

SYMPOSIUM

**SUR L'EMPLOI DES CALCULATRICES
DANS LE GÉNIE CIVIL**

**ON THE USE OF COMPUTERS
IN CIVIL ENGINEERING**

**COMPTES - RENDUS
PROCEEDINGS**

VOLUME I

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

LISBON - 1962

INDEX

<u>VOL I</u>	<u>Page</u>
Comité d'organisation - Organizing Committee	
Préface - Foreword	1-5
Liste des participants - List of participants	9
Liste des auteurs et des communications	15
List of authors and papers	
Allocution inaugurale - Opening speech	25-27
Séances de travail - Working sessions	29
Recommendation	109
Discours de clôture - Closing speeches	111
Communications 1 à 35 - Papers 1 to 35	125
<u>VOL II</u>	
Communications 36 à 71 - Papers 36 to 71	

COMITÉ D'ORGANISATION
ORGANIZING COMMITTEE

Président - President

Manuel Rocha — Directeur du Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Director of the

Membres - Members

Afonso Fernandes - Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Agostinho Alvares Ribeiro - Hidroeléctrica do Douro
Alderico Santos Machado - Fundação Calouste Gulbenkian
Francisco Correia de Araújo - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Jorge Cândido da Silva - Hidro - Eléctrica do Zêzere
Júlio Ferry Borges - Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Luís Gomes Fernandes - Hidroeléctrica do Cávado
Mário Marques Dias - Junta Autónoma das Estradas
Rui da Silva Sanches - Direcção Geral dos Serviços Hidráulicos

Secrétaire - Secretary

Nuno Martins - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Secrétariat - Secretariate

Secretariado do SUCCE
Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Av. do Brasil, Lisboa-5 - Portugal

PRÉFACE

Le Symposium sur l'emploi des calculatrices dans le Génie Civil s'est tenu à Lisbonne, au Laboratório Nacional de Engenharia Civil, du 1^{er} au 5 Octobre 1962.

Il a été précédé par un cours sur l'emploi des calculatrices dans le Génie Civil. Ce Cours, organisé par le L.N.E.C. sous le patronage du Comité Scientifique de l'OTAN, s'est déroulé du 16 au 30 Septembre.

Le Symposium a été organisé par le Laboratório Nacional de Engenharia Civil et patronné par :

- R.I.L.E.M. - Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions
- A. I. P. C. - Association Internationale des Ponts et Charpentes
- I. F. I. P. - Fédération Internationale des Sociétés de Traitement d'Information.

Des représentants de 23 pays, au total 140 personnes, ont participé au Symposium, notamment d'Allemagne, Grande-Bretagne, Argentine, Belgique, Brésil, Bulgarie, Canada, Danemark, Espagne, États-Unis, France, Grèce, Hongrie, Italie, Japon, Mexique, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, Suède, Suisse, Turquie et République Arabe Unie.

Le Directeur du Laboratório Nacional de Engenharia Civil a ouvert le Symposium en souhaitant la bienvenue aux participants ainsi qu'un travail utile et un séjour agréable.

Il a parlé ensuite du problème du Calcul automatique dans le Génie Civil et des efforts faits par le L.N.E.C. pour accompagner et contribuer à son progrès.

Ensuite a eu lieu la visite du Laboratório, la Section de Calcul Automatique, équipée avec une machine Stantec-Zebra, ayant été l'objet d'une attention particulière.



Centre de Calcul de la Division de Mécanique Appliquée.
Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Computing center. Applied Mechanics Division. Laboratório
Nacional de Engenharia Civil

Une exposition d'appareillage a eu lieu dans un des bâtiments du L.N.E.C., dans laquelle participèrent les fabricants Bull, IBM et National C.R. et où il y avait aussi une calculatrice Elliot 503 en fonctionnement.

Les séances de travail qui commencèrent le 1^{er} Octobre après-midi se prolongèrent jusqu'au 5 Octobre.

Chaque séance était présidée par un Président, assisté de 2 secrétaires.

Les séances, qui duraient à peu près 3h au total furent divisées en 2 parties, dont l'une pour la présentation et l'autre pour la discussion des rapports.

Environ huit ouvrages ont été présentés et discutés pendant chaque séance. Les auteurs ont fait un bref résumé de leurs

communications.

On a groupé les ouvrages d'accord avec les affinités des sujets traités, pour rendre plus facile leur discussion.

Les thèmes traités furent les suivants:

- 1^{ère} Séance - Structures linéaires à comportement linéaire
- 2^{ème} Séance - Coques et Barrages
- 3^{ème} Séance - Barrages
- 4^{ème} Séance - Structures à comportement non linéaire; problèmes d'élasticité bidimensionnelle
- 5^{ème} Séance - Plaques
- 6^{ème} Séance - Problèmes dynamiques
- 7^{ème} Séance - Méthodes numériques, Hydraulique, Mécanique des Sols et autres.

Les textes des discussions furent préparés d'après les notes laissées par les auteurs et les enregistrements faits au ruban magnétique pendant les sessions. Ces textes furent tous remis aux auteurs avant d'être publiés.

En plus des séances de travail, les participants ont pris part à une réception offerte par la Camara Municipal de Lisboa, à une tournée touristique à Estoril-Cascais-Sintra et à la fin du Symposium à une excursion de trois jours dans le nord du Pays.

On a aussi rendu visite à des calculatrices analogiques et digitales, utilisées à Lisbonne et à Porto dans la résolution de divers problèmes du Génie Civil.

Un dîner de clôture du Symposium a eu lieu, au Castelo de S. Jorge, présidé par Monsieur le Ministre des Travaux Publics.

Le Laboratório Nacional de Engenharia Civil profite de cette opportunité pour remercier les participants au Symposium de leur collaboration, en particulier les auteurs des communications et participants aux débats. Il désire encore remercier les institutions suivantes d'avoir bien voulu donner leur concours à cette initiative et contribuer ainsi à sa réussite:

- Hidroeléctrica do Cávado
- Hidroeléctrica do Douro
- Hidroeléctrica do Zêzere

- Câmara Municipal de Lisboa
- Câmara Municipal de Sintra
- Companhia Nacional de Electricidade
- Fundação Calouste Gulbenkian

Lisbonne, Janvier 1963

FOREWORD

The Symposium on the use of computers in Civil Engineering was held in Lisbon at the Laboratório Nacional de Engenharia Civil, from the 1st to the 5th October, 1962.

It was preceded by a course on the use of computers in Civil Engineering, organized by the L.N.E.C. and sponsored by N.A.T.O. Scientific Committee, which had been held from the 16th to the 30th September.

The Symposium was organized by the Laboratório Nacional de Engenharia Civil and sponsored by:

- R.I.L.E.M. - International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures
- A. I. P. C. - International Association for Bridges and Structural Engineering
- I. F. I. P. - International Federation for Information Processing

In the Symposium were present specialists of 23 countries: Germany, Great Britain, Argentina, Belgium, Brazil, Bulgaria, Canada, Denmark, Spain, United States, France, Greece, Hungary, Italy, Japan, Mexico, Norway, Netherlands, Poland, Portugal, Sweden, Switzerland, Turkey and United Arab Republic, the all amounting to 140 participants.

At the opening of the Symposium the Director of the Laboratório Nacional de Engenharia Civil greeted the participants, wishing them a profitable work and a pleasant stay in the country.

He considered afterwards the problem of automatic computation in Civil Engineering and L.N.E.C. efforts for accompanying and contributing to its development.

A visit to the different sections of the Laboratório followed, during which particular attention was paid to the Automatic Computation Section equipped with a Stantec-Zebra computer.

Also, an exhibition of equipment took place in one of the L.N. E.C. buildings, which had the collaboration of several manufacturers of equipment, such as Bull, IBM, and National C.R., where there was an Elliot 803 computer in operation.

The working sessions began on the 1st October afternoon and lasted until the 5th October.

Each session was presided by a Chairman, assisted by two secretaries.

The sessions, which lasted about 3 hours each, were divided into two parts, one for the presentation and the other for the discussion of the papers presented.

About eight papers were dealt with in the course of each session. The authors made a brief account of their works.

Papers on similar topics were assembled in order to enable their discussion.

The subjects dealt with at the meetings were:

1st session - Linear structures with linear behaviour

2nd session - Shells and Dams

3rd session - Dams

4th session - Structures with non linear behaviour and two-dimensional elasticity problems.

5th session - Slabs

6th session - Dynamic problems

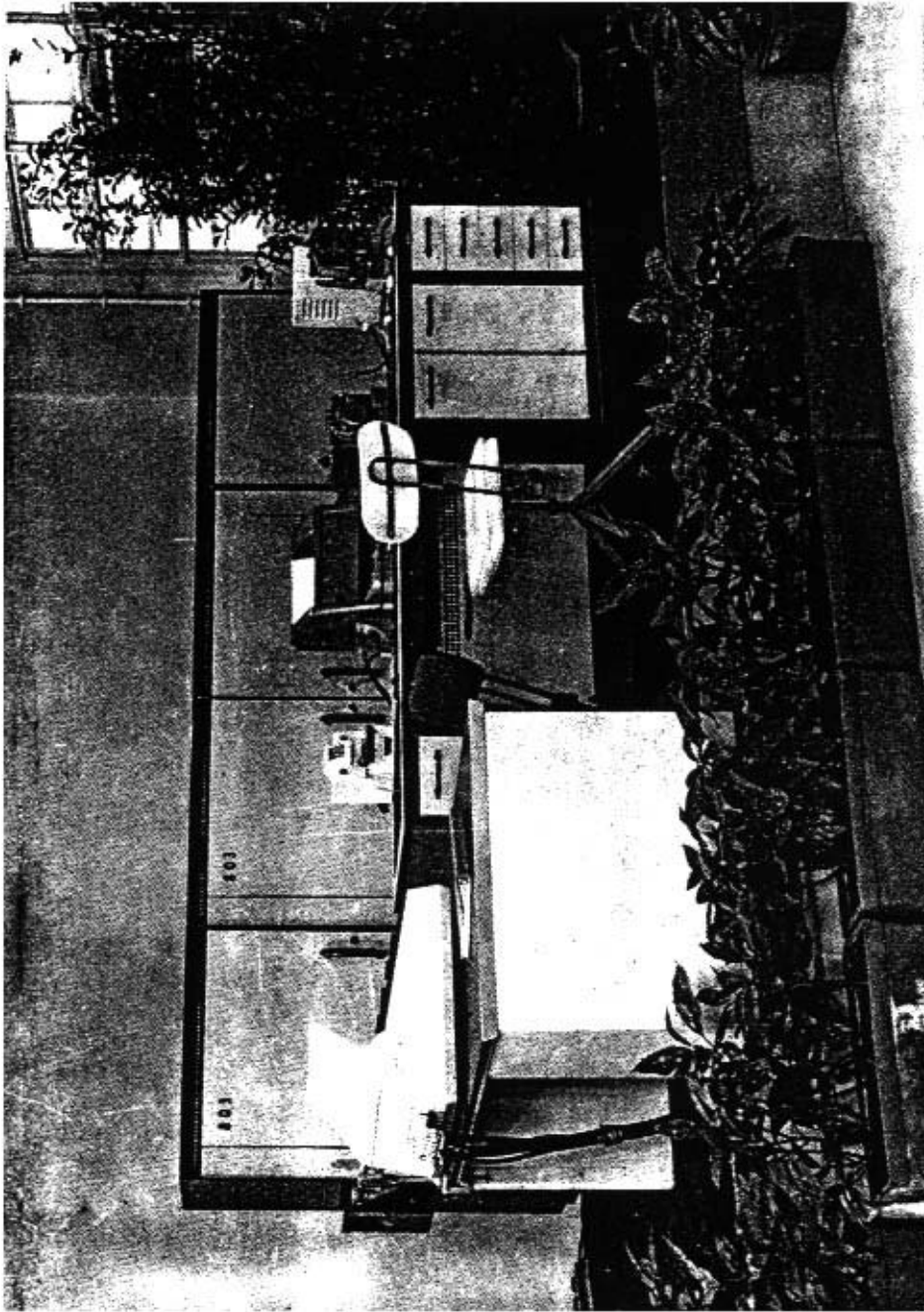
7th session - Numerical methods, Hydraulics, Soil Mechanics, and others.

The discussion reports were prepared from the notes left by the authors and from the magnetic tape records made during the sessions. They were besides all reviewed by their authors.

Participants of the Symposium took part in a reception given by the Câmara Municipal de Lisboa and in a tour to Estoril, Cascais and Sintra. On the 5th October they left for a 3 day excursion to the north of the country.

There were also visits to analog and digital computers used both in Lisbon and in OPorto for the solution of several engineering problems.

The Symposium was closed by a dinner presided by the Minister of Public Works.



Calculatrice Elliot présentée à l'exposition d'appareillage
Elliot Computer presented at the exhibition of equipment

The Laboratório Nacional de Engenharia Civil is glad to take this opportunity of expressing its best thanks to all the participants in the Symposium for their so precious collaboration, especially to the authors of papers and participants in the discussion, and also to all the public and private bodies who gave their cooperation to the Symposium, namely:

- Hidroeléctrica do Cávado
- Hidroeléctrica do Douro
- Hidroeléctrica do Zêzere
- Câmara Municipal de Lisboa
- Câmara Municipal de Sintra
- Companhia Nacional de Electricidade
- Fundação Calouste Gulbenkian

Lisbon, January 1963.

LISTE DES PARTICIPANTS

LIST OF PARTICIPANTS



ALLEMAGNE

GERMANY

Anheuser, L.

Eibl, Josef

Kahl, Willy

Krebs, Albert

Wengher, R.P.

Withum, Dieter

ANGLETERRE

UNITED KINGDOM

Alcock, Donald G.

Allen, D.N. de G.

Allwood, R.J.

Best, Brian Charles

Birtwistle, Graham

Brotton, D.M.

Gibson, John E.

Martin, David W.

Morice, P.B.

Nelson, H.M.

Owen, J.B.B.

Rockey, K.C.

Severn, R.T.

Windle, D.W.

Wright, John

Zienkiewicz, O.C.

ARGENTINE

Bruschi, Aldo

Lorca, Jorge de

BELGIQUE

BELGIUM

Bombaerts, Freddy

Cornelis, Antoine

Massonnet, Charles

Thiry, Leon

Zaczek, S.

BRESIL

BRAZIL

Martinelli, Julieta Pinheiro

Valle, Gilberto Barbosa do

BULGARIE

BULGARIA

Sachanski, Salio

CANADA

Lansdown, Allen

Lee, J.A.N.

DANEMARK

DENMARK

Andersen, Knud
Callesen, Oluf
Ditlevsen, Ove D.
Møller, Flemming N.
Nielsen, Mogens P.
Pedersen, Bent Erik
Simonsen, Bjørn

ESPAGNE

SPAIN

Bremard, Charles
Fresca, R.Garcia

ETATS UNIS

UNITED STATES

Chan, S.P.
Christiansen, Henry Nelson
Clough, R.W.
Conner, Harold W.
Fisher, Gordon
Fisher, John
Hudson, W.Ronald
Sevin, E.
Tocher, James Lionel
Wen, R.K.
White, Merit
Wilson, Edward

FRANCE

Absi, Elie
Aucouturier, L.
Barets, Jean
Beaujoint, N.
Benjamin, Ch.
Bernadat, Jacques
Cagniant, P.
Chautru, René
Garnault, André
Leray, Jean Claude
Mladyénovitch, V.
Oiknine, Yves
Saillard, Yves
Tournyol du Clos, J.
Vivier

GRECE

GREECE

Diamantis, Constantin

HONGRIE

HUNGARY

Rózsa, Mihaly

ITALIE

ITALY

Gavarini, Carlo

Giorgetti, Alberto
Guerrini, Pietro
Pasquali, Romolo
Picozzi, Umberto
Pizzarello, António
Zangali

JAPON

JAPAN

Naruoka, Masao

MEXIQUE

MEXICO

Bustamante, Jorge

PAYS-BAS

NETHERLANDS

Serbanescu, V.F.

Tjebbes, T.

NORVEGE

NORWAY

Fjøsne, Aamund

Hansen, Erik H.

PORTUGAL

Abecasis, Fernando

Agular, José de Freitas

Almeida, F.Santos
Baptista, Raul
Borges, J.Ferry
Cadete, A.Farinha
Castro, F.Jácome
Castro, Gustavo de
Coelho, A.Guedes
Costa, J.M.Madeira
David, F.Souares
Dias, Mário Marques
Fernandes, Afonso
Fernandes, C.Gomes
Fernandes, L.Gomes
Figueira, J.M.Gonçalves
Fonseca, José Belard
Gil, S.Panadés
Heitor, A.Mexia
Henriques, F.Gonçalves
Lencastre, Armando
Machado, A.Santos
Martins, H.Ferreira
Martins, Nuno
Muralha, João Delgado
Neves, I.Bartolomeu
Novais, Salvador António
Oliveira, J.Arantes
Páscoa, M.Gomes
Paupério, A.dos Santos
Pinto, J.Sousa

Portela, C.Medeiros
Ribeiro, A.Alvares
Rocha, Manuel
Rodrigues, J.Caldeira
Sanches, Rui da Silva
Sequeira, L.Marta
Serafim, J.Laginha
Silva, J.Cândido
Silva, S.Martins
Silveira, A.Ferreira
Sousa, A.Correia
Souza, H.Reynolds de
Vian, M^a. de Lourdes
Viseu, J.Santos
Xerez, A.Carvalho

SUEDE

SWEDEN

Uppenberg, Mats

SUISSE

SWITZERLAND

Blanc, Charles
Borel, Lucien
Crespo, François
Stucky, Jean Pierre
Tobler, R.
Wusteman, Gustav

TURQUIE

TURKEY

Ermutlu, Erhan
Sukan, Turhan
Utku, Senol

REPUBLIQUE ARABE UNIE

UNITED ARABIAN REPUBLIC

Saafan, S.A.

LISTE DES AUTEURS ET DES
COMMUNICATIONS

LIST OF AUTHORS AND PAPERS

- 1 - RUBINSTEIN, MOSHE F. - A computer program for the analysis of rigidly connected beams.
- 2 - NARUOKA, MASAO and TOMOHIRE YAMAMOTO - Automation of design computation for three span continuous girder bridge.
- 3 - WELCH, E. - Computer solutions for a beam-column of non-uniform cross-section.
- 4 - BELEVITH, V., J. MEINGUET and L.A. THIRY - Calcul des structures planes en regime élastique par la méthode des déformations.
- 5 - BARBOSA DO VALLE, GILBERTO MASCARENHAS - Portal frames and continuous beams.
- 6 - SAAFAN, S.A. and D.M. BROTON - Elastic finite deflection analysis of rigid frameworks by digital computer.
- 7 - ALLWOOD, R.J. - The solution of large elastic structures.
- 8 - NEELEMANS, L. - Utilisation des calculateurs analogiques à la résolution des systèmes hyperstatiques.
- 9 - TOCHER, J.L. and E.P. POPOV - Plastic analysis of rigid frames by modified linear programming.
- 10 - SALLÈ, F. - Programmes de calcul de structures hyperstatiques sur calculateur Bull Gamma E.T.

- 11 - RÓZSA, M. - Use of electronic computers for the analysis of structures with straight members.
- 12 - MAUS, H. et CH. MASSONNET - Force portante plastique des systèmes de pieux.
- 13 - SZIDAROVSKY, JOHN - An automatic digital computer analysis of stiffened suspension bridges.
- 14 - FERRY BORGES, J., C. LIMA and E. R. ARANTES E OLIVEIRA - Matrix analysis of suspension bridges.
- 15 - LERAY, JEAN CLAUDE - Calcul entièrement automatique des tabliers de pont en béton armé à poutres sous chaussée d'inertie constante.
- 16 - SEVERN, R. T. - The analysis of slab-beam bridge decks using the Ferranti Pegasus computer.
- 17 - CHANG, JERRY C. L. - The role of electronic computer in the design of short span bridges of orthotropic plate construction.
- 18 - NARUOKA, MASAO, HIDROSHI OHMURA and TAKEAKI FUJIO - On the numerical analysis of orthotropic parallelogram plates.
- 19 - CARPENTIER, LUCIEN - Étude comparée des dalles biaisées par calculatrices électroniques et par modèles réduits.
- 20 - RIESSAUW, F. G. - Utilisation de l'ordinateur I. B. M. 650 dans l'établissement d'une méthode de calcul de plaques rectangulaires.

- 21 - NOWACKI, W. - Approximate solution of the problem of bending of plates with mixed boundary conditions.
- 22 - NIELSEN, M.P. - On the calculation of yield line patterns with curved yield lines.
- 23 - SIEV, A. - Analysis of prestressed suspended roofs by means of an electronic computer.
- 24 - GIBSON, J.E. - Computer analysis of thin shells.
- 25 - OWEN, J.B.B. and R.M.ROMAYA - The choice of variables in cylindrical shell problems.
- 26 - MARTIN, D.W. and W.E.SCRIVEN - Membrane stresses in hyperbolic cooling towers.
- 27 - UTKU, SENOL and CHARLES HEAD NORRIS - Utilization of digital computers in the analysis of thin shells.
- 28 - CORREIA DE SOUSA, A. et F.J.SANTOS ALMEIDA - Le dimensionnement du profil d'un barrage - poids.
- 29 - CLOUGH, RAY W. and EDWARD L.WILSON - Stress analysis of a gravity dam by the finite element method.
- 30 - ALVARES RIBEIRO, A. - The Bemposta hollow-arch dam and the computers.
- 31 - BUSTAMANTE, JORGE I. - Convergence of a difference solution in a problem of arch dam analysis.
- 32 - DEHOUSSE, N.M. - Application des ordinateurs au calcul des barrages - voûtes par la théorie de l'élasticité.

- 33 - ANDERSEN, V. MANDRUP - Arch dam computations by use of electronic computers.
- 34 - BENJAMIN, CH. - Calcul nodal des voûtes ou calcul gamma.
- 35 - TONINI, D. - Emploi de calculatrices électroniques dans les calculs prévus par le projet de barrages.
- 36 - BEAUJOINT, N. - Le calcul global des barrages- voûtes- Principes et applications .
- 37 - LAGINHA SERAFIM, J., J. CALDEIRA RODRIGUES and J. SALVADOR FERNANDES - Arch and cantilever analysis for the radial adjustment of arch-dams.
- 38 - CORREIA DE SOUSA, ANTÔNIO et FERNANDO DOS SANTOS ALMEIDA - Étude d'une culée d'un barrage - voûte.
- 39 - CORREIA DE SOUSA, ANTÔNIO, FERNANDO DOS SANTOS ALMEIDA et R. BATISTA - Dimensionnement d'un barrage à contreforts.
- 40 - MARTINS, SILVÉRIO, C. GOMES FERNANDES, F. S. DAVID et R. BATISTA - Calculs thermiques dans un barrage de béton.
- 41 - CORREIA DE SOUSA, ANTÔNIO et FERNANDO DOS SANTOS ALMEIDA - Le comportement d'un grand bloc en béton, sur une fondation formée par plusieurs terrains de caractéristiques différentes.

- 42 - SATCHANSKI, S. et T. KARAMANSKI - Méthode nouvelle pour déterminer les tensions dans les poutres murales constituées des matériaux différents.
- 43 - ARANTES E OLIVEIRA, EDUARDO R. DE - General methods for computer analysis of plane elasticity problems.
- 44 - WEN, R. K. and T. TORIDIS - Analysis of multi-span bridges subjected to moving loads.
- 45 - WILSON, EDWARD L. and RAY W. CLOUGH - Dynamic response by step-by-step matrix analysis.
- 46 - CHEN, ALBERT, FREDERICK J. DZIALO, DENTON B. HARRIS, MERIT P. WHITE and WINSTON YAU - Response of stiffened plating to sudden uniform pressure.
- 47 - LIEBERMAN, P. and T. A. ZAKER - Numerical solution of wave propagation problems in layered inelastic materials.
- 48 - SALMON, M. A. and R. R. ROBINSON - Cylindrical shell response to shock wave engulfment.
- 49 - SEVIN, E., C. A. MILLER and R. R. ROBINSON - Dynamic response of slab structure exhibiting Coulomb friction to combined air and ground shock loading.
- 50 - MORICE, P. B. - Structural analysis and design.

- 51 - PIZZARELLO,ANTÔNIO and OCCHINI GIULIO - The automation of design computations for large redundant structures.
- 52 - GIORGETTI,A. - Projet de structures de charpente métallique à l'aide des calculateurs électroniques.
- 53 - M.I.T. - Some applications of digital computation in structural research-I.
- 54 - M.I.T. - Some applications of digital computation in structural research-II.
- 55 - SZIDAROVSKY,JOHN - A computing method for solving technical linear differential equations of non-constant coefficients.
- 56 - SELIG,E.T. - Application of computers to soil mechanics research.
- 57 - BERNADAT,J. - Calcul du flux de frigories autour d'une cuve de gaz liquéfié.
- 58 - TOTTENHAM,H. - Matrix progression techniques in structural analysis.
- 59 - SOARES DAVID,F. - Etude statistique des apports d'un cours d'eau utilisant la loi de Galton-Gibrat.
- 60 - GUERRINI,PIETRO - Automatic calculation programs for complex surge tanks systems.
- 61 - OLSSON,ANDERS - A matrix program for structural analysis.

- 62 - SOARES DAVID, F. et R. BARBOSA BAPTISTA - Application d'une technique de simulation à l'étude d'un système producteur d'énergie électrique.
- 63 - PREISSMANN, ALEXANDRE - L'emploi des calculatrices dans le génie civil. Le point de vue du bureau de calcul.
- 64 - LAÇINHA SERAFIM, J. and A. F. DA SILVEIRA - The use of computers in the observation of dams.
- 65 - CHAN, SAI P. - Modified finite difference method for computers.
- 66 - UPPENBERG, MATS - Digital computer analysis of skew continuous orthotropic plates.
- 67 - CORREIA DE ARAUJO, F. et A. CORREIA DE SOUSA - Calcul numérique des couvertures formées par des voiles multi - cylindriques en béton armé.
- 68 - TOURNYOL DU CLOS, J. et A. ABSI - Calcul automatique des ponts à poutres croisées.
- 69 - SANTOS PAUPÉRIO, A. et A. SOUSA TAVEIRA - Étude du mouvement varié de l'eau dans les canaux.
- 70 - PORTELA, CARLOS - Calcul de stabilité d'installations hydroélectriques. Détermination de l'influence des différents paramètres et leur choix quand on définit un aménagement.

71 - SMIRNOV, A.F. - Some new methods for solving structural problems by means of computers.