

primitif. Les deux parois sont séparées par le remplissage qui a rempli non seulement le vide laissé intentionnellement mais aussi les fissures produites au cours de la dessiccation de la maçonnerie extérieure.

Dans ces conditions, on conçoit que les assertions formulées contre la solidité de l'ouvrage soient contestables et que les auteurs et exécuteurs du travail de surélévation soient portés à trouver que, malgré son mérite et ses titres, Sir W. Willcocks est en l'occurrence un peu... orfèvre.

La maçonnerie du Barrage d'Assouan n'atteint que le tiers du volume de celle de la Grande Pyramide. Cela ne donne peut-être pas une idée très juste du volume du barrage, mais bien plutôt de celui de la Grande Pyramide.

Nous avons reproduit des gravures données par notre confrère *The Engineer*, dont les articles sur les ouvrages de génie civil sont toujours lus avec le plus vif intérêt.

F. CHARLES.

## ROUES MOBILES POUR TURBINES FRANCIS

**Détermination des dimensions principales des roues mobiles pour turbines Francis et construction des tableaux, graphiques, correspondant aux différentes séries.**

Les progrès toujours croissant de la mécanique ont fait naître une grande concurrence dans l'industrie métallique.

Notamment les constructeurs de turbines hydrauliques ont été obligés de modifier leurs modèles de turbines pour arriver à réduire le prix de revient au minimum.

Pour obtenir ce résultat, il faut simplifier la construction le plus possible sans nuire au bon fonctionnement, à la bonne construction et au rendement.

Les constructeurs ont cherché à établir sur le même modèle une grande quantité de pièces pour diminuer leurs frais et la main-d'œuvre, afin d'arriver à des prix de revient excessivement réduits.

Les ingénieurs hydrauliciens classent leurs turbines par séries pour répondre à toutes les applications en apportant, le cas échéant, de légères modifications sans être obligé d'établir des modèles spéciaux.

Dans le texte ci-dessous on trouvera les indications nécessaires : 1° pour la construction et l'application des tableaux de séries, et 2° pour la détermination des dimensions principales d'une turbine Francis lorsqu'on connaît la hauteur de chute H en mètres, le débit Q en mètres cubes par seconde et le nombre de tours n par minute.

S = chiffre de système.

$$n' = \frac{n}{\sqrt{H}} \quad Q' = \frac{Q}{\sqrt{H}}$$

D = diamètre de la roue mobile.

Pour H = 1.0 mètre.

$$n' = n ; \quad Q' = Q$$

Le calcul des roues mobiles est basé sur la valeur S que l'ingénieur Holl a appliqué pour établir sa règle à calculs « Turbo ».

$$S = \frac{n \sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H^3}} \quad (1)$$

Dans le cas où H = 1.0 mètre on a :

$$S = n' \sqrt{Q'} = n \sqrt{Q} \quad (1a)$$

Pour construire une turbine on part généralement du diamètre D de la roue mobile qui est à introduire dans le calcul.

D sera exprimé en fonction du débit Q.

$$D = \varphi \cdot \sqrt{Q'} \quad (2)$$

où  $\varphi$  est un coefficient qui dépend de S, chiffre du système.

$$\sqrt{Q'} = \frac{D}{\varphi} \quad (2a)$$

En remplaçant dans la formule (1a) la valeur  $\sqrt{Q'}$  par celle de la formule (2a) on a :

$$S = \frac{n' \cdot D}{\varphi} \quad (3)$$

Dans une même série de roues mobiles la valeur D.n' est constant et on peut en général écrire :

$$S = \frac{C}{\varphi} \quad (3a)$$

On peut se servir de l'exemple ci-dessous pour déterminer la valeur de  $\varphi$  :

EXEMPLE : Soit :

$\alpha = 24^\circ$  l'angle de sortie du distributeur ;

$\beta = 90^\circ$  l'angle d'entrée dans la roue mobile ;

$u'$  = vitesse circonférentielle de la roue mobile pour

H = 1.0 mètre ;

R = rendement hydraulique 83 pour 100 environ.

D'après le professeur Pfarr :

$$u' = \sqrt{g \cdot R \left( 1 - \frac{tg \alpha}{tg \beta} \right)} = 2.85 \text{ m.}$$

mais

$$u' = \frac{D \cdot \pi \cdot n'}{60}$$

d'où :

$$D \cdot n' = C = \frac{69 \cdot u'}{\pi} = 54,5.$$

Si nous adoptons dans l'exemple ci-dessus S = 47,5, la valeur de  $\varphi$  sera :

$$\varphi = \frac{D \cdot n'}{S} = \frac{C}{S} = \frac{54,5}{47,5} = 1,15$$

En remplaçant dans la formule (2)  $\varphi$  par la valeur ainsi trouvée, on peut déterminer le diamètre de la roue mobile pour toutes les valeurs de Q pour S = 47,5.

La relation existant entre les valeurs Q, D et  $\varphi$  est mise en évidence par le graphique du tableau N° 1, obtenu en mettant la formule (2) sous la forme ci-après :

$$\frac{D}{Q'} = \frac{\varphi^2}{D} \quad (4)$$

La construction de ce graphique se fait en portant en abscisses et à droite les valeurs de  $\varphi^2$  et en ordonnées les valeurs de D ; le Q' correspondant s'obtient en réunissant les deux points ainsi obtenus par une ligne droite et en élevant une perpendiculaire sur cette droite au point d', intersection avec la ligne des ordonnées, cette perpendiculaire rencontre la ligne des abscisses à gauche en un point dont la distance à l'ordonnée représente la valeur Q'.

Si on connaît deux de ces valeurs, il est facile de déterminer l'autre.

La construction du graphique N° 2 donné à titre d'exemple a été exécutée pour = 1,15.

On recommande généralement de faire une construction à grande échelle pour chaque série, lesquelles sont à déterminer par  $\varphi$ , afin d'éviter les confusions et pour obtenir des résultats plus exacts.

La relation existant entre  $\varphi$  et  $S$  est mise en évidence par le graphique du tableau N° 2 où se trouve aussi indiqué : 1° les valeurs des angles  $\alpha$  et  $\beta$  qui ont donné de bons résultats, et 2° les valeurs de  $u'$  correspondant à ces angles.

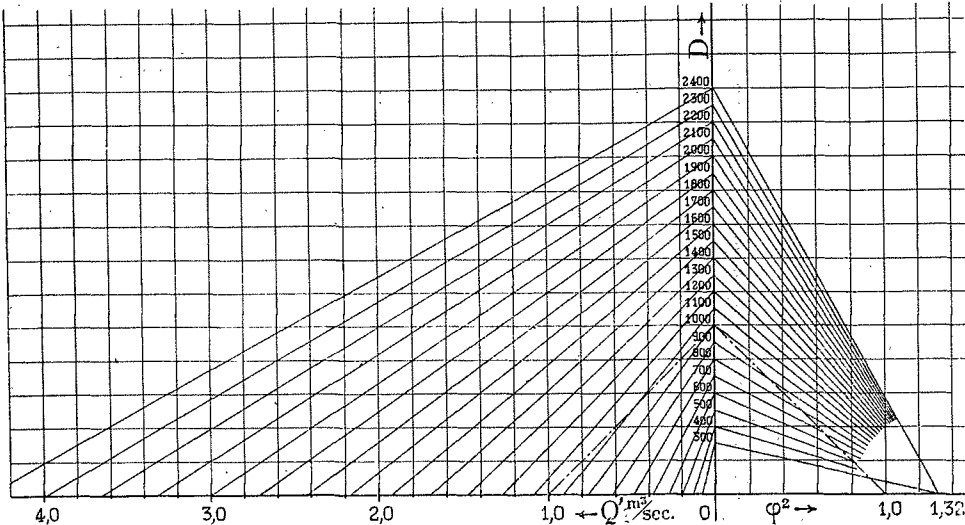


FIG. 1.

Pour avoir la hauteur d'entrée  $b$  de la roue mobile, dont on connaît le diamètre, on peut se servir de la formule générale :

$$b = \frac{Q'}{\pi \cdot D \cdot k \cdot c' \cdot \sin \alpha} = \frac{Q}{\pi \cdot D \cdot k \cdot c \cdot \sin \alpha} \quad (5.)$$

dans laquelle  $c$  et  $c'$  sont les vitesses à la sortie du distributeur ;  $k$  un coefficient de correction plus petit que 1, pour tenir compte de la diminution de section due à l'épaisseur des aubes et aux espaces morts entre le distributeur et la roue mobile.

Dans le cas où les aubes sont bien exécutées et taillées, la valeur  $k$  atteint sensiblement 1.

On recommande cependant de donner à  $k$  une valeur comprise entre 0,93 et 0,98.

L'emploi de la méthode exposée ci-dessus conduit à des dimensions très peu différentes de celles qui ont été employées, par une grande maison, pour l'exécution des quatre roues mobiles citées dans les exemples ci-dessous :

1<sup>er</sup> EXEMPLE

Quels sont le diamètre et la hauteur à l'entrée de la roue mobile correspondant à :

$H = 190 \text{ m. ; } Q = 210 \text{ l/sec. ; } n = 1000 \text{ tours/minute ?}$

$$S = \frac{n \cdot \sqrt[4]{Q}}{\sqrt[4]{H^3}} = \frac{1000 \cdot \sqrt[4]{0,21}}{\sqrt[4]{100^3}} = 14,45.$$

Avec la valeur ainsi trouvée pour  $S$ , on recherchera  $\varphi$  dans le graphique N° 2 :

$$\varphi = 3,4$$

$$Q' = \frac{Q}{\sqrt[4]{H}} = \frac{210}{\sqrt[4]{100}} = 21 \text{ l/sec.}$$

$$D = \varphi \cdot \sqrt[4]{Q'} = 3,4 \cdot 0,021 = 493 \text{ mm.}$$

$$c = 0,6 \cdot \sqrt{2gH} = 0,6 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 100} = 26,6 \text{ m/sec.}$$

$$k = 0,93$$

d'après le graphique N° 2 :

$$\alpha = 14^\circ 20'$$

$$b = \frac{Q}{\pi \cdot D \cdot c \cdot \sin \alpha} = \frac{210}{\pi \cdot 4,93 \cdot 26,6 \cdot \sin 14^\circ 20'} = 21 \text{ m/m.}$$

La turbine exécutée avait les dimensions suivantes :

$$D = 500 \text{ mm.}$$

$$b = 25 \text{ mm.}$$

\*\*

2° EXEMPLE

Quels sont le diamètre et la hauteur à l'entrée de la roue mobile correspondant à :

$$H = 80 \text{ m. ;}$$

$$Q = 710 \text{ l/sec. ; } n = 750 \text{ tours/minute ?}$$

$$S = \frac{750 \cdot \sqrt[4]{0,71}}{\sqrt[4]{80^3}} = 23,6.$$

avec la valeur ainsi trouvée pour  $S$ , on recherchera  $\varphi$  dans le graphique N° 2 :

$$\varphi = 21.$$

$$Q' = \frac{710}{\sqrt[4]{80}} = 79,4 \text{ l/sec.}$$

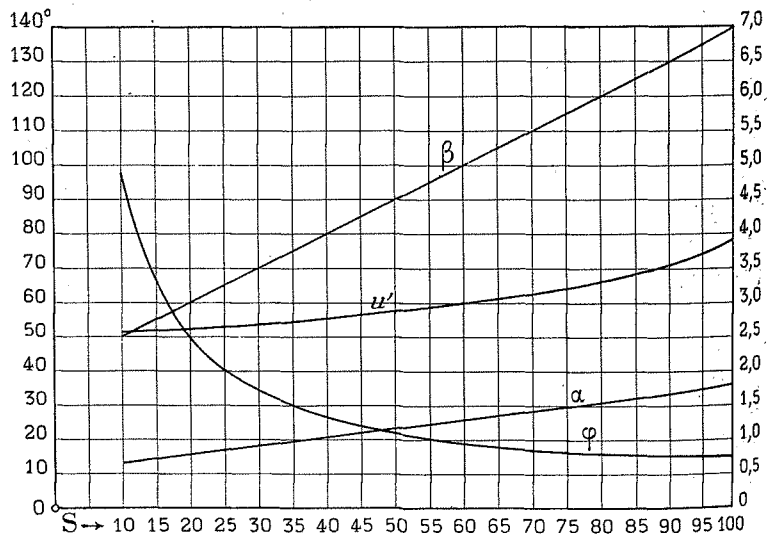


FIG. 2.

$$D = 2,1 \cdot \sqrt[4]{0,0794} = 595 \text{ mm.}$$

$$c = 0,60 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot 80} = 23,75 \text{ m/sec. } k = 0,93.$$

d'après le graphique N° 2 :

$$\alpha = 16^\circ 30'.$$

$$b = \frac{710}{\pi \cdot 5,95 \cdot 0,93 \cdot 23,75 \cdot \sin 16^\circ 30'} = 61 \text{ mm.}$$

La turbine exécutée avait les dimensions suivantes :

$$D = 600 \text{ mm.}$$

$$b = 60 \text{ mm.}$$

3° EXEMPLE

Quels sont le diamètre et la hauteur à l'entrée de la roue mobile correspondant à

$$H = 21,6 \text{ m. ; } Q = 1350 \text{ l/sec. ; } n = 500 \text{ tours/minute?}$$

$$S = \frac{500 \cdot \sqrt{1,35}}{\sqrt[4]{21,6^3}} = 58,1.$$

avec la valeur ainsi trouvée pour S, on recherchera  $\varphi$  dans le graphique N° 2 :

$$\varphi = 0,96.$$

$$Q' = \frac{1350}{\sqrt{21,6}} = 26,2 \text{ l/sec.}$$

$$D = 0,96 \cdot \sqrt{0,262} = 492 \text{ mm.}$$

$c = 0,60 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot 21,6} = 12,34 \text{ m/sec. ; } k = 0,93.$   
d'après le graphique N° 2 :

$$\alpha = 25^\circ 20'.$$

$$b = \frac{1350}{\pi \cdot 4,92 \cdot 0,93 \cdot 12,34 \cdot \sin 25^\circ 20'} = 172 \text{ m/m.}$$

La turbine exécutée avait les dimensions suivantes :

$$D = 500 \text{ mm.}$$

$$b = 165 \text{ mm.}$$

4° EXEMPLE

Quels sont le diamètre et la hauteur d'entrée de la roue mobile correspondant à :

$$H = 16,8 \text{ m. ; } Q = 485 \text{ l/sec. ; } n = 900 \text{ tours/minute ?}$$

$$S = \frac{900 \cdot \sqrt{0,485}}{\sqrt[4]{16,8^3}} = 75,8.$$

avec la valeur ainsi trouvée pour S, on recherchera  $\varphi$  dans le graphique N° 2 :

$$\varphi = 0,8$$

$$Q' = \frac{485}{\sqrt{16,8}} = 118,3 \text{ l/sec.}$$

$$D = 0,8 \cdot \sqrt{0,1183} = 273 \text{ mm.}$$

d'après le graphique N° 2 :

$$\alpha = 30^\circ.$$

$$c = 0,6 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot 16,8} = 10,8 \text{ m/sec. ; } k = 0,93$$

$$b = \frac{485}{\pi \cdot 2,75 \cdot 0,93 \cdot 10,8 \cdot \sin 30^\circ} = 112 \text{ m/m.}$$

La turbine exécutée avait les dimensions suivantes :

$$D = 300 \text{ mm.}$$

$$b = 100 \text{ mm.}$$

Théodor KACH,

Ingénieur Hydraulicien.

## LA STÉRÉO-AUTOGRAMMÉTRIE

L'utilité de lever définitivement avec précision le terrain sur lequel l'ingénieur médite d'installer artifices, usines, canaux, chemins, etc., n'est plus à démontrer aux lecteurs de *La Houille Blanche*, et, bien que la topographie régulière ne soit enseignée chez nous que dans quelques écoles, militaires pour la plupart, bien qu'à notre connaissance, elle ne le soit dans aucune de nos Facultés de Sciences, nombre d'ingénieurs, dans ces dernières années, se sont

initiés à ces procédés avec plus de soin approfondi que ne le firent leurs prédécesseurs.

C'est sous l'empire de la nécessité que se fit cette évolution ; l'ingénieur actuel qui doit combiner souvent l'organisation de longs tunnels, de canaux importants, de routes, de lignes de transport d'énergie, sans parler de l'implantation d'ouvrage d'art variés tels que barrages, soutènements, écluses, etc., ne pouvait plus se contenter de renseignements sommaires comme le firent ses prédécesseurs. A ceux-ci le temps était imparti avec plus de largesse ; les études duraient plus longtemps qu'elles ne le peuvent faire aujourd'hui alors que la concurrence fiévreuse est là pour presser l'activité de chacun : on avait autrefois tout loisir de rectifier sur le terrain des erreurs restées dans les projets, faute d'informations topographiques (ou autres) suffisamment précises. Aujourd'hui il faut rédiger vite des projets précis, exacts, rapidement exécutables. Comment le pourrait faire l'ingénieur s'il n'avait chez lui, sous la main, un portrait fidèle du terrain sur lequel il n'a le loisir de faire que de rares et rapides excursions ? Ce portrait c'est le lever.

Les méthodes régulières de lever sont méticuleuses, lentes, et de plus de mise en œuvre onéreuse quand on recherche la grande exactitude. Les méthodes rapides n'ont qu'une précision insuffisante. Ces embarras avaient depuis longtemps frappé un officier français, le colonel du génie Laussedat, et celui-ci, dès 1854, après des essais remontant à 1850 et même plus tôt encore, montrait, par des exemples probants qu'en utilisant les clichés photographiques ordinaires d'un paysage, il était facile, par le moyen de l'opération de géométrie simple appelée : *restitution de perspective*, de se procurer *en plan* la définition du terrain photographié.

Je n'étonnerai personne, je pense, en disant que l'idée de Laussedat ne fut pas acceptée facilement. — On lui fit nombre d'objections parmi lesquelles la plus grave suffisant à reléguer le procédé dans le musée des curiosités, loin des applications pratiques, était que la plaque photographique prenant tout ce qu'elle voit, les clichés étaient confus et les erreurs sur les points vus et reportés en plan fréquentes et irréductibles.

Laussedat s'acharna, perfectionna sa technique et, en particulier, inspira les travaux de Bertillon lorsque celui-ci, créant la photographie judiciaire, produisit ses photographies cotées par le moyen desquelles il est possible de photographier l'appartement où s'est produit un crime, à une échelle telle qu'il est ensuite très facile de lire sur l'épreuve photographique mise entre les mains des juges et des jurés, les dimensions vraies des salles, meubles, tableaux, etc.

Un autre savant, le D<sup>r</sup> Gustave Le Bon, si célèbre aujourd'hui, comprit un des premiers de quel secours la photographie pouvait être pour l'étude des monuments et des itinéraires, et il en fit un large emploi dans son voyage aux Indes.

Malgré ces incitations, le nouveau procédé restait inconnu de la masse des topographes : il fallut que les Allemands, dont le goût pour le stéréoscope est bien connu, s'aperçussent qu'en mettant dans un stéréoscope les deux clichés d'un même paysage pris aux deux extrémités d'une base, on voyait les reliefs, et surtout la succession des *plans perspectifs* successifs, se différencier mutuellement avec d'autant plus de netteté que les épreuves avaient été prises aux extrémités d'une base plus longue.

Du coup l'objection relative à la confusion des points du cliché tombait : il était clair que plus la confusion était à craindre, plus la base devait être longue, chose facile à réa-