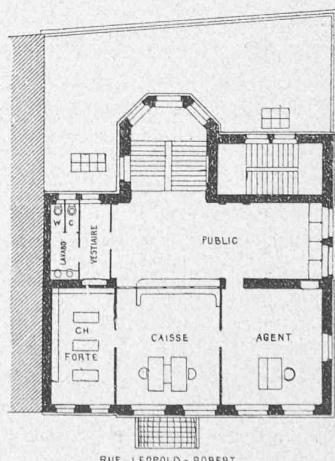
IV^e prix : Projet « Epargne ».

Projet « Chardon ». — Architectes : M. L. Boillot et E. Lambelet, à Chaux-de-Fonds.

Projet « Charrette ». — Architectes : MM. G. Chable et E. Bovet, à Neuchâtel.

Projet « Vert et fleuri ». — Architectes : MM. Künzi et F. Huuenin, à Paris.

Nous terminons avec ces projets, dont les planches principales sont reproduites aux pages 188-191, la publication des projets primés à ce concours.

Plan du 1^{er} étage.