

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

Autor(en): **Neeser, R. / Siegmund, R.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **32 (1906)**

Heft 16

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-25584>

## **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.

duquel la maçonnerie éprouverait des compressions anormales.

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

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

5° 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 encastrees, 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]<sup>1</sup>.

### 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  $abc$  (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.

<sup>1</sup> 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,

$\beta_2$  l'angle de  $w_2$  et de  $-u_2$  (fig. 7),

$t_2$  le pas des aubes,

$\delta$  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 le 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  $ABC$ , on en est réduit à déterminer sa valeur  $F_2$  sous la forme d'une somme :

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

dans laquelle chacun des éléments  $f_{2i}$  désigne la section normale d'une des turbines partielles I, II, ..., et où le signe  $\sum$  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  $ABC$ , à la façon des marches d'un escalier dont  $ABC$  serait une des génératrices latérales.

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

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

Or, la veine liquide de la turbine  $n^\circ i$ , c'est le volume d'eau compris entre les deux surfaces liquides  $n^\circ i$  et  $i+1$  et deux aubes consécutives quelconques de la roue motrice. (La veine liquide de la turbine  $n^\circ VII$  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  $n^\circ i$  au point  $I$  de  $ABC$ , 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  $n^\circ i$ , c'est-à-dire  $\Delta b_{2i}$  et  $a_{2i}$ , suffisamment petites, nous pourrions 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.

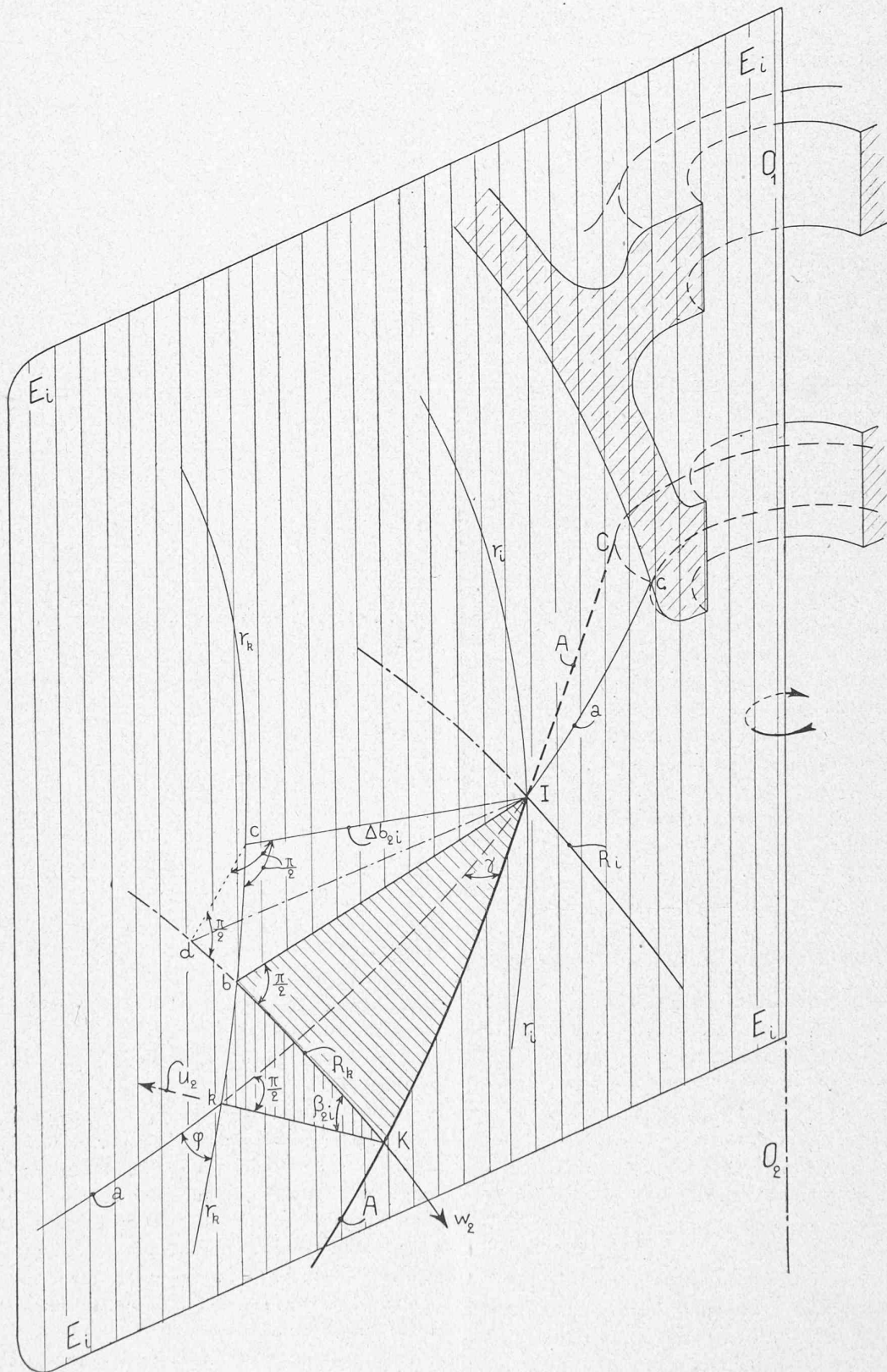


Fig. 11. — Détermination de la section normale de sortie  $f_{2i}$ .

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  $abc$  située sur  $E_i E_i$  et définie comme au chapitre A (fig. 1, 3 et 4),

$AA$ , un segment de l'arête de sortie  $ABC$ , faisant en  $I$  avec sa projection  $aa$ , c'est-à-dire avec le plan axial  $E_i E_i$  l'angle  $\gamma$ ,

$r_i$  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,

$\Delta b_{2i}$ , la distance normale entre les filets  $r_i$  et  $r_k$ ,

$K$ , le point de  $ABC$  qui se projette en  $k$  sur  $E_i E_i$ ,

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

$R_i$ , le chemin relatif du point  $I$  déterminé comme  $R_k$ ,

$\varphi$ , l'angle compris entre  $r_k$  et  $abc$ ,

$bKI$ , le plan  $RT$ , tangent à l'aube en  $I$ .

Menons en  $I$  un plan  $Icd$  normal à l'aube, c'est-à-dire au plan  $bKI$  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  $\Delta b_{2i}$  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  $Icd$  et de la surface de l'aube (c'est-à-dire du plan  $KIb$ ), compris entre les plans  $r_k R_k$  et  $r_i R_i$ .

Or il est facile de constater que :

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

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

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

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  $\sphericalangle dcb$  et  $\sphericalangle bKk$  sont égaux,

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

Mais,

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

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

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

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 :

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

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

$$\sphericalangle Kkb \text{ et } \sphericalangle kCI$$

sont aussi droits, on aura :

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

et

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

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

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

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

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

et enfin :

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

$$\overline{Id} = \Delta b_{2i} \sqrt{1 + \frac{\cos^2 \beta_{2i}}{\operatorname{tg}^2 \varphi} + \frac{\sin^2 \beta_{2i} \operatorname{tg}^2 \gamma}{\sin^2 \varphi}} \quad \text{18)}$$

et par suite :

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

or,  $\beta_{2i}$ ,  $\gamma$  et  $\varphi$  sont des angles connus ;  $\Delta b_{2i}$  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  $\beta_{2i}$ ,  $\gamma$  et  $\varphi$ , 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

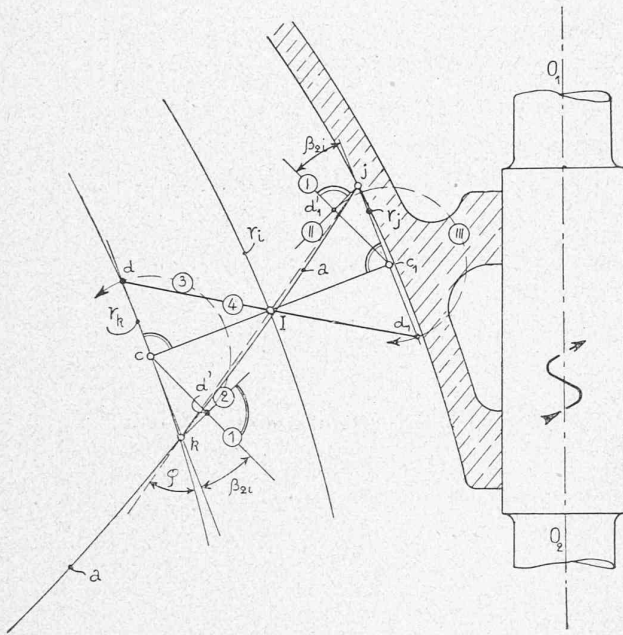


Fig. 12. — Détermination graphique de  $f_{2i}$ . Cas général.

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].*

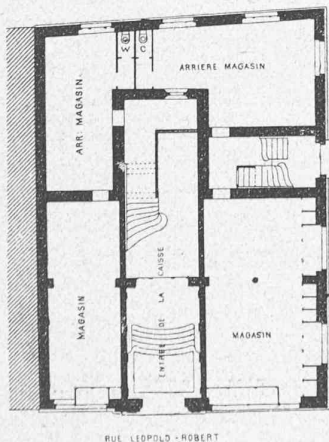
## Divers.

### Concours pour un Hôtel de la Caisse d'Épargne de Neuchâtel, à Chaux-de-Fonds<sup>1</sup>.

IV<sup>mes</sup> prix :

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

<sup>1</sup> Voir N° du 10 août 1906, page 177.



Plan du rez-de-chaussée.

IV<sup>es</sup> prix : Projet « Épargne ». — Architecte : M. R. Convert, à Neuchâtel.



Façade sur la rue Léopold Robert.

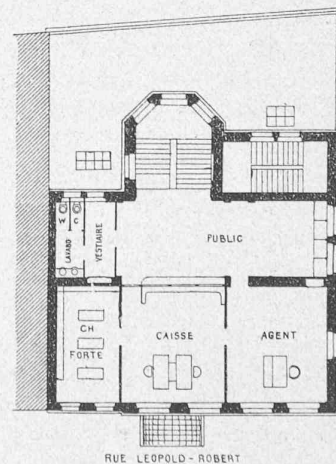
IV<sup>e</sup> prix : Projet « Épargne ».

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. Huguenin, 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<sup>er</sup> étage.