Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 32 (1906)

Heft: 14

Artikel: Quelques problèmes spéciaux tirés du domaine des turbo-machines hydrauliques

Autor: Neeser, R. / Siegmund, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-25580

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

vancement a dès l'origine, et par suite de la dureté et de la configuration de la roche, été plus lent, sans cependant subir d'arrêt important jusqu'au 30 septembre 1901. La venue des grandes sources froides au km. 4,400 interrompit la perforation mécanique à cette date; elle fut reprise le 15 novembre suivant, mais le 22 du même mois il se produisait un nouvel arrêt au km. 4,422, par suite de la rencontre d'une roche très mauvaise, qui nécessita la pose de 74 cadres complets en fer à ⊢ de 40 cm. entre les km. 4,418 et 4,460, soit sur une longueur de 42 mètres. Enfin, le 20 mai 1902, les perforatrices purent recommencer à fonctionner.

C'est depuis cet arrêt considérable que l'Entreprise se trouva en retard sur le programme définitif des travaux.

A partir du 20 mai 1902 l'avancement Sud reprit une marche régulière, sans grandes interruptions jusqu'au 6 septembre 1904, date à laquelle surgit au km. 9,110 une source chaude (45°,4) de 76 litres par seconde, qui causa un nouvel arrêt des travaux. Les perforatrices recommencèrent à marcher le 22 décembre; enfin, le 24 février 1905, eut lieu la rencontre des deux galeries de base.

Celles-ci avaient été attaquées le 1er août 1898 du côté de Brigue et le 16 du même mois du côté d'Iselle; il a donc fallu 2392 jours de travail, ce qui correspond à un progrès journalier de m. 8,25. Il en résulte pour la perforation mécanique sur les deux versants un avancement moyen de m. 10,63 par jour de travail.

PIERRE DE BLONAY, ingénieur.

(A suivre).

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* ψ_{2i}.

Constatons tout d'abord que les trois groupes d'éléments qui suivent suffisent pour déterminer sans ambiguité la forme de l'aube dans le voisinage immédiat de l'arête $A\,B\,C$;

1° l'arête de sortie $A\,B\,C$, donnée par exemple par les courbes $a\,b\,c$ et $A'\,B'\,C'$ définies ci-dessus;

2° les filets liquides 1—1, 2—2, ... 9—9;

3° les diagrammes de sortie, c'est-à-dire les angles β_{2i} donnés par la figure 6.

Il suffit pour cela de faire voir que tous les plans tangents à l'aube le long de l'arête $A\,B\,C$ sont déterminés. Or nous connaissons en un point quelconque de $A\,B\,C$, J par exemple (fig. 3 et 4), deux droites de ce plan tangent; ce sont les tangentes à deux courbes de la surface de l'aube, savoir:

la tangente T à l'arête $A\,B\,C$, donnée par ses deux projections t et t' (fig. 4);

la tangente R à la trajectoire relative; celle-ci est en effet située sur la surface liquide déterminée par le filet du point J, en sorte que la tangente R se trouvera dans le plan tangent à cette surface liquide en J; ce plan tangent contient aussi la direction de la vitesse périphérique u_{2i}, et comme la droite R doit faire avec $-u_{2i}$ un angle connu β_{2i}, elle est déterminée sans ambiguité.

Il va de soi que ce raisonnement peut se répéter pour tous les points de l'arête $A\,B\,C$. Les éléments 1, 2 et 3 suffisent donc bien pour déterminer tous les plans tangents à l'aube le long de $A\,B\,C$ et par suite l'aube elle-même dans le voisinage immédiat de cette arête.

Examinons maintenant dans quelle hypothèse, et de quelle façon on peut engendrer une région *finie* de l'aube, voisine de $A\,B\,C$.

Pour que la veine liquide comprise entre deux aubes consécutives sorte de la turbine sous forme de jet à faces parallèles, faisant en tous les points du cercle de diamètre D_{2i} avec la direction de $-u_{2i}$ l'angle β_{2i} fixé par les diagrammes (fig. 6), on donne, comme chacun le sait, à la trajectoire relative, dans le voisinage du point de sortie du moins, et sur une longueur suffisante, la forme d'une développante de cercle[1] enroulée pour ainsi dire sur la surface liquide correspondante. Comme ces surfaces liquides sont en général gauches, on leur substitue dans la partie voisine de l'arête $A\ B\ C$ leur cône de raccordement, c'est-à-dire une surface développable, sur laquelle il est possible de tracer la développante faisant avec le cercle de diamètre D_{2i} l'angle donné β_{2i}. En relevant le cône, on obtient la dernière partie de la trajectoire relative, c'est-à-dire une courbe appartenant à l'aube cherchée[2]. Si l'on répète cette construction pour un nombre suffisant de points de l'arête $A\,B\,C$, on détermine ainsi dans l'espace une série de courbes partant de $A\,B\,C$, et par lesquelles on peut faire passer une surface continue, qui sera la dernière partie de l'aube, c'est-à-dire la région finie cherchée.

Par conséquent, si aux éléments 1, 2 et 3 cités plus haut on ajoute la condition du parallélisme de la veine liquide à sa sortie de la turbine, condition réalisée comme nous venons de le dire par l'emploi d'une développante de cercle pour la dernière partie de la trajectoire relative, l'aube est déterminée non seulement dans le voisinage immédiat de $A\,B\,C$ mais dans une région finie voisine de l'arête de sortie. On sera donc à même de déterminer l'intersection de cette région-là et d'une surface quelconque, et en particulier les tangentes à cette intersection. Choisissons par exemple

[1] Voir N° du 10 juillet 1906, page 145.

[1] Quelques auteurs ont proposé la spirale logarithmique qui, entre autres avantages, présente celui de couper tous les cercles concentriques sous le même angle. — Voir en outre les travaux de Prasil déjà cités.

[2] M. Kaplan a donné (voir *Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen*, 1905) le principe d'une méthode plus exacte, qui consiste à remplacer toute la surface liquide par une série finie de cônes de raccordement successifs.

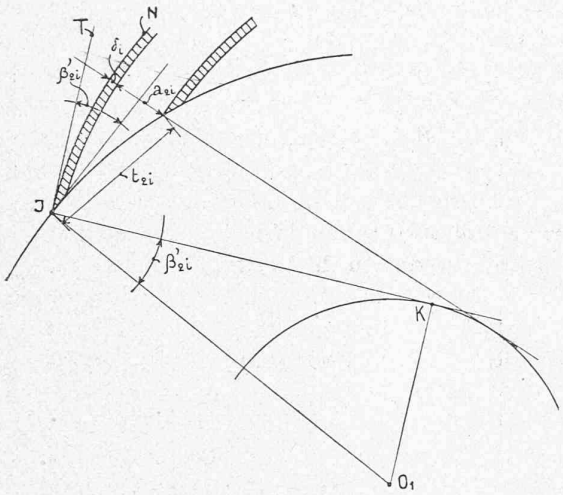


Fig. 8. — Développement du cône normal à l'aube au point J.

comme surface sécante un cône de révolution autour de $O_1\,O_2$, dont la génératrice de front soit $S_1\,S$ (fig. 1). L'intersection sera une courbe dont le caractère géométrique ne saurait être fixé d'une manière générale. Nous supposerons toutefois que pour des cônes sécants voisins du cône de raccordement $R_1\,R$ (fig. 1), cette intersection soit aussi, comme c'est le cas pour ce dernier, une développante de cercle. Si, en particulier, le cône sécant devient un cylindre de révolution autour de $O_1\,O_2$, $Z_1\,Z_\infty$ par exemple, l'intersection cherchée serait une ligne droite (développante d'un cercle de rayon infini), particularité qui nous sera, par la suite, d'une utilité bien précieuse.

La grande simplification que cette hypothèse apporte au problème découle du fait que pour construire le développement de l'une de ces intersections coniques ou cylindriques $(J)\,(S_1)$ du cône $S\,S_1$ (fig. 1), par exemple, il suffira de connaître l'angle β_s, sous le quel elle coupe le cercle $(J)\,J$; l'intersection cherchée $(J)\,(S_1)$ est la développante du cercle de rayon :

$$S\,K = S\,J\,.\,\sin\beta_s.$$

Cette hypothèse se justifie du reste tout à fait; elle offre une approximation bien suffisante en pratique, comme on peut facilement s'en rendre compte sur un exemple concret. Les erreurs qui pourraient en résulter sont en tous cas bien inférieures à celles qu'entraînera nécessairement l'exécution de la roue de turbine.

Appelons maintenant a_{2i} l'ouverture normale de la turbine $n^o\ i$, c'est-à-dire la distance normale entre deux aubes consécutives au point de sortie J, et soit δ_i l'épaisseur de l'aube en ce même point; la valeur du coefficient d'ouverture défini par l'équation 7 sera :

$$\psi_{2i} = \frac{a_{2i}}{a_{2i} + \delta_i}. \qquad 9)$$

Menons par le point J un cône de révolution autour de $O_1\,O_2$ et normal à la surface de l'aube en J, c'est-à-dire un cône dont le plan tangent en ce point soit déterminé par les directions de la vitesse périphérique u_{2i} et de la normale a_{2i} à l'aube. Si nous développons ce cône, nous obtenons (fig. 8) comme développement de la ligne d'intersection de ce cône et de l'aube une courbe JN se rapprochant, selon notre hypothèse avec une exactitude suffisante, d'une développante de cercle; soit t_{2i} le pas des aubes au point J, la formule 9 peut s'écrire :

$$\psi_{2i} = 1 - \frac{\delta_{2i}}{t_{2i}\sin\beta'_{2i}},$$

car évidemment,

$$a_{2i} + \delta_i = t_{2i}\sin\beta'_{2i}, \qquad 10)$$

si bien que le calcul de ψ_{2i} se ramène à la détermination de β'_{2i}.

Or la tangente $J\,T$ à l'intersection $J\,N$ en J fait avec $-\,u_{2i}$ l'angle cherché β'_{2i}, mais $J\,T$ n'est pas autre chose que l'intersection des plans tangents à l'aube et au cône normal en J; ces plans sont perpendiculaires l'un à l'autre et, comme u_{2i} est situé sur l'un d'eux (sur le plan tangent au cône), l'angle β'_{2i} sera l'angle compris entre $-\,u_{2i}$ et le plan tangent à l'aube en J.

Le problème se réduit donc à la détermination de l'angle d'une droite et d'un plan; nous pourrions en supposer connue la solution graphique; seulement, comme la question se présente dans ce cas particulier sous une forme un peu spéciale, nous proposerons au lecteur la méthode suivante, qui a le double avantage d'être d'un emploi commode et rapide, et de pouvoir être utilisée non seulement pour la détermination de ψ_{2i} mais aussi pour le tracé de l'aube.

Soit $a\,b\,c$ (fig. 3 et 4) la courbe située dans le plan axial $E_i\,E_i$, qui, par sa rotation autour de $O_1\,O_2$ engendre la surface de sortie; soit $A'\,B'\,C'$ ($a'\,b'\,c'$ fig. 4) la projection de l'arête de sortie d'une aube sur un plan $P\,P$ perpendiculaire à $O_1\,O_2$; l'arête elle-même $A\,B\,C$ sera, comme nous l'avons vu, l'intersection de la surface de sortie et du cylindre droit $A'\,B'\,C'\,A''\,B''\,C''$ construit sur $A'\,B'\,C'$ comme directrice. Soit en outre J un point quelconque de $A\,B\,C$ par lequel nous faisons passer le plan axial $E_i\,E^i$.

Menons les tangentes t et t' à $a\,b\,c$ et $A'\,B'\,C'$ en J et J'; elles déterminent dans l'espace la tangente T à l'arête $A\,B\,C$ en J. Traçons d'autre part la tangente r à la méridienne $5\,J\,5$ de la surface liquide du point J; r sera la projection sur $E_i\,E_i$ de la tangente R à la trajectoire relative; or u_{2i} est perpendiculaire au plan axial $E_i\,E_i$ et par suite aussi à r, situé dans ce plan; mais comme l'angle compris entre R et $-\,u_{2i}$ doit avoir la valeur connue β_{2i} donnée par le diagramme correspondant, l'angle compris entre R et r en sera le complément, c'est-à-dire aura la valeur $\frac{\pi}{2} - \beta_{2i}$; la direction de R est par suite complètement déterminée. Il en sera de même du plan tangent à l'aube en J, puisqu'il doit contenir les deux droites R et T.

Déterminons maintenant la trace du plan $R\,T$ sur le plan axial $E_i\,E_i$.

Nous avons en J un premier point de cette trace; il est facile d'en trouver un second.

Menons dans ce but, par un point quelconque H_1 de r, un plan auxiliaire perpendiculaire à $E_i\,E_i$ et dont la trace $H_1\,K_1$ sur $E_i\,E_i$ fasse avec t un angle quelconque (un angle droit par exemple); ce plan auxiliaire coupera le plan $R\,T$

suivant $H\,K$; l'intersection L de $H\,K$ et de $H_1\,K_1$ fixera la trace cherchée $J\,L$ des plans $R\,T$ et $E_i\,E_i$. Il est facile de déterminer les points H et K ou plus spécialement leurs rabattements H'_2 et K'_2 autour de $H_1\,K_1$ sur le plan $E_i\,E_i$. En effet, le triangle $J\,H_1\,H$ est rectangle en H_1 et possède en H l'angle β_{2i} connu ; on peut donc le construire sur $E_i\,E_i$ dans son rabattement $J\,H_1\,H_2$; de même le triangle $J\,K_1\,K$ est rectangle en K_1, et l'angle en J, KJK_1, c'est-à-dire l'angle γ de la tangente T à l'arête $A\,B\,C$ et du plan axial $E_i\,E_i$, se détermine au moyen des projections t et t' de T (voir fig. 4, les opérations I, II, III, IV, et 8) ; il est donc aussi possible de construire ce triangle dans son rabattement $J\,K_1\,K_2$ sur $E_i\,E_i$. Les segments

$$H_1\,H = H_1\,H_2 = H_1\,H'_2$$

et

$$K_1\,K = K_1\,K_2 = K_1\,K'_2$$

ainsi déterminés permettent de tracer la droite $H'_2\,K'_2$ qui fournit en L le point cherché.

Connaissant la trace $J\,L$ des plans $R\,T$ et $E_i\,E_i$, il suffira de mener un plan quelconque $H\,H_1\,M$ par exemple, perpendiculaire à JL, c'est-à-dire à chacun des plans $R\,T$ et $E_i\,E_i$, pour obtenir en $H_1\,H\,M$, ou dans le rabattement en $H_1\,H''_2\,M$, l'angle de la vitesse périphérique u_{2i} prise négativement $(H\,H_1)$ et du plan $R\,T$ tangent à l'aube en J.

Cet angle c'est l'angle β'_{2i} cherché.

La figure 4, dans laquelle les éléments du problème sont donnés par leurs projections orthogonales, reproduit le schéma de cette solution. Nous avons utilisé les mêmes lettres et indices que dans la figure perspective 3[1] ; les chiffres encadrés d'un cercle désignent l'ordre dans lequel les opérations se suivent.

En répétant cette opération pour chaque point de sortie, on obtiendra les différentes valeurs qu'affecte le coefficient ψ_2 le long de l'arête $A\,B\,C$; nous pourrons donc nous servir de l'équation 6 et calculer

$$\Sigma\,(q_{2i}),$$

c'est-à-dire vérifier si le débit de la turbine atteint la valeur Q qui lui est assignée.

Ces résultats nous fournissent en même temps un contrôle facile et exact du degré d'exactitude avec lequel la roue mobile aura été exécutée.

L'équation 10 nous fournit en effet la relation :

$$a_{2i} = t_{2i} \sin \beta'_{2i} - \delta_i,$$

grandeur que nous pouvons facilement calculer et qu'il est aisé de mesurer sur la roue exécutée puisque a_{2i} n'est pas autre chose que l'ouverture normale des aubes au point considéré J.

[1] La projection de l'arête sur le plan $P\,P$ a toutefois été désigné par erreur par $a'\,b'\,c'$ dans la fig. 4 et par $A'\,B'\,C'$ dans la fig. 3.

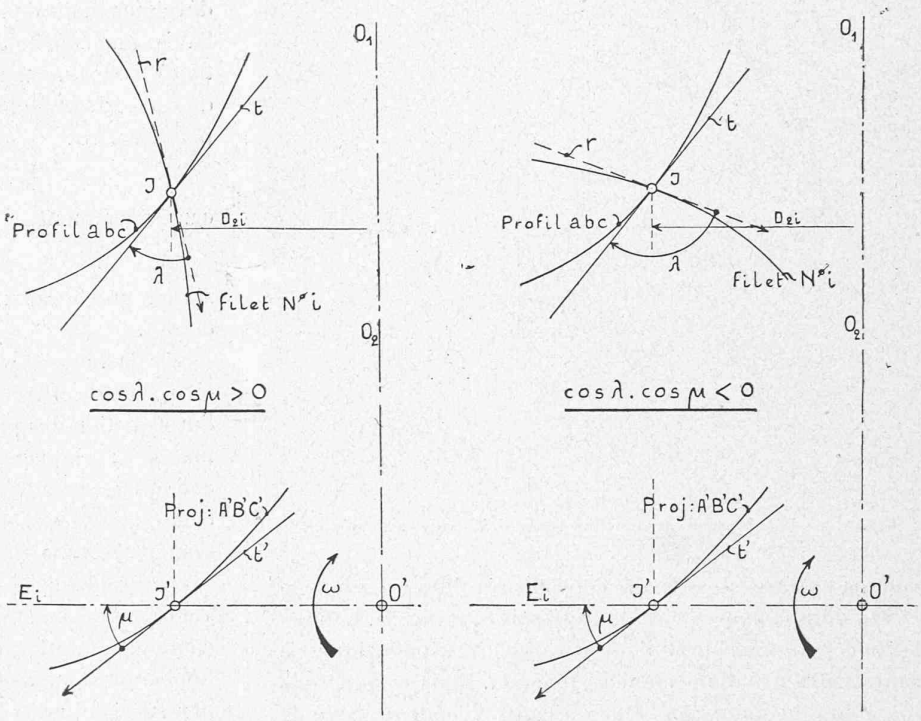


Fig. 9. — Schéma des positions relatives de R et T.

Nous recommandons aux intéressés de réunir les données et résultats du problème en un tableau, qui pourra servir de caractéristique pour la turbine en question, et dont le schéma pourrait s'établir sur le modèle suivant :

N° du point	D_{2i}	u_{2i}	t_{2i}	$\Delta\, b_{2i}$	β_{2i}	γ	β'_{2i}	$t_{2i} \sin \beta'_{2i}$	$a_{2i} = t_{2i} \sin \beta'_{2i} - \delta_i$	$\psi_{2i} = \dfrac{a_{2i}}{a_{2i} + \delta_i}$	$\Delta\, f_{2i} = \pi\, D_{2i}\, \Delta\, b_{2i}\, \psi_{2i}$	v'_{2i}	$q_{2i} = \Delta\, f_{2i} \,.\, c'_{2i}$

Il n'est peut-être pas inutile, avant de passer plus loin, de rendre le lecteur attentif au fait que les segments $H_1\,H$, $(H_1\,H'_2)$ et $K_1\,K$, $(K_1\,K'_2)$ ne sont pas nécessairement situés du même côté de la droite $H_1\,K_1\,L$ (fig. 3 et 4) ; suivant la position qu'occupent les tangentes R et T par rapport au plan axial $E_i\,E_i$, ces segments peuvent être situés du même côté ou de part et d'autre du plan axial $E_i\,E_i$. Il est du reste très facile de déduire des quatre cas qui peuvent se présenter (fig. 9) la règle générale suivante.

Appelons λ l'angle compris entre les projections r et t de R et T sur le plan $E_i\,E_i$, et comptons-le à partir de r vers t dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre ; μ l'angle compris entre la projection t' de T sur un plan

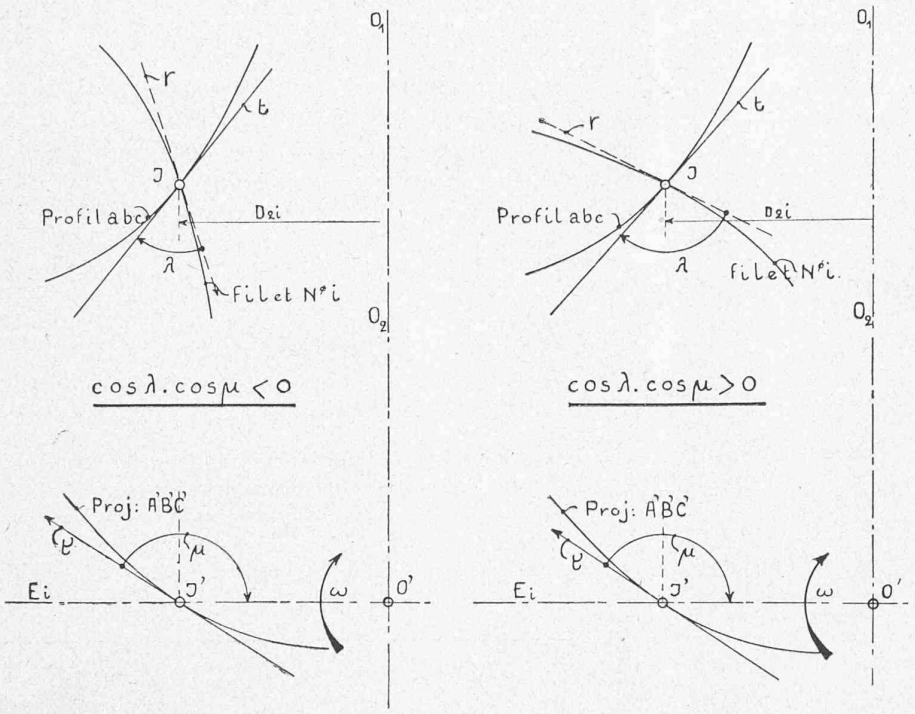


Fig. 9. — Schéma des positions relatives de R et T.

perpendiculaire à l'axe $O_1\ O_2$ et le plan axial $E_i\ E_i$, et comptons-le à partir de t' vers le plan $E_i\ E_i$ dans le sens de la rotation ω de la turbine; les segments $H_1\ H'_2$ et $K_1\ K'_2$ seront du même côté de $H_1\ K_1\ L$ si le produit

$$\cos\lambda \cos\mu \text{ est} > 0,$$

et de part et d'autre de $H\,K\,L$ si le produit

$$\cos\lambda \cos\mu \text{ est} < 0.$$

Il se peut que la somme

$$\pi\ \Sigma\,(D_{2i}\ \Delta\, b_{2i}\ \psi_{2i}\ c'_{2i})$$

des débits de chaque turbine partielle, résultant du choix des diagrammes (fig. 5 et 6) et de la forme de l'arête $A\ B\ C$, (fig. 3 et 4) ne soit pas égale au débit Q que doit absorber la turbine, c'est-à-dire qu'on arrive à l'inégalité.

$$\pi\ \Sigma\,(D_{2i}\ \Delta\, b_{2i}\ \psi_{2i}\ c'_{2i}) \lesseqgtr Q.$$

Le cas qui se présente le plus fréquemment c'est que

$$\Sigma\,(q_{2i}) < Q\,;$$

la turbine absorbe trop peu d'eau.

Pour arriver au débit fixé il s'agit d'augmenter dans la mesure du possible les éléments des produits sous le signe Σ de l'équation 6. Nous admettrons que pour des raisons de construction on ne puisse pas augmenter le diamètre extérieur de sortie, c'est-à-dire les facteurs D_{2i} et $\Delta\, b_{2i}$. On pourrait évidemment se servir du facteur c'_{2i}; ce moyen-là serait même très efficace, parce qu'une augmentation des vitesses absolues c_{2i} agit non seulement sur c'_{2i}, composante de c_{2i} perpendiculaire à u_{2i}, mais aussi sur β_{2i} et par suite sur β'_{2i} et ψ_{2i}, grandeurs qui varient toutes dans le même sens que c_{2i}. Seulement la perte à la sortie ou perte par vitesse restante,

$$p\ \%\ = 100\ \frac{\Sigma\,(q_{2i}\ c_{2i}^2)}{Q\ .\ 2\,g\,H}$$

augmente en même temps que c_{2i}, et le rendement mécanique de la roue mobile diminuera. Il est vrai que l'on peut, dans certains cas, récupérer une partie de cette énergie par l'emploi d'un diffuseur judicieusement construit. Cet appareil est censé, comme chacun le sait, ramener la vitesse de sortie de la roue mobile, c_2, à la valeur plus petite c_3, de façon à ce que la différence

$$\Delta\, h = \frac{c_2^2}{2\,g} - \frac{c_3^2}{2\,g}$$

des hauteurs représentatives de ces vitesses vienne augmenter d'autant la charge effective de la turbine; la perte par vitesse restante du système turbine-diffuseur serait ainsi réduite à:

$$p'\ \%\ = 100\ \frac{c_3^2}{2\,g\,H}$$

où $$p' < p.$$

Mais il est toujours prudent de ne pas trop forcer l'action du diffuseur; ces appareils possèdent un rendement qui varie suivant leur forme et qui diminue si la différence $c_3 - c_2$ augmente. Ce rendement est donc toujours mauvais là où l'action du diffuseur devrait être le plus efficace. Malheureusement la littérature technique est peu documentée sur ce sujet-là. Peut-être les expériences récentes, mais encore incomplètes de M. Bänninger[1] réussiront-elles à combler cette lacune. Supposons donc que la limite supérieure des vitesses c_{2i} soit atteinte, il nous restera encore pour augmenter le débit Q de la turbine une dernière ressource: le choix des termes ψ_{2i}.

Nous ferons voir dans un prochain chapitre qu'on peut, en choisissant convenablement l'arête de sortie $A\ B\ C$, augmenter dans certaines limites la valeur des coefficients ψ_{2i}, et avec eux le débit Q, tout en conservant la même perte à la sortie p, et sans rien changer à la forme des profils extérieur et intérieur de la roue (1—1, 9—9, fig. 1).

Cas particulier.

Un cas particulier important à cause de la grande simplification qu'il apporte au problème, c'est celui où

$$\gamma = 0,$$

c'est-à-dire où l'arête de sortie $A\ B\ C$ est comprise toute entière dans le plan axial $E_i\ E_i$; elle se confond alors avec la courbe $a\ b\ c$ (fig. 10). Il est intéressant de voir ce que devient, dans ce cas, la détermination graphique de ψ_{2i}.

Il est facile de constater (fig. 4) que, si

$$\gamma = 0,$$

[1] Voir *Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen*, 10 janv. 1906.

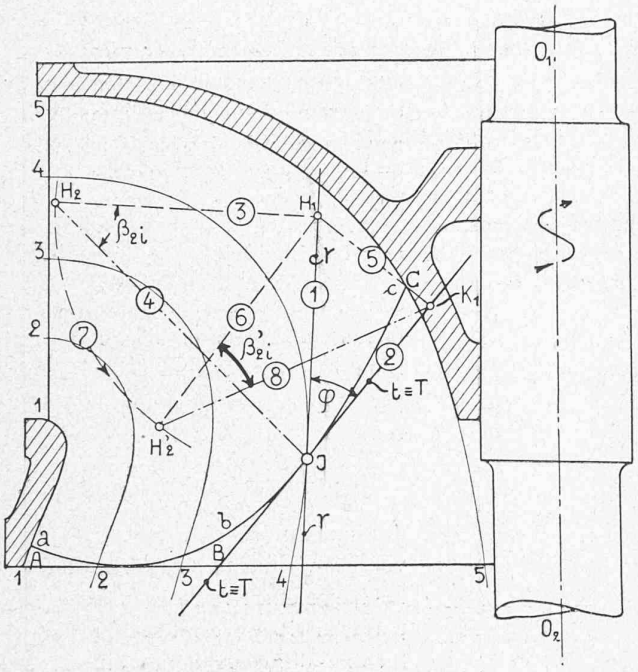


Fig. 10. — Détermination de ψ_{2i} pour le cas particulier où $\gamma = O$.

les segments

$$K_1 K_2 = K_1 K'_2,$$

se réduisent eux aussi à zéro ; le point L tombe en K_1, si bien que la trace $J L$ du plan $R T$ sur le plan $E_i E_i$ se confondra avec la tangente

$$J K_1 \equiv t \equiv T$$

à l'arête de sortie au point considéré. Ce résultat est du reste évident par lui-même puisque le plan $R T$ doit contenir la tangente $t \equiv T$ située désormais sur le plan axial $E_i E_i$.

La solution graphique (fig 4) se réduit donc au schéma suivant (fig. 10), qui nous fournit en $K_1 H'_2 H_1$ la valeur de l'angle β'_{2i} et par suite, en tenant compte des équations 9 et 10, l'ouverture normale :

$$a_{2i} = t_{2i} \sin \beta'_{2i} - \delta_i$$

et le coefficient d'ouverture :

$$\psi_{2i} = 1 - \frac{\delta_i}{t_{2i} \sin \beta'_{2i}}.$$

Il existe, dans le cas particulier qui nous occupe, une relation très simple entre les angles β'_{2i}, β_{2i}, et l'angle φ (fig. 10) de r et t. Les triangles rectangles $J H_1 H_2$ et $K_1 H_1 H'_2$ nous fournissent en effet les équations :

$$tg\, \beta_{2i} = \frac{H_1 J}{H_1 H_2}$$

$$tg\, \beta'_{2i} = \frac{H_1 K_1}{H_1 H'_2}$$

d'où, comme

$$H_1 H_2 = H_1 H'_2,$$

$$\frac{tg\, \beta'_{2i}}{tg\, \beta_{2i}} = \frac{H_1 K_1}{H_1 J} = \sin \varphi. \qquad 13)$$

On en tirerait, en se servant de l'équation 10 :

$$a_{2i} = t_{2i} \frac{\sin \varphi\, tg\, \beta_{2i}}{\sqrt{1 + \sin^2 \varphi\, tg^2\, \beta_{2i}}} - \delta_i\,. \qquad 14$$

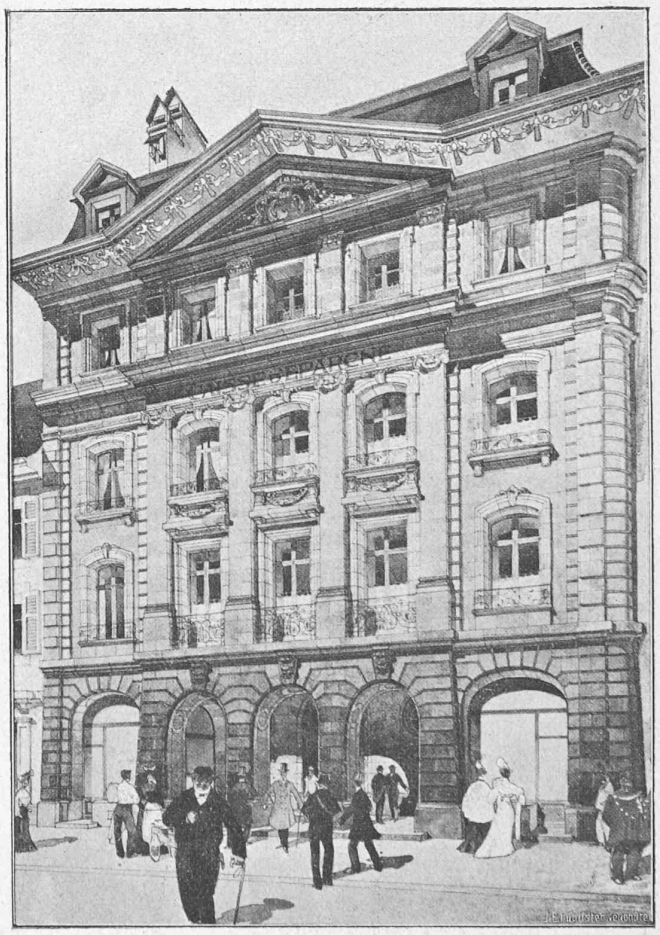
La solution graphique (fig. 10) est ici aussi préférable à la solution analytique donnée par les équations 13 et 14 ; elle est plus exacte et plus expéditive. Nous avons toutefois jugé bon de noter en passant les équations 13 et 14, parce que nous nous en servirons par la suite.

(A suivre).

Divers.

Concours pour un Hôtel de la Caisse d'Epargne de Neuchâtel, à Chaux-de-Fonds [1].

IIe prix : Projet « Tire-Lire ».
Architecte : M. M. Braillard, à Genève.



Façade sur la rue Léopold Robert.

Nous reproduisons ci-contre (pages 166-167) les planches principales du projet « Tire-Lire ». Dans un prochain numéro, nous publierons de même les autres projets primés à ce concours.

[1] Voir nº du 25 juin 1906, page 143.