Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 9 (1972)

Artikel: Application d'une méthode de calcul par éléments finis à l'étude du comportement des plaques minces raidies dans le domaine des grands déplacement

Autor: Gachon, H. / Barraco, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-9649

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: 27.12.2025

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

Application d'une méthode de calcul par éléments finis à l'étude du comportement des plaques minces raidies dans le domaine des grands déplacements

Anwendung einer Berechnungsmethode mittels endlicher Elemente zur Untersuchung des Verhaltens dünner ausgesteifter Platten im Bereich grosser Verschiebungen

Application of a Method of Calculation by Finite Elements for the Study of the Behaviour of Thin-Walled Stiffened Plates in the Range of Large Displacements

H. GACHON
Professeur à l'ENSAM de Paris
et Conseiller Technique au CTICM

A. BARRACO
Ingénieur de Recherches au CTICM

Paris, France

Ce mémoire expose une méthode d'analyse approchée, par éléments finis, du champ de déplacements des plaques minces raidies très déformables et présente une étude comparée du comportement d'une structure par la simulation sur ordinateur et par l'expérimentation sur modèle.

Cette méthode trouve, en particulier, son application dans l'étude du comportement non linéaire, correspondant au domaine dit "post-critique", des panneaux plans ou à faible courbure constituant les parois des structures légères ou des poutres de grande portée.

Le modèle mathématique étudié est défini à partir d'un maillage principal à éléments finis rectangulaires et d'un maillage secondaire à éléments triangulaires (triangles rectangles) utilisable aux frontières du domaine.

Les hypothèses sont exprimées sur le champ des déplacements en introduisant un champ cinématiquement admissible. L'application du principe des travaux virtuels ou du principe de variation des déplacements conduit à satisfaire aux exigences de la compatibilité non seulement aux noeuds du maillage, mais encore le long de l'interface des éléments rectangulaires contigus. La continuité des déformations est assurée dans le plan moyen de la plaque.

Les raidisseurs associés à la plaque mince peuvent être orientés suivant des directions parallèles, orthogonales ou obliques (cas des membrures obliques des poutres de hauteur variable) et disposés symétriquement ou non par rapport au plan moyen de la plaque. Ils sont à parois minces et à section droite ouverte ou fermée. Ils peuvent être traités dans le domaine des déplacements finis.

Nous avons admis pour le matériau une loi de comportement élastique et des déformations infinitésimales.

L'introduction d'une déformée initiale de faible courbure aussi bien en ce qui concerne la plaque que les raidisseurs et d'un état de contraintes propres dans la plaque permet de compléter la prise en compte des données initiales dans le but d'une bonne simulation du comportement réel de la structure.

Le champ de déplacement s'établit sous forme d'une combinaison linéaire de fonctions dont les paramètres correspondent respectivement aux degrés de liberté du modèle mathématique adopté et définissent les coordonnées du vecteur déplacement. La détermination du vecteur déplacement s'effectue par accroissements tangents ou paraboliques à partir des différents états successifs du modèle en donnant aux charges des petits accroissements. Chaque état du modèle est caractérisé par une matrice de raideur tangente.

Les études de simulation du comportement des structures dans le domaine des déplacements finis portent actuellement sur différents modèles expérimentaux traités au préalable en laboratoires :

1. - une série de panneaux rectangulaires simples, raidis sur leur contour, appuyés suivant les raidisseurs d'extrémité et chargés ponctuellement à mi-portée de la membrure supérieure.

2. - une poutre en I, à âme raidie transversalement, de 8 m de portée.

3. - deux poutres en I, à âme mince raidie transversalement et longitudinalement, de 20 m de portée.

Nous présentons, ci-après, une étude comparée du comportement d'un panneau de poutre en I chargé localement dans son plan, par la simulation sur le modèle mathématique ainsi défini et par la mesure sur un modèle expérimental.

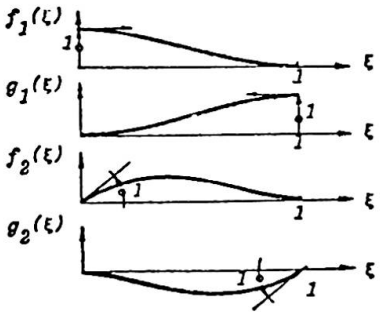
1. - SCHEMA DE DISCRETISATION

$$f_1(\xi) = 1 - 3\xi^2 + 2\xi^3 \qquad (f_1^{IV}(\xi) = 0)$$

$$g_1(\xi) = 3\xi^2 - 2\xi^3 \qquad (g_1^{IV}(\xi) = 0)$$

$$f_2(\xi) = \xi - 2\xi^2 + \xi^3 \qquad (f_2^{IV}(\xi) = 0)$$

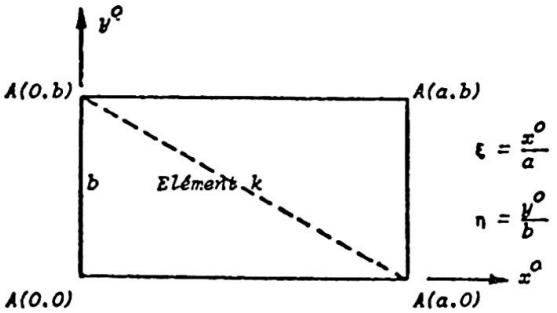
$$g_2(\xi) = -\xi^2 + \xi^3 \qquad (g_2^{IV}(\xi) = 0)$$



2. - CHAMP DE DEPLACEMENT DANS UN ELEMENT DE PLAQUE

$$u_i^k(x^o, y^o) = \left\{\widetilde{\phi(x^o, y^o)}\right\}\left\{D_i\right\}^k$$

$$(i = 1, 2, 3)$$



$$u_i^k(x^o, y^o) = \left\{ \begin{array}{l} f_1(\xi) \cdot f_1(\eta) \\ a \cdot f_2(\xi) \cdot f_1(\eta) \\ b \cdot f_1(\xi) \cdot f_2(\eta) \\ a.b.f_2(\xi) \cdot f_2(\eta) \\ g_1(\xi) \cdot f_1(\eta) \\ a \cdot g_2(\xi) \cdot f_1(\eta) \\ b \cdot g_1(\xi) \cdot f_2(\eta) \\ a.b.g_2(\xi) \cdot f_2(\eta) \\ g_1(\xi) \cdot g_1(\eta) \\ a \cdot g_2(\xi) \cdot g_1(\eta) \\ b \cdot g_1(\xi) \cdot g_2(\eta) \\ a.b.g_2(\xi) \cdot g_2(\eta) \\ f_1(\xi) \cdot g_1(\eta) \\ a \cdot f_2(\xi) \cdot g_1(\eta) \\ b \cdot f_1(\xi) \cdot g_2(\eta) \\ a.b.f_2(\xi) \cdot g_2(\eta) \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} u_i \\ \left\{ \begin{array}{l} u_i, x^o \\ u_i, y^o \\ u_i, x^o_b y^o_b \end{array} \right\} 0.0 \\ u_i \\ \left\{ \begin{array}{l} u_i, x^o \\ u_i, y^o \\ u_i, x^o_a y^o_a \end{array} \right\} a.0 \\ u_i \\ \left\{ \begin{array}{l} u_i, x^o \\ u_i, y^o \\ u_i, x^o_a y^o_b \end{array} \right\} a.b \\ u_i \\ \left\{ \begin{array}{l} u_i, x^o \\ u_i, y^o \\ u_i, x^o_b y^o_b \end{array} \right\} o.b \end{array} \right\}^k$$

$(i = 1, 2, 3)$

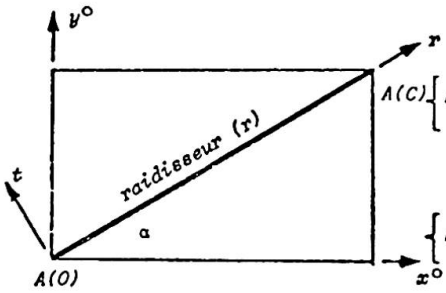
3. - CHAMP DE DEPLACEMENT DANS UN RAIDISSEUR

$$\{\Delta_1\}_O = \begin{Bmatrix} u_r(O) \\ u_{r,r}(O) \end{Bmatrix} \qquad \{\Delta_1\}_C = \begin{Bmatrix} u_r(C) \\ u_{r,r}(C) \end{Bmatrix}$$

$$\{\Delta_2\}_O = \begin{Bmatrix} u_t(O) \\ u_{t,r}(O) \end{Bmatrix} \qquad \{\Delta_2\}_C = \begin{Bmatrix} u_t(C) \\ u_{t,r}(C) \end{Bmatrix}$$

$$\{\Delta_3\}_O = \begin{Bmatrix} w(O) \\ w_{,r}(O) \end{Bmatrix} \qquad \{\Delta_3\}_C = \begin{Bmatrix} w(C) \\ w_{,r}(C) \end{Bmatrix}$$

$$\{\Delta_4\}_O = \begin{Bmatrix} \theta(O) \\ \theta_{,r}(O) \end{Bmatrix} \qquad \{\Delta_4\}_C = \begin{Bmatrix} \theta(C) \\ \theta_{,r}(C) \end{Bmatrix}$$



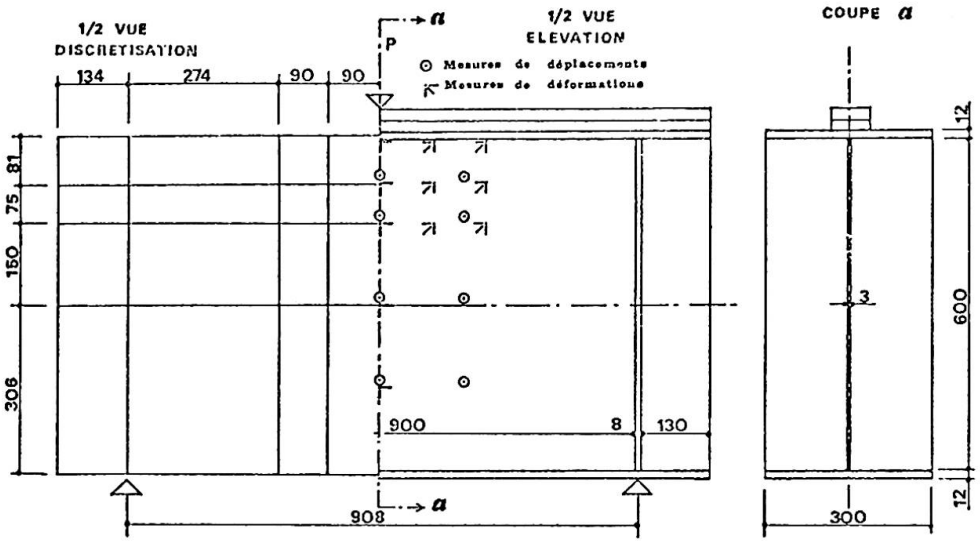
Posons : $\{\Delta_i\}^r = \begin{Bmatrix} \Delta_{i\,O} \\ \Delta_{i\,C} \end{Bmatrix}$ composantes de déplacement de $A(O)$ et $A(C)$ dans (r, t, z)

- Champ de déplacement dans le système (r, t, z)

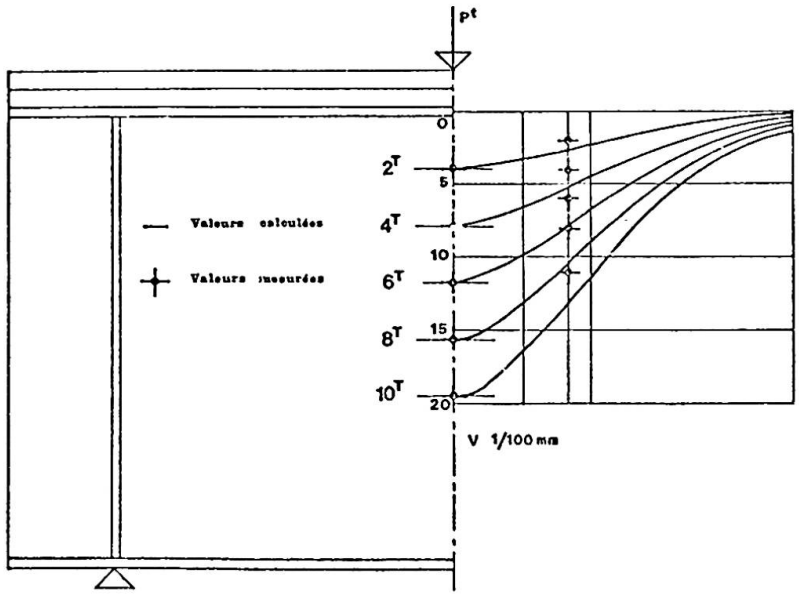
$$u_i^r(r) = \widetilde{\{\rho(r)\}} \cdot \{\Delta_i\}^r \qquad (u_i = u_r, u_t, w, \theta)$$

$$\widetilde{\{\rho(r)\}} = \left| f_1(\xi), c.f_2(\xi), g_1(\xi), c.g_2(\xi) \right| \qquad (\xi = \frac{r}{c})$$

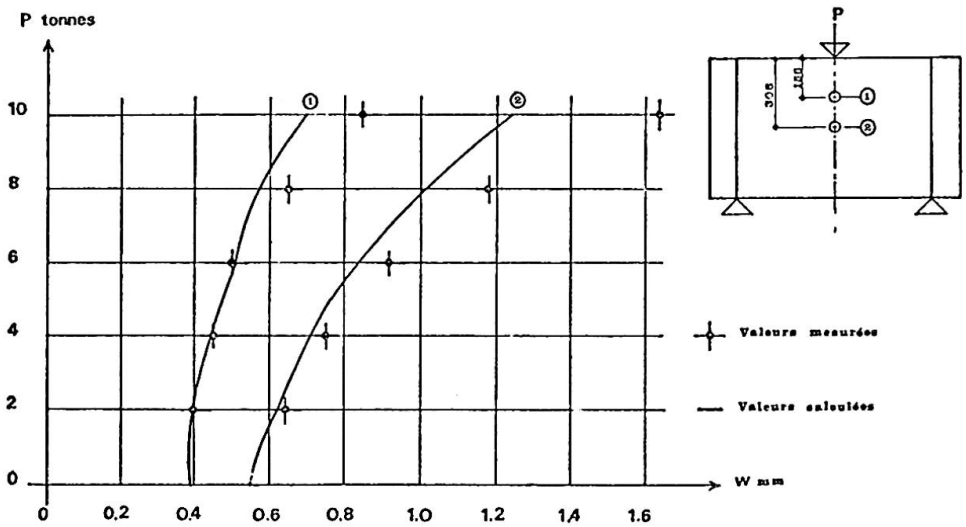
4· PANNEAU DE POUTRE EN I



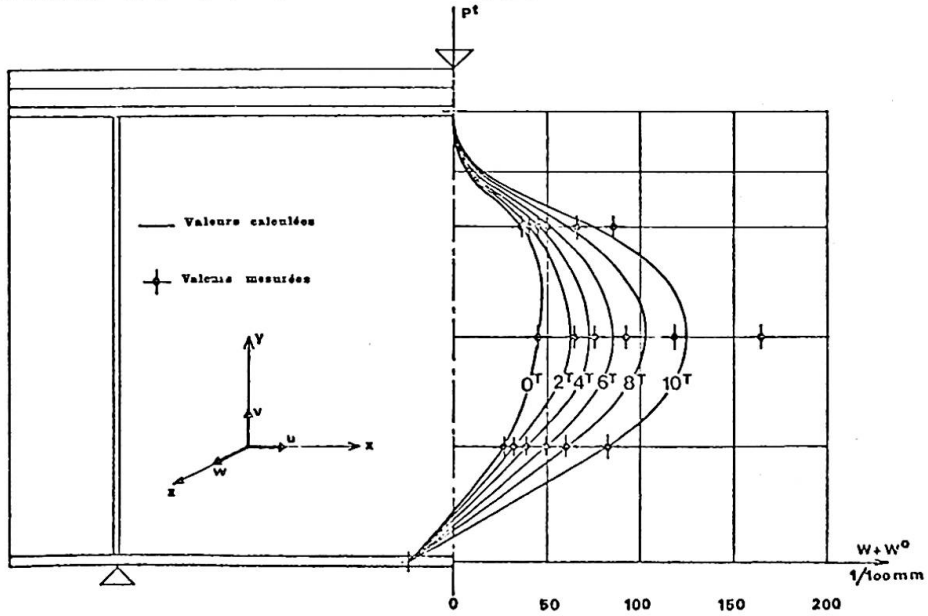
5- DEFORMEE DE LA MEMBRURE SUPERIEURE



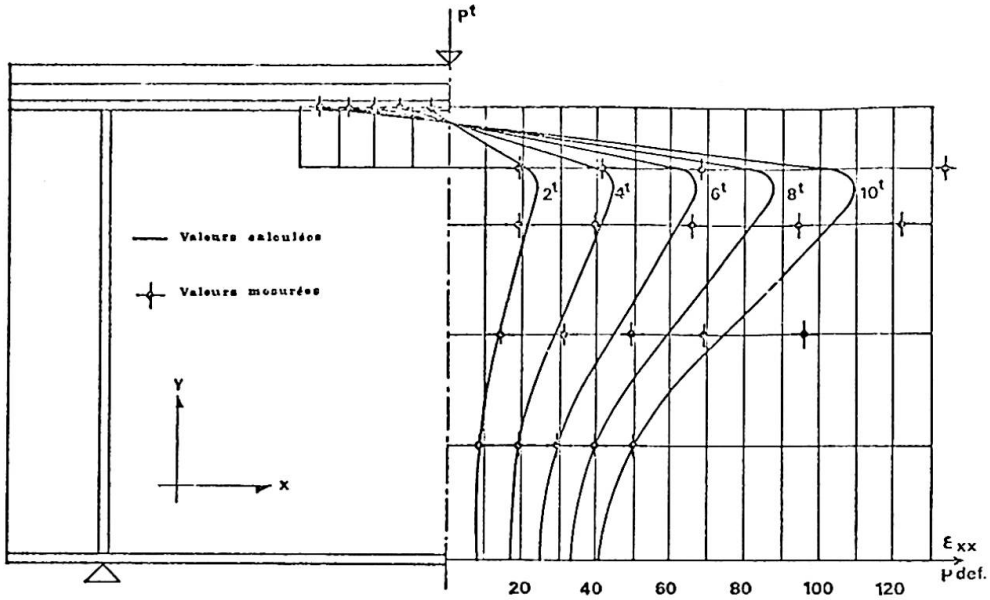
6·DEFORMATION DE L'AME HORS DE SON PLAN



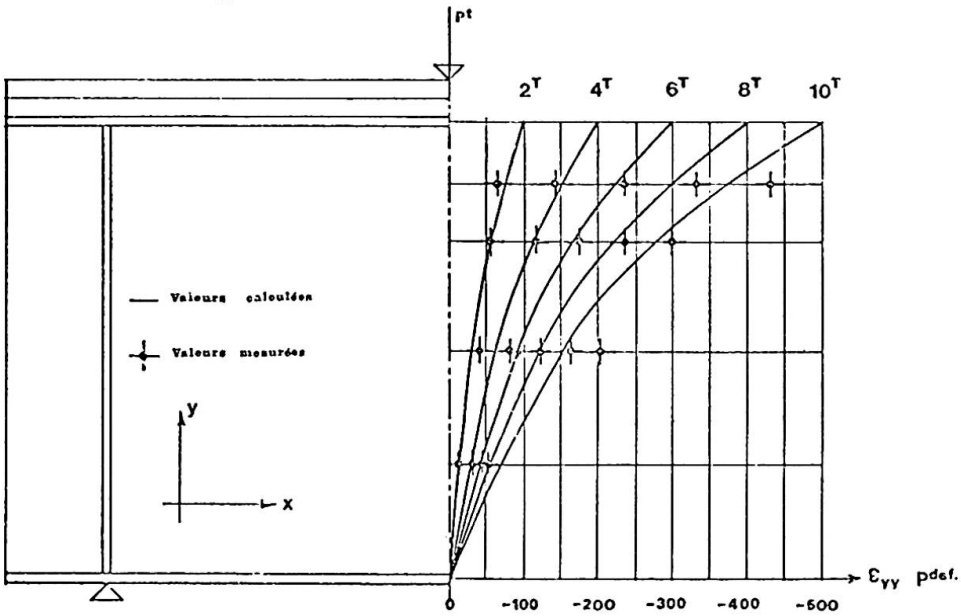
7-DEPLACEMENT w+w° DANS LA SECTION MEDIANE



8·DEFORMATION ε_{xx} DANS LA SECTION MEDIANE



9-DEFORMATION ε_{yy} DANS LA SECTION MEDIANE



RESUME

Ce mémoire expose une méthode d'analyse, par éléments finis, du champ de déplacement de plaques minces raidies présentant un champ de contraintes propres et une courbure initiale. Il présente une étude comparée, d'un panneau de poutre en I, chargé localement dans son plan, par la simulation sur modèle mathématique et par la mesure sur modèle expérimental.

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit zeigt eine mittels endlicher Elemente durchgeführte Analysenmethode des Verschiebungsfeldes dünner ausgesteifter Platten mit einem Feld von Eigenspannungen und anfänglicher Krümmung. Durch Simulation an einem mathematischen Modell und durch Messung am experimentellen Modell legt sie eine vergleichende Studie über ein in seiner Ebene örtlich begrenztes T-Balkenfeld vor.

SUMMARY

This paper exposes an analysis by the finite element method of the displacement field of thin stiffened plates presenting a field of residual stresses and an initial curvature. It shows a comparing study of a I-girder panel loaded locally in its plain, by simulation on a mathematical model and by measuring on an experimental model.