

rage anti-sel dans le cadre de l'aménagement Basses Plaines de l'Aude (Aude). Coulage du on des murs et fondations.

to Patrick Charpiot).

### COMITÉ SCIENTIFIQUE

- I. ALBERT**  
irecteur de l'Équipement d'Électricité de France.
- BERTHIER**  
génieur Général des Ponts et Chaussées.
- BRUN**  
ésident de la Commission Technique  
la Fédération Nationale des Travaux Publics.
- CARLE**  
recteur Général adjoint d'Électricité de France
- CHAPON**  
génieur Général des Ponts et Chaussées.
- CLÉMENT**  
ésident Honoraire de la Fédération Nationale  
s Travaux Publics.
- COSTET**  
recteur Général de la SNCF.
- DESCHAMPS**  
ésident de la SANEF.
- ESSIG**  
génieur Général des Ponts et Chaussées.
- L. GIRAL**  
ésident de la F.I.E.C.
- GIRAUDET**  
génieur Général des Ponts et Chaussées.
- HUG**  
génieur des Ponts et Chaussées.
- LEVAUX**  
ésident de la Fédération Nationale des Travaux Publics.
- PASQUET**  
ésident du Conseil National de l'Information  
graphique.
- RAYNAUD**  
cteur des projets et des infrastructures  
la Régie Autonome des Transports Parisiens.
- ROUMEGUERE**  
cteur de l'Équipement de la SNCF.
- WALDMANN**  
ésident de l'Association Française des Travaux Souterrains.

## SOMMAIRE

- 1 VILLARD - NOTRE-DAME. LE TUNNEL.** *Villard - Notre-Dame, the tunnel* ..... **A. Julien  
A. Thiboud  
A. Mercusot**
- 10 LE PASSAGE DES MAXI-CONTENEURS DANS LES TUNNELS FERROVIAIRES DE PARIS AU HAVRE.** *Passage of maxi-containers through railway tunnels from Paris to Le Havre* ..... **J.-M. Larose**
- 21 LA VOIE RAPIDE LILLE-ROUBAIX-TOURCOING. UNE VOIE RAPIDE EN MILIEU URBAIN.** *The Lille-Roubaix-Tourcoing highway* ..... **M. Bourges  
T. Dujardin**
- 29 CONDUIRE UN PROJET A L'EXPORTATION ; EXEMPLE DU CONTRÔLE DES TRAVAUX DE LA RN 35 A MADAGASCAR.** *Completing a project overseas. Example of project management on RN 35 in Madagascar* ..... **P. Choiset**
- 39 LA COULÉE VERTE DU SUD PARISIEN.** *The « Coulée verte » of southern Paris* ..... **X. de Buyer  
J.-L. Delmas**
- 44 LE BARRAGE ANTI-SEL DANS LE CADRE DE L'AMÉNAGEMENT DES BASSES PLAINES DE L'AUDE.** *Salt barrier as part of the development of the low plains of the Aude* ..... **P. Tatat  
P. Jerusalem**
- 52 RÉFLEXIONS SUR UN ANCIEN CRITÈRE DE STABILITÉ VIS-A-VIS DE LA RUPTURE POUR LES BARRAGES-POIDS.** *Comments upon an old stability criterion against rupture of gravity dams* ..... **J. Pera**
- 58 PROJET D'UN PONT-CANAL EN BÉTON PRÉCONTRAIT, CALCUL ET CONCEPTION.** *Prestressed concrete canal bridge project : calculations and design* ..... **Ph. Rigo**
- 63 TERMINOLOGIE RELATIVE AUX GÉOMEMBRANES.** *Terminology about geomembranes* ..... **J.-P. Benneton**
- 70 AUTOMOBILES ET POIDS LOURDS.** *Cars and trucks*
- 75 INFOS-ACTUALITÉS.** *News in brief*

La Revue Travaux s'attache pour l'information de ses lecteurs à permettre l'expression de toutes les opinions scientifiques et techniques. Mais les articles sont publiés sous la responsabilité de leurs auteurs.  
Tous droits de reproduction, adaptation, totales ou partielles, sous quelque forme que ce soit, sont expressément réservés (right by Science et Industrie).

**DITIONS SCIENCE ET INDUSTRIE S.A.**  
rue Washington, F - 75008 Paris  
P. Paris 1 302 08 L  
TÉL 572 080 356 000 15  
ditel social 1 248 240 F

**TRAVAUX — Organe officiel de la F.N.T.P.**  
**Abonnements:** France: 610 F. TTC  
 Étranger: 745 FF.  
 Le numéro: 68 F. TTC

Rédacteur en chef: C. Coville  
 Rédacteur en chef adjoint: D. Millel  
 Publicité: J.-P. Pinson  
 Administration-Comptabilité: R. Lect

10, rue Washington, F 75008 Paris  
 Tél.: (1) 40.75.03.95. - Télécopie : (1) 42.56.48.31

# PROJET D'UN PONT CANAL EN BÉTON PRÉCONTRAIT, CALCUL ET CONCEPTION

Ph. RIGO

Ingénieur civil des constructions  
Docteur en sciences appliquées

Assistant à l'Université de Liège (LHCN\*)

## 1 — PRÉAMBULE

De nos jours, pont-route, pont-rail sont devenus des ouvrages d'art classiques. Par contre le pont-canal reste lui une structure peu connue et relativement peu étudiée. Son étude est complexe et touche divers aspects de la technique de construction. Il y a en effet, interaction entre le domaine hydraulique et l'aspect purement structurel.

La vérification des contraintes et des déplacements dans la structure nous intéresse au premier plan. Il s'agit de se définir un outil permettant de calculer des structures en réduisant au maximum les simplifications et approximations sur la géométrie de la structure, sur l'interdépendance des divers éléments constitutifs (bordages, raidisseurs, aiguilles, traverses...), sur la sollicitation, ...

La méthode de calcul utilisée afin de vérifier le prédimensionnement et ensuite d'optimiser le pont-canal en vue de réduire son poids et son prix, est la méthode des bordages raidis dont le logiciel des bordages raidis (LBR-3) découle.

## 2 — MÉTHODE DE CALCUL UTILISÉE

Ce logiciel de calcul des plaques et des coques cylindriques (fig. 1) allie à la simplicité et la rapidité une grande précision de résultats. La précision étant garantie par une résolution analytique des équations différentielles de base des coques cylindriques d'épaisseur constante. Les équations différentielles de base (Dehousse, 1961) sont issues de la méthode de Donnell, von Karman et Jenkins.

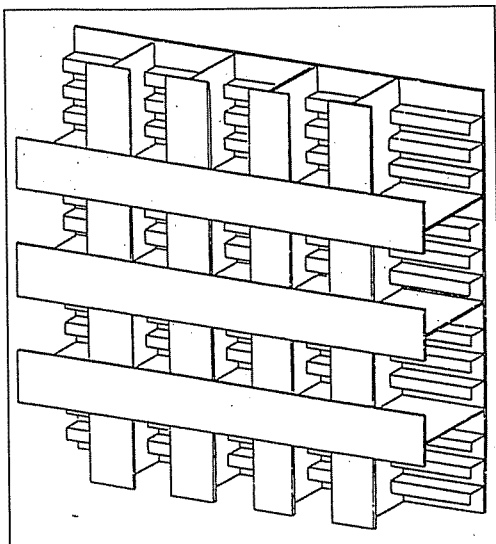


fig. 1 —  
Plaque orthotrope (raidisseurs, aiguilles et traverses).  
Orthotropic plate (stiffeners, needles and cross pieces).

L'exposé théorique complet (Rigo, 1989) de la méthode des bordages raidis ne pouvant être présenté ici dans son entièreté, nous avons choisi de vous présenter uniquement les fondements de la méthode.

L'élément de base est la coque cylindrique et le système de coordonnées dont on fait usage est représenté figure 2. L'axe des X selon les génératrices du cylindre et l'axe des  $\varphi$  orienté selon la circonférence. A chaque axe est associé un déplacement,  $u$  selon OX,  $v$  selon l'axe des  $\varphi$  et  $w$  selon OZ.

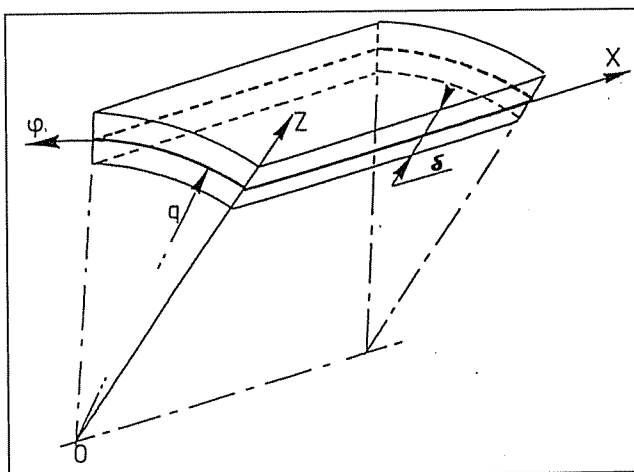


fig. 2 — Élément cylindrique de coque  
Element of cylindrical shell.

Les hypothèses émises sont les suivantes:

- le domaine de validité des développements est le régime élastique;
- on doit admettre les simplifications conduisant à la méthode de DKJ, à savoir:
  - une coque mince (épaisseur  $\lll$  rayon);
  - de faibles déformations;
  - et les hypothèses dites de Love-Kirchhoff.

On obtient après mise en équation du problème, une équation différentielle en  $w$  du 8<sup>e</sup> ordre à 2 variables,  $x$  et  $\varphi$ .

Mais afin d'obtenir une équation à variables séparées, on est astreint à utiliser les développements en série de Fourier.

Ce qui se traduit pour le premier terme du développement en série par:  $w = w(\varphi) \sin(n\pi x/L)$ ,  $v = v(\varphi) \sin(n\pi x/L)$  et  $u = u(\varphi) \cos(n\pi x/L)$ .

Les charges extérieures (fig. 3) couramment utilisées sont:

- les charges hydrostatiques Z ou encore des charges variant linéairement selon  $O\varphi$  et restant constantes selon OX (ex: poids propre);
- les forces de bord X et des moments de bord  $\mathcal{M}\varphi$  agissant le long des bords d'extrémités  $x = 0$  et  $x = L$  de chaque élément de coques ou de plaques. Ces forces X et moments  $\mathcal{M}\varphi$ , appelés « effets de bords », permettent d'étudier des structures bi-appuyées, bi-encastrées ou encore sur appuis élastiques;

\* Laboratoires d'Hydrodynamique, d'Hydraulique Appliquée, de Constructions Hydrauliques et Navales de l'Université de Liège, 6, quai Banning, 4000 Liège, Belgique, 041/52.01.80.

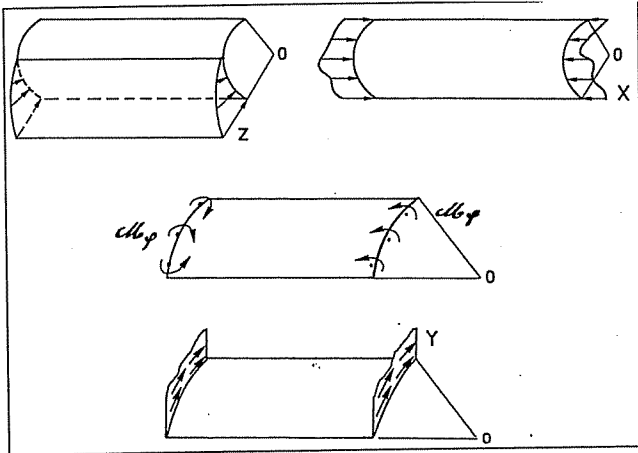


fig. 3 – sollicitations envisagées. Diagram of stresses considered.

— les forces de pression spécifique Y qui permettent d'introduire un effet de torsion généralisé au sein des structures. La conséquence du développement des déplacements  $u$ ,  $v$  et  $w$  en série de Fourier, est qu'il faut décomposer toutes ces charges en série de Fourier. Le développement le plus simple est celui d'une charge uniforme selon OX comme l'est la pression hydrostatique Z sur la figure 3. La figure 4 montre l'allure des 3 premiers termes pris séparément mais aussi lorsqu'ils s'additionnent; on y observe qu'un développement en série de Fourier avec les 3 premiers termes est déjà satisfaisant. La méthode des bordages raidis a donné naissance au logiciel des bordages raidis, LBR-3, qui est utilisé pour la conception et le calcul du pont-canal.

### 3 – ÉTUDE D'UN PONT-CANAL

Nous avons choisi de présenter l'étude d'un pont-canal au travers de laquelle, nous allons montrer la puissance et la facilité d'utilisation du logiciel des bordages raidis, LBR-3. Les travaux de mise en gabarit de 1 350 t du canal du centre comportent entre autre le creusement d'un nouveau tronçon destiné à éviter les quatre anciens ascenseurs hydrauliques. Cette nouvelle partie de canal nécessite la construction de différents ouvrages d'art dont un ascenseur de 73 m de chute situé à Strepny-Thieu qui doit jouer le rôle des ascenseurs de l'ancien tronçon, ainsi que la construction d'un pont-canal à Houdeng-Aimeries. Le lecteur trouvera aux figures 5 et 6, tout d'abord, l'ancien et le nouveau tracé de la portion de canal en question et, ensuite, une localisation des principaux ouvrages. Divers projets et alternatives ont été proposés pour ce pont-

fig. 4 – charge uniforme en série de Fourier d'une charge unitaire. Fourier series development of a uniform unit load.

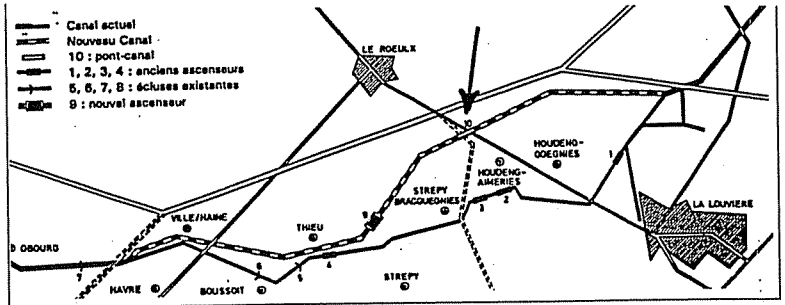
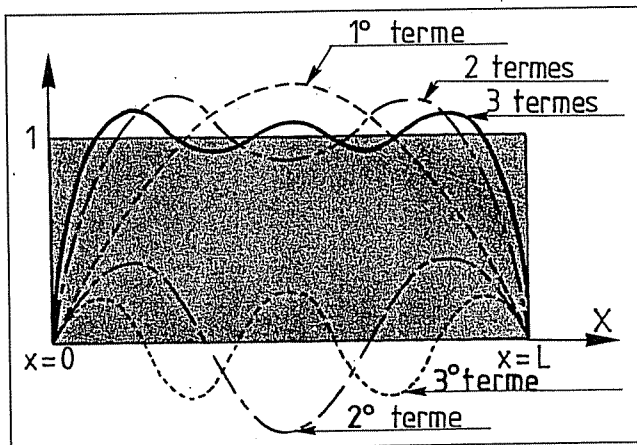
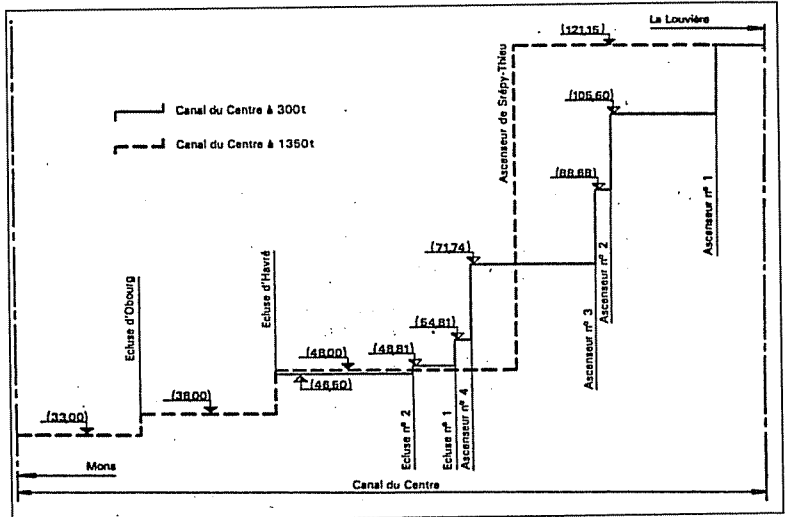


fig. 5 – Vue en plan du tracé de l'ancien et du nouveau canal. Plan view of alignment of old and new channel.

fig. 6 – Localisation des principaux ouvrages. Location of main structures.

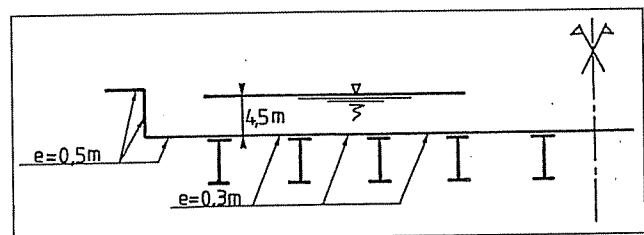


canal. Notre but n'est pas ici de choisir le meilleur, mais simplement de montrer au travers du calcul d'un pont-canal en béton précontraint, combien l'usage du logiciel des bordages raidis peut aider au calcul de l'ouvrage. Une étude de la variante du pont-canal précontraint a été présentée par L.G. Cajot (Cajot, 1986) mais se limitait au calcul de travées bi-appuyées. Pour notre part, à partir des dimensions établies par L.G. Cajot, nous présentons la vérification du calcul de la travée bi-appuyée ainsi que le calcul du pont sur appuis multiples. Nous étudierons également l'influence du nombre de termes de la série de Fourier sur la précision des résultats.

#### 3.1 – Etude de la travée bi-appuyée

Les caractéristiques principales du pont-canal sont 360 m de long (travée de 20 m), 50,85 m de large et de 4,50 m de tirant d'eau. La portée, compte tenu du joint et de l'épaisseur des chevêtres est de 18,50 m et la section transversale est représentée figure 7. La charge principale est celle due à la poussée de l'eau,  $h = 4,50$  m.

fig. 7 – Coupe transversale dans une travée du pont-canal. Cross section in span of canal bridge.



Vu la symétrie du pont-canal ainsi que la charge, nous n'avons étudié que la moitié de la structure. Sans entrer dans trop de détails, signalons que les armatures ont été prises en compte par le logiciel grâce à l'intermédiaire de surfaces équivalentes. Le poids propre a également été inséré dans le cas de charge.

La discrétisation effectuée en vue du calcul de cette demi-structure est la suivante: 2 panneaux de type plaque lisse pour représenter le bajoyer, 1 panneau de même type pour représenter la partie du tablier d'épaisseur 50 cm et 1 panneau du type plaque raidie par 5 traverses pour représenter le reste du tablier. La discrétisation est donc extrêmement simple et aisée à réaliser, 4 panneaux dont un seul raidi; la résolution de ce problème à l'aide du logiciel est de ce fait extrêmement rapide, 43 lignes de données et seulement 7,3 s CPU sur IBM 4381.

Ces données extrêmement réduites et ces faibles temps de calcul renforcent l'intérêt qu'il y a d'utiliser le logiciel LBR-3 pour le calcul de telles structures, d'autant que le logiciel fournit des résultats nombreux, diversifiés et fiables. Ainsi, la discrétisation, l'entrée de données, la résolution par ordinateur et l'analyse des résultats peuvent être réalisées pour l'exemple cité, en 8 h. Cette méthode raccourcit donc considérablement le temps nécessaire à de telles études et voit s'ouvrir à elle la voie de la conception assistée par ordinateur.

Les figures 8 à 11 donnent les déplacements et contraintes dans la section transversale de bord ( $x = 0$ ) ainsi qu'à mi-portée ( $x = L/2$ ). On y décèle parfaitement l'effet dû à chaque traverse. La précision et la densité des résultats fournis permettent au concepteur de juger rapidement des modifications à apporter en vue d'améliorer le comportement de la structure.

### 3.2 — Etude du pont-canal sur appuis multiples

Nous limiterons notre étude aux travées centrales qui peuvent être assimilées à des travées bi-encastées. De plus, dans le souci de comparer avec la travée sur appuis simples, nous garderons une portée de 18,50 m.

fig. 8 — *Span on simple bearings,* Travée sur appuis simples, déplacement  $w$  et  $v$  combinés dans la section transversale à mi-portée.

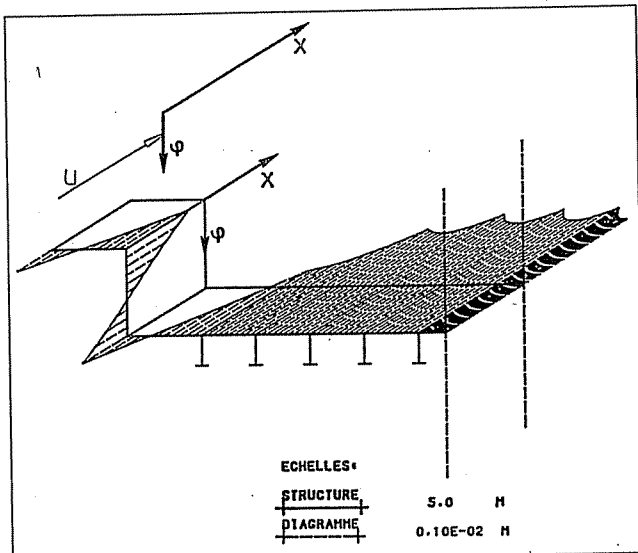
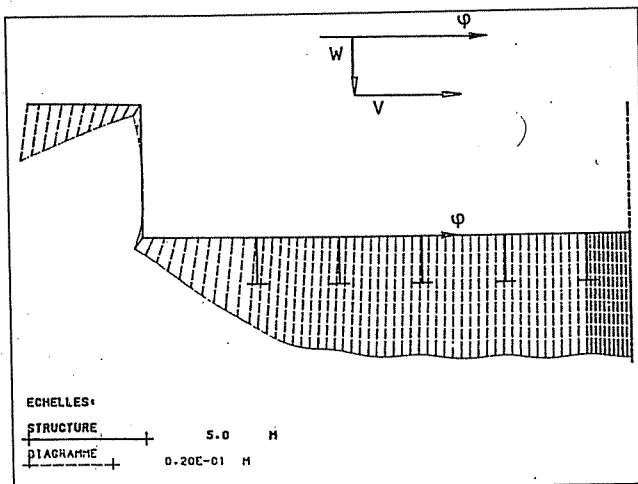


fig. 9 — *Span on simple bearings,* Travée sur appuis simples, déplacements longitudinaux  $u$  dans la section d'extrémité  $x = 0$ .

fig. 10 — *Span on simple bearings,* Travée sur appuis simples, contraintes transversales  $\sigma_{\phi}$  à mi-portée.

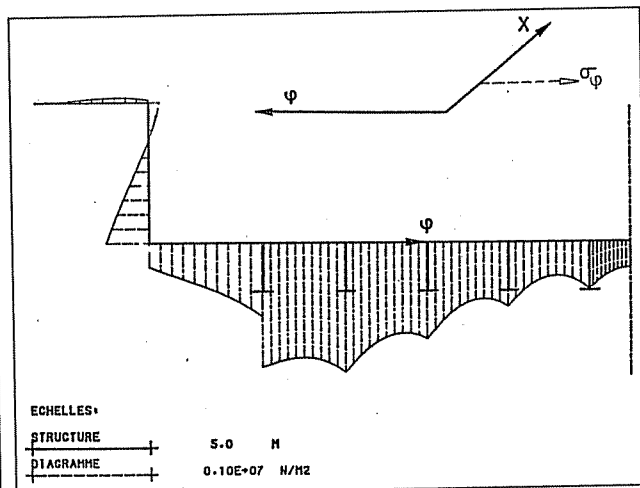
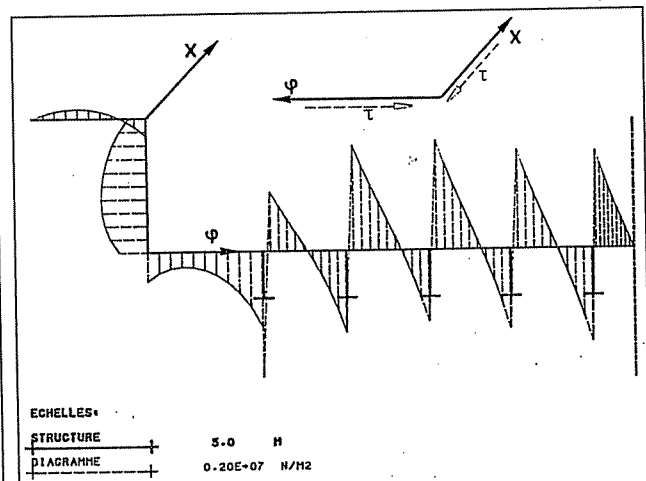


fig. 11 —  $\tau_{x\phi}$  dans la section d'extrémité  $x = 0$ .

*Span on simple bearings,* the end section  $x = 0$ .



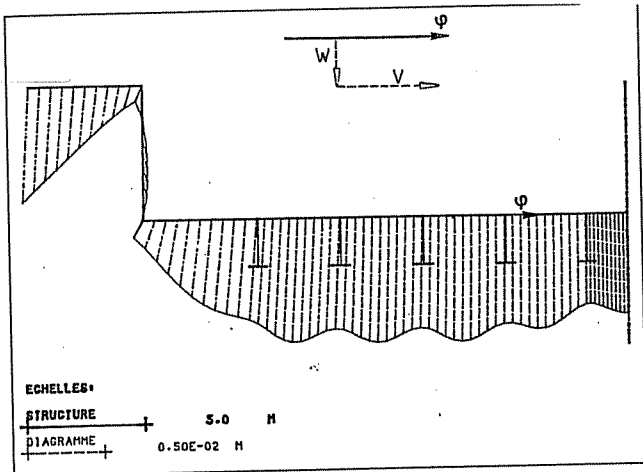


fig. 12 — Travée bi-encastree, déplacements w et v estimés dans la section transversale à mi-portée.

fig. 13 — Travée bi-encastree, déplacements longitudinaux u dans la section d'extrémité x = 0.

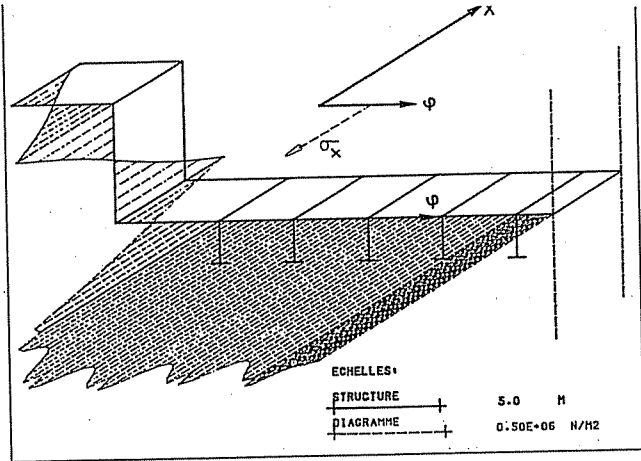


fig. 14 — Travée bi-encastree, contraintes longitudinales sigma\_x à mi-portée.

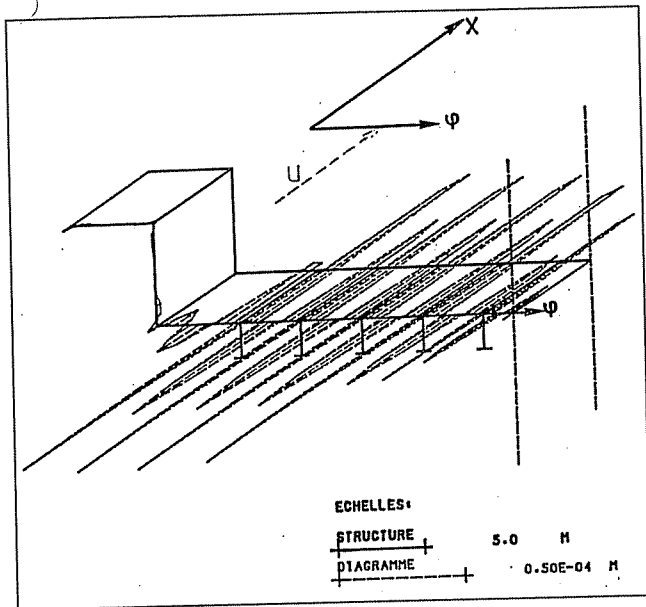


fig. 15 — Déplacement vertical w dans la section transversale à mi-portée.

fig. 16 — Contrainte longitudinale sigma\_x dans la section transversale à mi-portée.

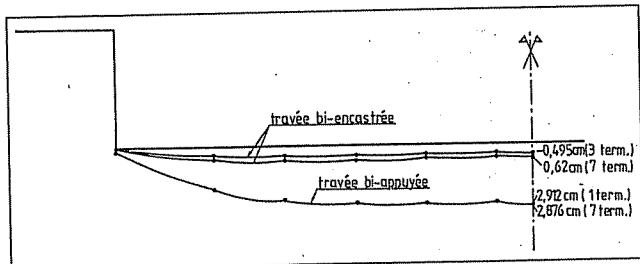


fig. 15 — Déplacement vertical w dans la section transversale à mi-portée.

fig. 16 — Contrainte longitudinale sigma\_x dans la section transversale à mi-portée.

Les figures 12 à 14 présentent les diagrammes des déplacements, efforts et contraintes les plus significatifs, des modifications apparaissant lorsqu'on applique les forces et moments de bords à la structure pour simuler l'encastrement des sections de bord  $x = 0$  et  $x = L$ .

A la figure 13, le diagramme des déplacements longitudinaux u aux appuis donne des résidus de déplacements u non nuls. En théorie, on a  $u = 0$  de manière uniforme, mais en pratique, il subsiste des résidus. Un résidu maximum de  $0,1 \cdot 10^{-3}$  m alors que les déplacements à annuler étaient de l'ordre de  $0,3 \cdot 10^{-2}$  m soit 30 fois moins, est acceptable. Il faut en effet comparer le diagramme de la figure 9 à celui de la figure 11 pour se rendre compte que l'on a bien globalement  $u = 0$ .

#### 4 — CONCLUSION

Au travers du calcul de vérification et d'optimisation d'un pont-canal, il apparaît qu'avec l'aide du logiciel des bordages raidis

(LBR-3), le calcul des structures composées de coques et de plaques fortement raidis est devenu une tâche bien plus aisée.

Les données requises par la méthode sont extrêmement réduites et, vu le faible temps de calcul (CPU) qu'elle requiert, il se confirme qu'il y a intérêt à utiliser le logiciel LBR-3 pour le calcul de telles structures. Ainsi, la discrétisation, l'entrée des données, la résolution par ordinateur et l'analyse des résultats peuvent être réalisées pour l'exemple cité, en moins de 8 h. Cette méthode raccourcit donc considérablement le temps nécessaire à de telles études. La qualité et la densité des résultats fournis permettent au concepteur de juger rapidement des modifications à apporter en vue d'améliorer le comportement de la structure c'est-à-dire d'y faire travailler au mieux l'ensemble des éléments constitutifs.

Ce logiciel permet la prise en compte des charges extérieures classiques et l'introduction de toutes sortes de conditions d'appuis (appui simple, encastrement, appui élastique). Cela

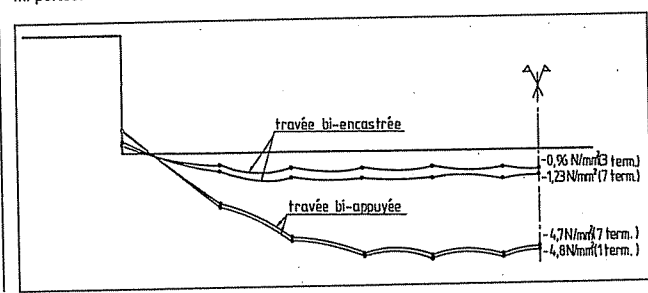


fig. 15 — Déplacement vertical w dans la section transversale à mi-portée.

fig. 16 — Contrainte longitudinale sigma\_x dans la section transversale à mi-portée.

fig. 16 — Contrainte longitudinale sigma\_x dans la section transversale à mi-portée.

permet l'étude de nombreuses structures, métalliques et en béton dont notamment les constructions hydrauliques telles que : pont-canal, porte d'écluse, vanne de barrage-mobile, porte marée-tempête, ...

## RÉFÉRENCES

1. N.M. DEHOUSE — «Les bordages raidis en construction hydraulique», Mémoires du Centre d'Etudes, de Recherche et d'Essais Scientifiques du Génie Civil (Nouvelle série), vol. n° 1, de Liège, 1961.

2. Ph. RIGO — «Applications des développements harmoniques aux calculs des ouvrages hydrauliques métalliques», Collection des Publications de la Faculté des Sciences Appliquées de l'Université de Liège, n° 120, 1989.

3. Ph. RIGO — «La méthode des bordages raidis. Calcul des coques cylindriques soumises à une pression hydraulique», Construction métallique du CTICM, n° 3, Paris, septembre, 1989.

4. L.G. CAJOT — «Avant-projet d'un pont-canal en béton précontraint», Université de Liège, Faculté des Sciences Appliquées, TFE, 1986.

## RÉSUMÉ FRANÇAIS

Projet d'un pont-canal en béton précontraint, calcul et conception

Ph. Rigo

Le pont-canal reste une structure méconnue et relativement peu étudiée. Son étude est complexe; il y a interaction entre le problème hydraulique et l'aspect purement structural. Les travaux de mise au gabarit de 1 350 t du canal du Centre en Belgique comportent notamment la construction d'un pont-canal. Divers projets et alternatives ont été proposés pour ce pont-canal. Le but n'est pas de les comparer, mais simplement de montrer au travers du calcul d'un pont-canal en béton précontraint, combien l'usage du logiciel des bordages raidis peut faciliter le calcul des structures composées de coques et de plaques fortement raidies.

La méthode de calcul utilisée afin de vérifier le prédimensionnement et ensuite d'optimiser ce pont-canal est la méthode des bordages raidis dont découle le logiciel des bordages raidis (LBR-3). Ce logiciel allie à la simplicité et la rapidité, une grande précision de résultats. La précision étant garantie par une résolution analytique des équations différentielles régissant le comportement des coques orthotropes (équations dites de DKJ). En pratique, il permet l'étude de nombreuses structures, métalliques et en béton dont notamment les constructions hydrauliques telles que: pont-canal, porte d'écluse, vanne de barrage mobile, porte marée-tempête, ...

## ENGLISH SUMMARY

Prestressed concrete canal bridge project: calculations and design

Ph. Rigo

The canal bridge is a poorly known structure not studied to any great extent. It is of complex design, and involves an interaction between hydraulic aspects and purely structural aspects.

The work for widening the Centre canal in Belgium to the clearance of 1 350 t included in

particular the construction of a canal bridge. Various design schemes and alternatives were proposed for this canal bridge. The purpose here is not to compare them, but simply to show, by means of the design calculations for a prestressed concrete canal bridge, how the use of the software of stiffened edges can facilitate the design of structures made up of highly stiffened shells and plates.

The calculation method used to check the pre-dimensioning and then the optimization of this canal bridge is the stiffened-edge method, on which is based the software of stiffened edges (LBR-3). This software combines simplicity and speed with high data precision. The precision is guaranteed by an analytical solution of the differential equations governing the behaviour of orthotropic shells (DKJ equations). In practice, it allows the design of numerous steel and concrete structures, and in particular hydraulic engineering structures such as canal bridges, lock gates, mobile dam valves, etc.

## DEUTSCHES KURZREFERAT

Planung eines Brückekanal aus vorgespanttem Beton. Berechnung und Auslegung

Ph. Rigo

Der Brücke-kanal ist eine verkannte und relativ wenig erforschte Struktur deren Entwurf kompliziert ist. Es besteht eine Wechselwirkung zwischen dem hydraulischen Problem und dem einzig strukturellen Blickwinkel. Die unternommenen Arbeiten um den Kanal des Zentrums in Belgien auf 1 350 T Durchfahrt zu bringen, umfassen besonders den Bau Brückekanal für welchen verschieden und auswechselbare Projekte vorgelegt wurden. Die Absicht liegt nicht in einer Vergleichung, sondern einfach, durch die Berechnung eines Brückekanal aus vorgespanntem Beton, zu zeigen wie die Anwendung der «Software» der versteiften Bordwände die Berechnung der aus Platten und Schalen zusammengesetzten stark versteiften Struktur erleichtern kann. Die angewandte Berechnungsmethode um die Vordimensionierung zu prüfen und sodann diesen Brückekanal zu optimieren ist die

Methode der versteiften Bordwände von der die «Software» der versteiften Bordwände abgeleitet («logiciel» des bordages raidis - LBR-3). Diese «Software» verbindet Einfachheit und Schnelligkeit mit einer grossen Genauigkeit der Ergebnisse. Die Genauigkeit ist durch eine analytische Auflösung der Differenzialgleichungen die das Verhalten der orthotropen Schalen regieren, gesichert (die sogenannte DKJ Gleichung). In der Praxis erlaubt diese «Software» die Untersuchung zahlreicher Strukturen, metallische und aus Beton, davon besonders hydraulische Konstruktionen wie zum Beispiel: Brückekanal; Schleusentüre; Wehrschützen.

## RESUMEN ESPAÑOL

Proyecto de un puente canal de hormigón pretensado. Cálculo y diseño

Ph. Rigo

El puente canal sigue siendo una estructura desconocida y relativamente poco estudiada. Su estudio viene a ser complejo, puesto que existe una interacción entre el problema hidráulico y su aspecto meramente estructural.

Los trabajos de ampliación del gálibo de paso a 1 350 t del canal del Centro, en Bélgica, incluyen, concretamente la construcción de un puente canal. Para la construcción de este puente canal se han propuestos diversos proyectos y variantes. El objeto del presente artículo no reside en su comparación, sino, sencillamente, mostrar a través del cálculo de un puente canal de hormigón pretensado, la importancia de los programas informáticos adecuados para facilitar el cálculo de las estructuras compuestas por pantallas de reducido espesor y de placas fuertemente atirantadas. El método de cálculo utilizado para verificar el predimensionamiento y, acto seguido, optimizar este puente canal corresponde al método de rebordes rigidizados, del cual se deriva el programa informático de rebordes rigidizados (LBR-3). Este programa combina sencillez y rapidez con una gran precisión de resultados. La precisión queda garantizada por una resolución analítica de las ecuaciones

diferenciales que rigen el comportamiento de las ecuaciones diferenciales que rigen el comportamiento de las pantallas delgadas ortótropas (ecuaciones denominadas de DKJ). En la práctica, este programa permite el estudio de numerosas estructuras, metálicas o de hormigón, entre las cuales figuran, concretamente, las construcciones hidráulicas como, por ejemplo: puentes-canal, puertas de esclusa, compuertas móviles de presa, etc.

## RESUMO EM PORTUGUES

Projeto de uma ponte-canal em concreto pré-comprimido, cálculo e concepção

Ph. Rigo

A ponte-canal continua sendo uma estrutura desconhecida e relativamente pouco estudada. Seu estudo é complexo; existe interação entre o problema hidráulico e o aspecto paramamente estrutural.

As obras de adaptação ao gabarito de 1 350 t do canal do Centro, no Bélgica, comportam, especialmente, a construção de uma ponte-canal. Diversos projetos e alternativas foram propostos para esta ponte-canal. O objetivo não é de compará-los, mas, simplesmente, de mostrar, pelo cálculo de uma ponte-canal em concreto pré-comprimido, a que ponto o uso de logiciel de bordagens rígidas pode facilitar o cálculo das estruturas compostas de cascos e de placas fortemente endurecidas. O método de cálculo utilizado a fim de verificar a pré-dimensionamento e, em seguida de tornar viável esta ponte-canal, é o método de bordagens rígidas, do qual deriva o logiciel de bordagens rígidas (LBR-3). Este resultados. A precisão se acha garantida por uma solução analítica: das equações preferenciais que regem o comportamento dos cascos ortótropos (equações chamadas de DKJ). Na prática ele possibilita o estudo de numerosas estruturas, metálicas e em cimento armado, e principalmente as construções hidráulicas, tais como: ponte-canal, porta de represa, comporta e barragem móvel, etc.