Étude aérodynamique d'une tour réfrigérante en forme d'hyperboloide de révolution

Autor(en): **Golubovi, G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE publications = Mémoires AIPC = IVBH Abhandlungen**

Band (Jahr): **17 (1957)**

PDF erstellt am: **29.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-15755

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Etude aérodynamique d'une tour réfrigérante en forme d'hyperboloide de révolution

Aerodynamische Untersuchung eines Kühlturmes von der Form eines Rotationshyperboloides

Aerodynamic Study of a Cooling Tower in the Form of a Hyperboloid of Revolution

G. Golubović, Dr. Ing., Dir. technique de la Photostress, Paris

Introduction

D'après les résultats des mesures extensométriques sur un modèle d'une tour réfrigérante en forme d'hyperboloide de révolution, que nous avons exposés dans un autre article, nous avons pu constater que l'état de la surface extérieure du modèle joue un rôle important dans la répartition des contraintes. Cette constatation nous a poussé vers une étude du problème sur le modèle réduit de la tour réfrigérante. Pour obtenir des résultats satisfaisants, nous avons examiné l'influence de quelques variables dans ce problème de l'influence du vent sur une tour réfrigérante en forme hyperbolique.

Similitude et préparation des essais

Le modèle utilisé dans cette étude représentait d'après les lois de similitude théorique un modèle vrai d'une tour réelle, c'est-à-dire un modèle à une seule échelle géométrique. Comme dans le problème de la traînée d'un corps immergé dans un fluide en mouvement, l'épaisseur du corps n'est pas importante pour les lois de la similitude; nous avons donc exécuté un modèle d'épaisseur constante qui facilitait le montage des prises de pressions.

D'après la théorie de Buckingham de la similitude théorique nous avons pu établir une fonction de variables sans dimensions qui définit les lois de la similitude:

$$\frac{q}{\rho v^2} = \phi(R) = \phi\left(\frac{v l \rho}{\mu}\right) \tag{1}$$

où q = pression du vent; ρ = la densité de l'air; v = la vitesse du vent; l = valeur géométrique; μ = coefficient dynamique de viscosité et R = le nombre de Reynolds. Cette fonction de variables sans dimensions nous donne deux lois de la similitude, tenant compte du fait que les essais sur le modèle ont été effectués également avec un vent d'air ordinaire, dans une soufflerie. Cela nous donne donc:

$$K_q = K_v^2; \qquad K_R = \frac{R_{prototype}}{R_{modèle}} = 1. \tag{2}$$

Dans notre cas, le nombre de Reynolds pour le prototype est de l'ordre de 10^7, et pour le modèle de l'ordre de 10^5 ce qui complique la loi de similitude concernant la vitesse du vent. Mais, se basant sur les travaux expérimentaux exécutés sur les sphères et cylindres, nous avons pu constater que le terme gauche de notre fonction (1) n'est pas influencé par le changement du nombre de Reynolds à partir d'une certaine valeur qui se trouve entre le 10^3 et 10^5. Dans cette région existe une zone de transition dans laquelle cette fonction (1) change brusquement, mais, comme nous le voyons, cette zone se trouve au-dessous des valeurs du nombre R caractérisant notre étude sur la tour hyperbolique. D'après cela, la deuxième loi de la similitude (2) est satisfaite et la loi de la vitesse est donnée par la première loi (2).

Pour exécuter les mesures, nous avons fait 14 prises de pression sur une génératrice verticale (fig. 1) de façon à pouvoir suivre les pressions en fonction de l'angle horizontal. Utilisant la symétrie du modèle nous pouvons, en tournant le modèle autour de son axe de révolution, enregistrer les pressions sur toute sa surface. Nous avons exécuté 7 essais différents avec différents états

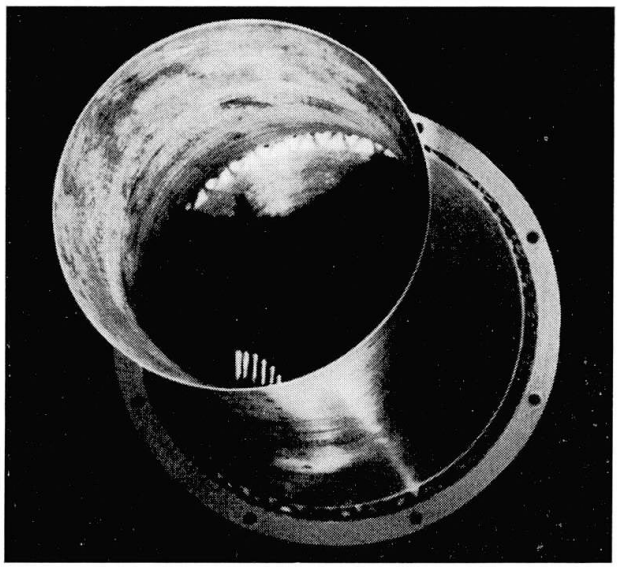

Fig. 1. Modèle de la tour réfrigérante en forme hyperbolique montrant la génératrice verticale avec des olives et prises de pression.

de la surface extérieure, dont les variables étaient la position des nervures, l'épaisseur des nervures et leur pas. Tout d'abord, nous avons effectué les mesures avec des nervures verticales, dont le diamètre représentait $\sim 1/3$ de l'épaisseur de la coque, placées dans le sens des génératrices verticales, et dont le pas était égal à $\lambda = 0{,}30$. λ étant le rapport entre le pas de deux nervures au col et le rayon de la coque au col. Le deuxième essai était comparable au premier, mais avec le coefficient $\lambda = 0{,}15$. Le troisième essai consistait également dans les mesures des pressions dans le cas des nervures verticales, mais dont l'épaisseur était de l'ordre de l'épaisseur de la coque, soit 1 mm et avec le facteur $\lambda = 0{,}30$. Dans ces trois premiers essais, nous avons changé deux variables, l'épaisseur de la nervure même et le pas entre deux nervures, en conservant le même système de nervures.

Dans la deuxième partie de cette étude, nous avons gardé l'épaisseur de nervures $\phi = 0{,}3$ mm, soit $\sim 1/3$ de l'épaisseur de la coque, mais nous avons changé les systèmes de nervures. Ainsi, le quatrième système représentait les nervures horizontales dont le facteur λ était 0,30. Le cinquième système représentait le modèle avec la surface lisse, sans nervures. Le sixième système était caractérisé par des nervures obliques suivant une seule famille des génératrices rectilignes, dont le facteur λ était 0,25. Et, enfin, le septième système possédait des nervures obliques suivant les deux familles de génératrices rectilignes.

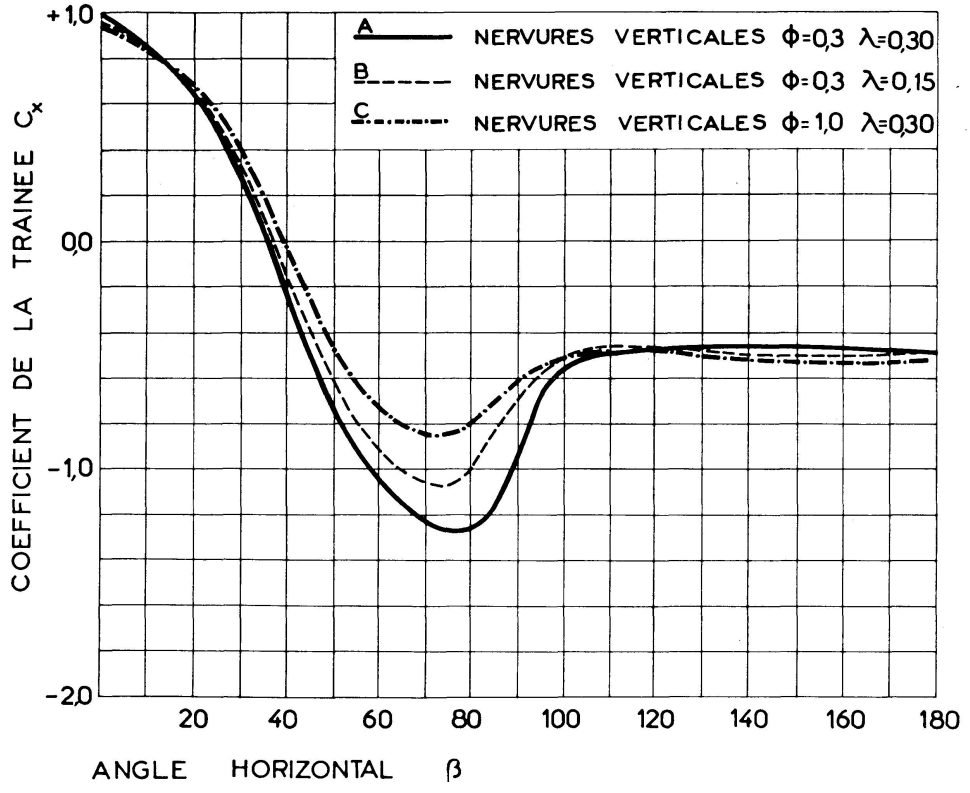

Fig. 2. Les courbes $C_x - \beta$ dans le cas des différents systèmes des nervures verticales. On remarque l'influence des variables: le pas et l'épaisseur.

Le modèle était fait en aluminium et les nervures en laiton. Elles ont été collées avec de la colle cellulosique, ce qui était pratique dans notre cas. Les mesures ont été effectuées au moyen d'un multimanomètre qui facilitait le travail.

Résultats expérimentaux

Les résultats de mesures ont montré nettement l'influence de variables examinées dans notre étude. La fig. 2 nous donne trois courbes d'un seul système de nervures verticales où les variables sont l'épaisseur de la nervure et le pas des nervures. Nous pouvons d'après les résultats obtenus constater que l'épaisseur de la nervure joue un rôle plus important que leur pas. En changeant l'épaisseur, la partie de la courbe qui représente la dépression diminue visiblement et dans le cas du changement du pas, cette diminution est moins grande.

D'autre part, dans le cas des nervures horizontales nous voyons (fig. 3) qu'il n'existe pratiquement pas de différence entre les courbes des pressions pour un modèle sans nervures et un modèle avec les nervures horizontales. Mais, ce que nous voyons en comparant les courbes des figures 2 et 3 est que la différence entre une surface lisse et une surface nervurée dans le sens de géné-

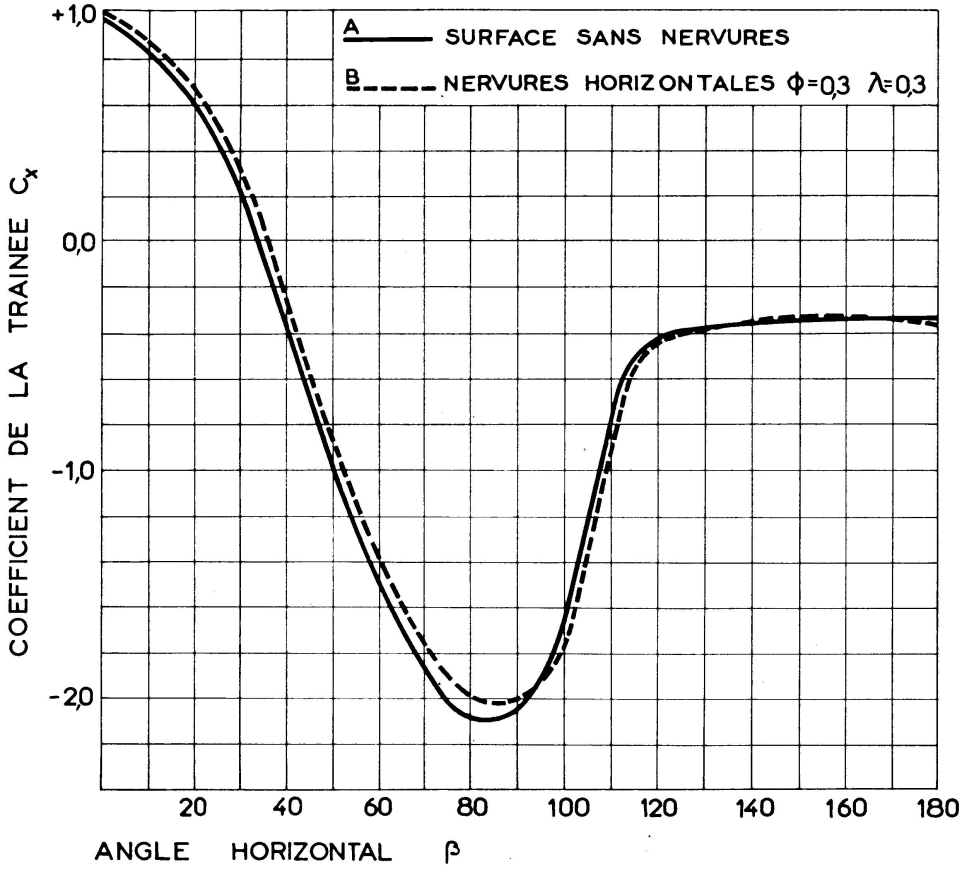

Fig. 3. Les courbes $C_x - \beta$ dans le cas des surfaces lisse et nervurée horizontalement. Pratiquement aucune influence des nervures horizontales.

ratrices verticales est très grande. Le coefficient C_x maximum dans le cas d'une surface lisse est plus de deux fois plus grand que le coefficient C_x maximum dans le cas d'une surface nervurée verticalement.

La fig. 4 nous montre deux courbes correspondant aux deux systèmes de nervures obliques suivant la direction des familles de génératrices rectilignes. Dans ce cas, nous avons pu constater que le système de nervures suivant deux familles de génératrices rectilignes est le meilleur système pour une épaisseur constante de la nervure. Le cas des nervures en direction d'une seule famille de génératrices rectilignes n'est pas symétrique par rapport au plan de l'action du vent, ce qui est visible sur notre courbe par le décalage de la valeur $C = 0$. Ce décalage peut provoquer une torsion de la construction. Mais en tous cas, l'allure de la partie de la courbe dans la région de la dépression n'est pas mauvaise.

Nous pouvons ajouter ici que les courbes expérimentales exposées dans notre article représentent les valeurs maxima de pression par rapport à la hauteur et se situent aux environs du col. Nous avons aussi constaté une amélioration en sens de la diminution de la surface négative $C_x - \beta$ en appliquant le modèle creux, car l'application du modèle plein en forme hyperbolique introduit également l'augmentation du coefficient C_x à partir de l'angle $\beta = 90$, ce qui était le cas des expérimentateurs précédents.

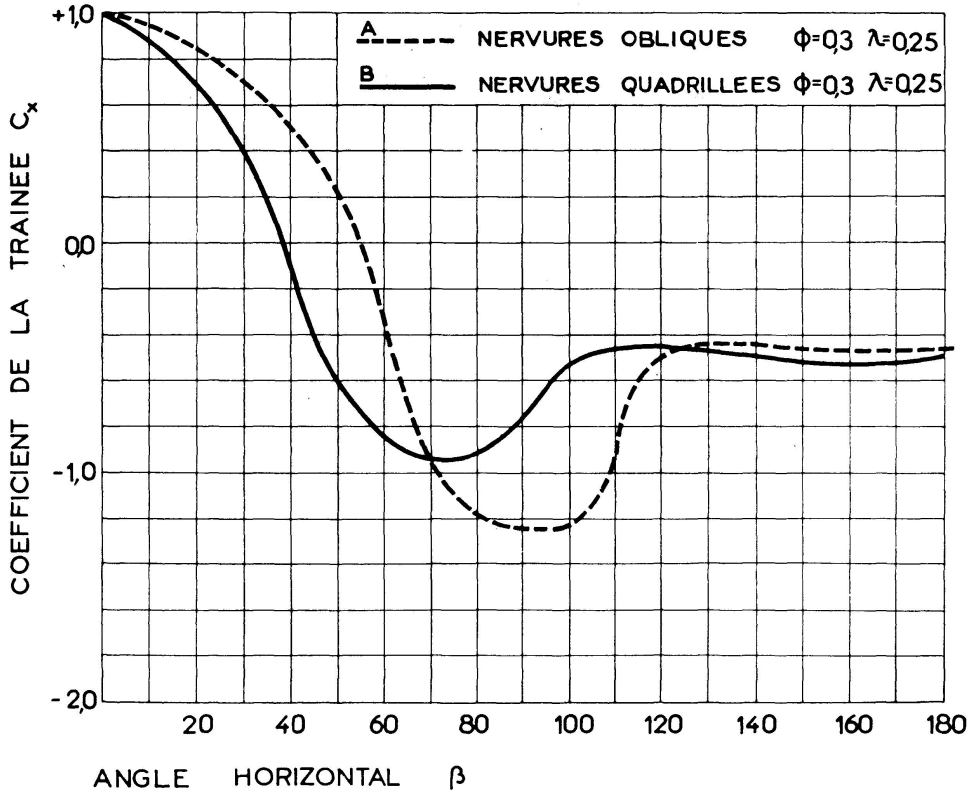

Fig. 4. Les courbes $C_x - \beta$ dans le cas des nervures obliques suivant les génératrices rectilignes.

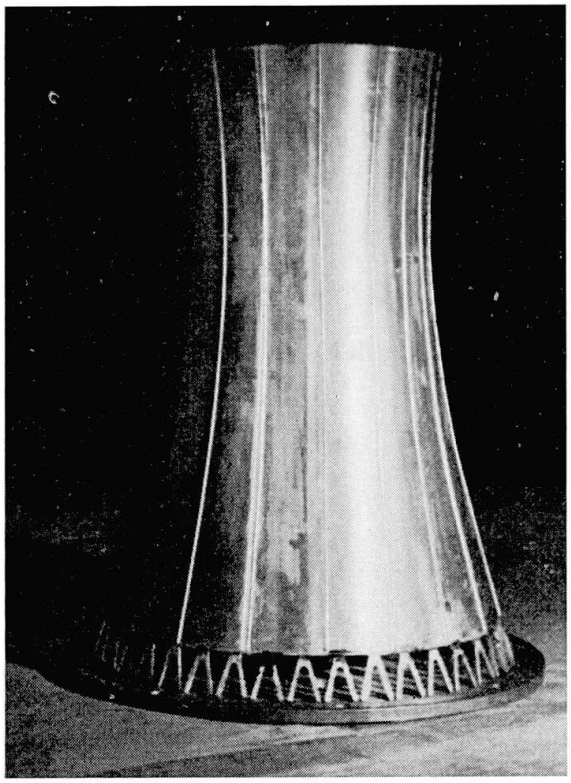

Fig. 5. Modèle avec les nervures verticales dont l'épaisseur est de l'ordre de l'épaisseur de la coque, soit 1,0 mm.

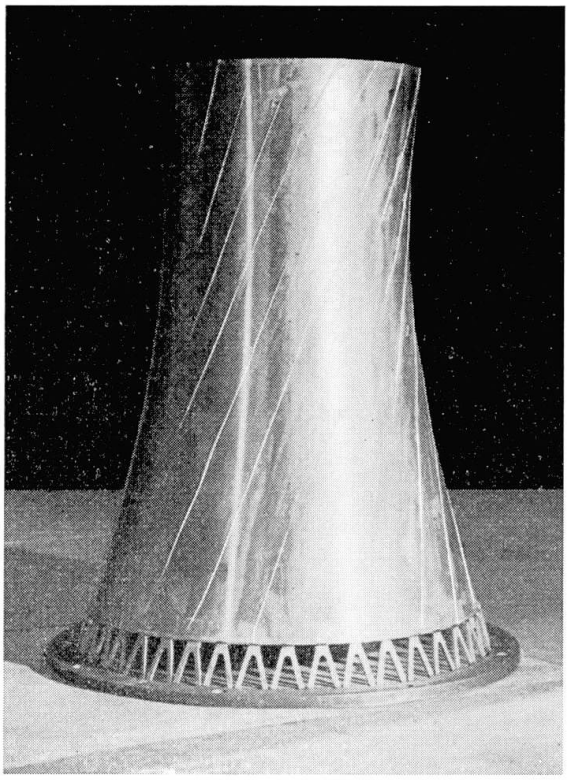

Fig. 6. Modèle avec les nervures obliques dans le sens d'une seule famille des génératrices rectilignes, dont l'épaisseur est de l'ordre de $^1/_3$ de l'épaisseur de la coque, soit 0,3 mm.

Conclusions

Cette recherche qui avait pour but l'étude comparative de plusieurs systèmes de nervures nous a donné les résultats de courbes de pression suivant les cercles horizontaux, qui peuvent être interprétées comme des valeurs moyennes. Dans notre cas, nous avons eu dans tous les systèmes de nervures le même ordre d'approximation pour réaliser au mieux la comparaison de ces systèmes et leur transposition à la construction réelle. D'après les essais effectuées, nous voyons que la plus grande diminution de la zone de dépression arrive dans le cas du système de deux familles de nervures obliques rectilignes, dont l'épaisseur est d'ordre supérieur à l'épaisseur de la coque et le pas correspondant à un rapport moins grand de $\lambda = 0{,}30$. Nous avons pu constater également que la variation des pressions suivant une génératrice verticale n'est pas grande et que les bords de la tour influencent visiblement cette répartition des pressions.

A titre d'exemple, nous montrons sur la fig. 5 le modèle avec système de nervures verticales dont l'épaisseur est 1,0 mm et le facteur $\lambda = 0{,}30$ et sur la fig. 6 le modèle avec système de nervures obliques suivant une famille de génératrices rectilignes dont l'épaisseur est 0,3 mm et le facteur $\lambda = 0{,}25$.

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à Monsieur le Professeur R. Thiry, Professeur à la Sorbonne sous le patronage de qui ce travail a été effectué, à Monsieur le Professeur R. Gibrat et à Messieurs les Directeurs des Charbonnages de France qui ont permis matériellement l'exécution des essais.

Résumé

Dans la contribution présentée l'auteur étudie l'influence de plusieurs paramètres sur le problème de la répartition des pressions autour d'un hyperboloïde de révolution soumis à un chargement du vent. Se basant sur la similitude théorique, les lois de transposition des résultats expérimentaux obtenus sur le modèle sont élaborés. Le modèle représente une réplique géométrique de la tour de réfrigération en forme hyperbolique. Les paramètres étudiés sont la forme géométrique et l'emplacement des familles des nervures placées sur la surface extérieure de la tour.

Zusammenfassung

Der Verfasser untersucht den Einfluß verschiedener Parameter auf die Druckverteilung an einem durch Wind belasteten Rotationshyperboloid. Auf Grund der theoretischen Ähnlichkeit werden die Übertragungsgesetze für die

am Modell experimentell erhaltenen Ergebnisse erarbeitet. Das Modell stellt eine geometrische Nachbildung des hyperbolischen Kühlturms dar. Die untersuchten Parameter sind die geometrische Form und der Ort, der auf der äußern Oberfläche des Turmes angebrachten Rippengruppen.

Summary

In this paper, the author examines the effect of several parameters on the problem of the distribution of pressures around a hyperboloid of revolution subjected to wind loading. On the basis of the similitude theory, rules are worked out for the transfer to full scale of experimental results obtained on a model. The model constitutes a geometrical replica of a cooling tower of hyperbolic form. The parameters investigated are the geometrical shape and the location of the series of ribs placed on the outer surface of the tower.