Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 72 (1946)

Heft: 24

Artikel: Sur le calcul d'un tube cylindrique de révolution à épaisseur de paroi variable

Autor: Dumas, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-54638

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: 15.07.2025

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

72e année 23 novembre 1946 N° 24

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ABONNEMENTS :
Suisse : 1 an, 17 francs
Etranger : 20 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 14 francs
Etranger : 17 francs
Prix du numéro : 75 centimes
Pour les abonnements s'adresser à la librairie F. Rouge & Cie, à Lausanne.

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. Neeser, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. Epitaux, architecte, à Lausanne ; secrétaire : J. Calame, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg :* MM. L. Hertling, architecte ; P. Joye, professeur ; *Vaud :* MM. F. Chenaux, ingénieur ; E. Elskes, ingénieur ; E. d'Okolski, architecte ; A. Paris, ingénieur ; Ch. Thévenaz, architecte ; *Genève :* MM. L. Archinard, ingénieur ; E. Martin, architecte ; E. Odier, architecte ; *Neuchâtel :* MM. J. Béguin, architecte ; G. Furter, ingénieur ; R. Guye, ingénieur ; *Valais :* M. J. Dubuis, ingénieur ; A. de Kalbermatten, architecte.

Rédaction : D. Bonnard, ingénieur, Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Publicité :
TARIF DES ANNONCES
Le millimètre (larg. 47 mm.) 20 cts.
Tarif spécial pour fractions de pages.
En plus 20% de majoration de guerre
Rabais pour annonces répétées.
ANNONCES-SUISSES S.A.
5, rue Centrale
LAUSANNE
& Succursales.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE
A. Stucky, ingénieur, président ; M. Bridel ; G. Epitaux, architecte ; R. Neeser, ingénieur.

SOMMAIRE : *Sur le calcul d'un tube cylindrique de révolution à épaisseur de paroi variable*, par A. Dumas, professeur à l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne. — *Hangar d'avions et halle de montage de l'aérodrome de Cointrin, Genève* (suite et fin). — *Aménagemeut et construction d'une cité à Moutier.* — Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne : *Création du diplôme d'ingénieur physicien.* — Les congrès : *Le 40e anniversaire de l'Union des constructeurs suisses de ponts et charpentes métalliques.* — Bibliographie. — Service de placement.

Sur le calcul d'un tube cylindrique de révolution à épaisseur de paroi variable

par A. DUMAS, ingénieur,
professeur à l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne [1].

Sous ce titre, M. J. Tâche, ingénieur, a présenté aux lecteurs du *Bulletin Technique* une intéressante contribution au problème de la détermination des déformations et contraintes de tubes cylindriques d'épaisseur variable, problème que nous avions traité d'une manière assez complète en son temps (voir *Bulletin Technique* nos 15 et 16 du 28 juillet 1945).

La solution que nous avions donnée l'an dernier nous paraissait avoir complètement résolu la question et nous n'y reviendrions pas si M. Tâche ne présentait pas, aujourd'hui, un autre aspect du problème. Nous pensons donc qu'il y a quelque intérêt à venir souligner ici les points particuliers des deux méthodes de calcul.

* * *

Dans la grande majorité des problèmes de résistance des matériaux, la connaissance des lignes élastiques n'est que d'une importance secondaire. Ce qui nous intéresse directement c'est la connaissance des sollicitations et des contraintes dans les différentes régions d'une construction. Mais comme ces sollicitations ne peuvent être déterminées, en général, qu'en partant du régime des déformations des objets, bon gré mal gré il faut en passer par la détermination des lignes élastiques nécessaires. C'est notamment ainsi que cela se présente chaque fois qu'un problème est statiquement indéterminé.

Mais lorsque les régimes de charge sont statiquement déterminés, dans certains cas, les régimes de contraintes peuvent être définis directement et l'on peut faire abstraction complète de la définition de la ligne élastique, ce qui est évidemment un gros avantage.

Dans un cas tel que celui du tube cylindrique de révolution faisant l'objet de la présente étude, le problème prend, dans la très grande majorité des cas, un caractère hyperstatique. On cherche, en effet, les moments et forces divers dans la région de liaison du tube avec quelque embridage, et ceux-ci ne peuvent être définis qu'au moyen de l'élastique du tube dont la détermination se révèle très laborieuse car elle nécessite l'intégration de l'équation différentielle la définissant.

Or, comme dans ce cas également, la connaissance de la ligne élastique ne nous est que d'une utilité tout à fait secondaire tandis que seule la connaissance des valeurs à l'origine de cette élastique nous importe, nous avions cherché une méthode de calcul qui nous fournisse ces valeurs sans avoir eu besoin d'intégrer l'équation différentielle précitée. C'est ce que nous avons fait en cherchant, par un artifice de calcul, un groupe de valeurs d'une fonction y et de ses quatre dérivées successives satisfaisant, à l'origine, à l'équation différentielle du tube, ce qui a fort bien réussi, et dont l'étude rigoureusement pratiquée par M. Paschoud (voir même *Bulletin Technique*, nos 15 et 16 du 28 juillet 1945) ainsi que les calculs de M. Tâche, ont prouvé la justesse par comparaison des résultats atteints.

[1] Nous publions ce texte en conclusion aux études suivantes parues récemment dans nos colonnes : « Sur le régime des déformations et des contraintes d'une enveloppe cylindrique de révolution », par *A. Dumas* ; « Recherche de l'élastique d'un tube de révolution », par *J. Paschoud* (B. T. du 28 juillet 1945) ; « Le calcul d'un tube cylindrique de révolution à épaisseur de paroi variable », par *J. Tâche* (B. T. des 12 et 26 octobre 1946). (Réd.).

Si, malgré tout, l'on désire connaître quand même l'élastique de la fibre moyenne du tube, il est aisé de la déterminer par intégration numérique ou graphique, ce qui n'est plus un grand travail puisque l'on en connaît les valeurs de la fonction et de ses dérivées initiales. Et cette intégration, fait important à relever, n'a pas besoin d'être prolongée indéfiniment : on peut l'arrêter où on le veut, c'est donc à titre purement documentaire que nous avions donné le tracé des courbes caractéristiques de la déformation des tubes étudiés. En fait, nous avons calculé un grand nombre d'assemblages de tubes nous bornant, les hyperstatiques déterminées, à établir la déformée du tube sur une longueur de quelques centimètres seulement.

* * *

M. Tâche, de son côté, traite le problème d'une manière classique : il intègre l'équation différentielle sans chercher à s'éviter ce travail. Le procédé d'intégration de M. Tâche est très heureux et permet d'arriver relativement vite au résultat. En quelques mots, le procédé de M. Tâche est le suivant :

Une bande du tube, de longueur à peu près égale à la longueur d'onde des courbes caractéristiques, est prise pour l'étude. Cette bande est découpée en quatre tronçons lesquels obéissent aux lois de la déformation. Chaque tronçon tourne autour de son centre de gravité et se déplace en outre radialement. Les équations de continuité fournissent les éléments nécessaires pour définir la liaison entre ces éléments. Comme toutefois la déformation des tronçons élémentaires est plus complexe qu'indiqué ci-dessus et que leur fibre moyenne se courbe, M. Tâche tient compte de ce phénomène en en donnant sa loi ainsi que les éléments correctifs.

En fait, M. Tâche applique exactement, mais sous une autre forme, les procédés d'intégration graphiques ou numériques courants. En effet, pour l'intégration graphique ou numérique, on opère sur des éléments de longueur finie en leur imposant des variations linéaires satisfaisant à l'équation de condition. En choisissant les éléments de longueur suffisamment petite, on arrive toujours au résultat sans trop de peine. Mais les spécialistes opèrent autrement : pour aller plus vite, on adopte des éléments relativement longs auxquels on impose des variations de caractère parabolique et non plus linéaires. Cela va beaucoup plus vite, simplifie notamment les calculs numériques mais demande par contre beaucoup plus d'attention que la méthode plus simple. Graphiquement on pratique ces intégrations perfectionnées en faisant usage de chablons convenablement taillés au lieu de prendre de simples droites. C'est ainsi que nous avons intégré un grand nombre d'équations de tous genres.

Le procédé développé par M. Tâche est donc une concrétisation intéressante du mode de calcul précité. Mais rappelons d'autre part qu'étant donné que dans le cas particulier les conditions limites sont fixées par quatre constantes d'intégration dont deux sont à l'infini, c'est en fait quatre intégrations qui sont à pratiquer, respectivement deux intégrations seulement, mais poussées sur une grande longueur qui sont à effectuer pour avoir la solution complète du problème. Il n'est donc plus possible de se borner à pratiquer l'intégration sur un faible tronçon du tube seulement, ainsi qu'on peut le faire lorsque l'on connaît les valeurs initiales de la fonction.

Il n'y a donc aucun doute que le procédé de calcul de M. Tâche ne trouve un grand champ d'application dans l'immense domaine de l'élasticité, mais il reste encore un travail d'adaptation à faire afin d'établir des méthodes générales, s'appliquant à tous les cas possibles et de ne retenir les méthodes particulières qu'à titre d'exemple.

* * *

Toute cette question, on le voit, est assez spéciale, et nous aurions hésité à venir en entretenir les lecteurs du *Bulletin Technique* si, à notre avis, elle ne dépassait pas de beaucoup le problème du tube. Et, en effet, cette question dépasse de beaucoup ce que les articles précités viennent d'exposer. Qu'il nous soit donc permis de reprendre l'affaire d'un autre côté.

Ainsi que les études précitées viennent de le mettre en évidence, la détermination du régime des contraintes d'un tube cylindrique à épaisseur de paroi variable exige aujourd'hui d'un ingénieur une maîtrise du calcul numérique différentiel et intégral telle que son développement en direction constructive en souffre inévitablement. Or, le problème précité n'est qu'un exemple entre mille autres problèmes de même nature en apparence et conduisant tous à des calculs encore bien plus complexes que le tube. Pour la résolution de ces nombreux problèmes, l'ingénieur moyen se trouve en général dépassé et doit faire appel au spécialiste lequel lui-même se trouve souvent saisi par la difficulté du problème. La situation serait inextricable si de nouvelles machines à calculer et à intégrer ne venaient pas d'être créées. La presse d'outre-Sarine nous apporte en effet des descriptions sensationnelles de machines à intégrer construites en Amérique, opérant uniquement par voie électrique, ce qui les rend pratiquement instantanées. Une telle machine va donc pouvoir fournir un travail d'intégration considérable et nous apporter la solution d'une foule de problèmes. Mais sous quelle forme nous apportera-t-elle ces résultats ?

Il est probable que cela durera longtemps encore avant qu'une telle machine soit à disposition de nos industriels suisses, mais cela n'est pas nécessaire non plus, car bien auparavant déjà nous en sentirons les effets. En fait, ce qui se produira, c'est que cette machine permettra à nos collègues étrangers d'établir un grand nombre de tables de constantes et de fonctions fournissant les éléments nécessaires à la résolution du plus clair de nos problèmes de caractère mathématique, ce qui sera de grande valeur. Chacun d'entre nous sait par exemple le bienfait que les tables de Griot, pour ne citer que celles-ci, ont apporté à l'ingénieur civil.

Nous voyons ainsi s'affirmer cette ère, déjà très marquée, de l'ingénieur utilisant, pour chaque problème qui se pose à lui, des tables numériques appropriées ainsi que des machines à calculer dont pour l'instant les modèles commerciaux sont les seuls types à disposition, mais qui demain seront remplacés par une série de machines et d'appareils construits, étudiés et adaptés en vue des travaux de l'ingénieur. Un énorme et splendide champ d'action est aujourd'hui ouvert à l'ingénieur constructeur de machines et appareils à calculer ; sachons l'exploiter avant que d'autres n'aient pris une avance irrattrapable !

Au point de vue de l'enseignement supérieur et de la formation des jeunes ingénieurs, l'affaire est aussi grosse de conséquences. En effet, loin de diminuer l'importance du calcul, les nouvelles machines ne vont faire que l'augmenter ; de plus en plus les bureaux d'ingénieurs deviendront des bureaux d'études, de calcul, laissant toute la partie exécution à d'autres classes de spécialistes, à moins que le calcul, peu à peu, devienne le domaine de spécialistes du calcul, catégorie d'ingénieurs qu'il serait nécessaire de former dès maintenant déjà.

L'exactitude de cette affirmation est confirmée par l'expérience même : ne voit-on pas que toute l'évolution dans le domaine des machines à calculer et des procédés de calcul a conduit à un accroissement des travaux de calcul dans tous les bureaux d'ingénieurs. L'idéal, cela va sans dire, serait de découvrir des procédés et des méthodes de calcul simplifiant ces travaux au point de les faire tomber à un rang secondaire au lieu de les amplifier, mais nous n'en sommes pas encore là.

* * *

Nous ne voudrions pas terminer cette note sans remercier M. Tâche pour l'intérêt qu'il a porté à nos études et pour sa contribution aux grands problèmes dont il vient d'être question. C'est toujours un privilège pour un auteur que de recevoir un écho de quelque part, et nous y sommes très sensibles. Et que si quelque collègue avait quelques suggestions à faire dans ce domaine du calcul par machines, c'est certainement avec intérêt que la rédaction du *Bulletin Technique* les recevra. Beaucoup est en effet à dire et à écrire dans ce domaine.

Hangar d'avions et halle de montage de l'aérodrome de Cointrin (Genève).

Résultats du concours restreint.

Extrait du rapport du jury.

(Suite et fin.) [1]

Observations générales.

Architecture des projets.

Les projets en béton armé présentent tous à peu près les mêmes inconvénients au point de vue esthétique, inconvénients provenant des modes de construction très différents entre le hangar et la halle de montage.

Avec l'acier, l'unité de l'ensemble paraît plus facile à obtenir, les arcs dépassants étant supprimés et remplacés par des poutres intérieures.

Etant donné le type d'architecture choisi pour l'aérogare, toute construction avec arcs dépassants, forme cintrée ou silhouette contournée, ne conviendrait guère, sans pour cela méconnaître les hautes qualités que présentent les projets envoyés en béton armé au point de vue technique proprement dit.

Portes et ateliers.

Les constructions projetées doivent offrir le maximum de facilités pour l'organisation des services techniques. A ce sujet, il y a lieu de tenir compte de deux facteurs qui constituent des éléments importants de ce problème, à savoir :

I. Ouverture et systèmes des portes.

II. Possibilité de créer des ateliers mécaniques.

I. — La solution la plus favorable pour l'ouverture du hangar consisterait en un système de portes qui permettrait d'entrer ou de sortir un avion, de grande ou moyenne envergure, d'un endroit quelconque de ce hangar. D'autre part, il n'est pas indiqué de manœuvrer inutilement les portes, car il en résulte des pertes de temps. De plus, il faut éviter que le vent, la pluie et le froid ne s'engouffrent dans le hangar.

Trois systèmes ont été proposés par les concurrents pour le hangar, à savoir :

1. Portes basculantes s'ouvrant en deux battants indépendants avec pilier intermédiaire escamotable.

2. Portes coulissantes se rangeant de chaque côté du hangar les unes derrière les autres.

3. Portes coulissantes, se rangeant en accordéon de chaque côté du hangard.

Les trois systèmes présentent des avantages et des inconvénients et ils doivent être examinés de très près, particulièrement en ce qui concerne les chemins de roulement des portes coulissantes. Ces derniers doivent être conçus de telle manière que ni l'amas de poussière, ni la formation de glace en hiver, ne constituent une gêne pour l'ouverture des portes.

Pour la halle de montage, il faudra choisir un système de portes qui assure une fermeture parfaite de ce local, qui doit être chauffé en hiver. Etant donné le volume à chauffer, il est extrêmement important d'éviter des pertes de chaleur.

Il y a lieu de constater que la presque totalité des concurrents ont choisi la porte basculante pour la halle de montage. Ce choix est judicieux.

II. — Tous les projets fournissent la possibilité de construire des locaux sur le fond du hangar et de la halle de montage. Toutefois, dans certains projets, des éléments de construction ne permettent pas des ouvertures de communication limitées.

En ce qui concerne la possibilité de créer ces ateliers sur les parois latérales du hangar ou de la halle de montage, certains projets en tiennent compte mais des éléments de construction en diminuent fortement la réalisation pratique.

5e prix, projet *P. Soutter*, ingénieur, à Zurich.

Jugement du jury :

(Suite et fin). [1]

Couverture. — Sur le hangar, une triple couche de carton bitumé posée sur un lissage à la taloche de la dalle en béton. Sur les sheds de la halle de montage, un revêtement d'éternit sur matelas isolant.

Entretien. — En général facile, sous réserve des précautions à prendre en cas d'amoncellement de neige dans les vides entre sheds, et de ferblanterie posée de manière adéquate.

Portes. — Au hangar et à l'atelier, des portes roulantes système Wanner (Genève) avec commandes de serrures Uto (Zurich.)

Pont-roulant. — Suivant projet Wanner (Genève).

Eclairage. — Le hangar a un plafond voûté entièrement lisse ; son éclairage naturel, ainsi facilité, comporte des vitrages dans les parois et au-dessus de la porte.

La halle de montage a des vitrages aux sheds et des fenêtres dans les parois libres.

Isolation thermique sur halle de montage. — Matelas de laine de verre entre dalle et couverture d'éternit.

Devis. — 1,98 millions, inclus les honoraires. Ce devis comporte le gros œuvre des ateliers à construire éventuellement, et dont les éléments font partie intégrante et nécessaire du projet.

Délai. — Six mois, ce qui semble insuffisant.

Conclusions. — Projet exécutable sans modifications essentielles, sous réserve de quelques remarques faites au sujet des calculs. La poutre de contreventement du hangar, en particulier, demande une étude complémentaire.

Il faudra examiner de plus près le délai d'exécution qui ne doit pas être sensiblement moindre que celui des projets concurrents.

Architecture. — Les sheds de la halle de montage vus par le petit côté créent une silhouette détestable à front de piste.

[1] Nous avons publié, à notre numéro du 9 novembre 1946, un extrait du règlement, le jugement du jury de ce concours et les plans des projets primés au 1er, 2e, 3e et 4e rang. Nos lecteurs trouveront au présent numéro la reproduction des dessins de projets classés en 5e et 6e rang. (Réd.).

[1] Voir dessins et début du jugement, p. 312 du présent numéro.