

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 94 (1968)
Heft: 15

Artikel: Le calcul électronique dans le domaine du génie civil aux États-Unis
Autor: Gourdou, Gontran
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-69648>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 22.01.2025

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

LE CALCUL ÉLECTRONIQUE DANS LE DOMAINE DU GÉNIE CIVIL AUX ÉTATS-UNIS

par M. GONTRAN GOURDOU, ingénieur EPUL

Introduction

L'ingénieur civil face aux problèmes de plus en plus compliqués et une concurrence de plus en plus agressive devra recourir à l'ordinateur électronique et aux techniques de programmation qui seuls lui donneront la possibilité de résoudre ces problèmes d'une manière efficace et de se maintenir à la tête dans son domaine.

Un travail considérable de base, dans le développement de programmes au service de l'ingénieur civil, a déjà été accompli aux USA par les grandes compagnies de machines électroniques, par des compagnies spécialisées dans la location de programmes, et par les universités.

Toutefois, le nombre des programmes est limité et leur domaine d'application restreint. Pour ces raisons, l'ingénieur se verra dans l'obligation de développer et d'écrire des programmes qui lui permettront de résoudre ses problèmes particuliers.

Le bref exposé suivant des techniques et des programmes de calcul disponibles donnera une idée du développement ainsi que des possibilités offertes par cette nouvelle technologie. Des recommandations pour la création et le développement de programmes sont également présentées.

L'évolution

Pour souligner la rapidité avec laquelle le calcul électronique s'est développé, il est indiqué de rappeler brièvement les dates importantes marquant le développement et l'utilisation des ordinateurs.

Depuis l'invention de la machine analytique de Babbage en 1833 et la création du premier ordinateur analogique de Vannevar Bush en 1925, la puissance et la sophistication des systèmes de calcul électronique n'ont cessé d'augmenter très rapidement.

En 1946, le premier ordinateur est en opération à l'Université de Pennsylvanie, USA.

En 1949, le premier ordinateur capable de mémoriser un programme fait ses débuts à l'Université de Cambridge, Massachusetts, USA.

En 1951, UNIVAC introduit le premier ordinateur sur le marché mondial.

Mais c'est seulement avec l'apparition des premiers langages, tels que FORTRAN, ALGOL, COBOL, de 1956 à 1958, que la technique du calcul électronique s'affirme comme étant un puissant aide mis au service de l'ingénieur. De 1958 à 1963, les premiers « problem-oriented languages » (langages orientés dans le sens d'un problème), tels que COGO, STRESS, CPM, ainsi que des bibliothèques de programmes assez importantes transforment en moins de 3 ans la façon de résoudre les problèmes compliqués ou de routine dans les bureaux d'ingénieurs américains.

La grande majorité de ces programmes servent en effet à résoudre des problèmes de routine, tels que le

calcul de dalles, de sommiers, de colonnes, etc. Généralement, ces programmes sont conçus pour obtenir, à partir d'un nombre limité de données, les dimensions optimum ainsi que les quantités d'acier ou le profil métallique requis.

Un nombre plus restreint de programmes a été écrit pour résoudre les problèmes complexes présentés par les poutres à treillis continues, les systèmes statiques de l'espace, les sommiers et dalles sur supports élastiques, les systèmes de câbles, la stabilité au flambage, et l'analyse des vibrations.

Contrairement aux programmes de routine, qui sont écrits directement par les bureaux d'ingénieurs et qui, pour cette raison, ne sont pas sur le marché, la deuxième catégorie de programmes a été développée par les universités avec l'aide financière des grandes compagnies d'électronique, par des fonds de recherches ainsi que par des compagnies spécialisées dans la location de programmes. Les programmes de cette deuxième catégorie sont universels alors que ceux de la première classe sont limités par les normes locales auxquelles ils doivent se conformer.

Il est donc important que les personnes chargées de la direction d'un bureau d'ingénieurs soient familiarisées non seulement avec les programmes utilisables et leurs possibilités, mais aussi avec les principes de base qui régissent l'utilisation rationnelle de l'ordinateur et la création de programmes.

Utilisation de la calculatrice électronique

Trois étapes principales gouvernent son utilisation :

1. Le programme avec ses données doit être introduit dans la mémoire de l'ordinateur. Les informations sont généralement fournies par l'ingénieur¹, alors que le programme est écrit par un programmeur² avec la collaboration d'un ingénieur.
2. Les calculs sont exécutés dans la machine.
3. Les résultats des calculs sont retirés de la mémoire et sont alors à la disposition de l'ingénieur pour leur évaluation.

Préparation d'un programme

En général, cinq étapes sont nécessaires au développement d'un programme :

1. Définition du problème.
2. Analyse du problème.
3. Sélection d'une méthode.
4. Instructions de programmation.
5. Contrôle du programme.

1. *Définition du problème.* Cette étape est l'une des plus importantes. Elle consiste à définir et formuler les spécifications des points suivants :

¹ Le terme « ingénieur » est utilisé dans cet article pour la personne qui utilise un programme ou qui fournit les directions et informations nécessaires à sa création.

² Le terme « programmeur » est utilisé pour la personne chargée d'écrire un programme. C'est un spécialiste connaissant parfaitement les langages, les mathématiques et l'utilisation de l'ordinateur.

- Quelles sont les données, et sous quelle forme seront-elles formulées ?
- Quelle est la solution cherchée, et sous quelle forme ?
- Quelle est la précision demandée ?

2. *Analyse du problème.* Le problème doit être analysé d'abord par l'ingénieur sans tenir compte du type d'ordinateur à disposition. Cette analyse consiste à définir clairement les différentes étapes qui permettront d'arriver à la solution. Généralement, une présentation de cette analyse sous forme d'un diagramme permettra de mettre plus facilement en évidence les différents parties et segments du problème.

3. *Sélection d'une méthode.* A partir de ce diagramme, le programmeur va développer une analyse détaillée de chacun des segments et leur interconnexion en tenant compte cette fois-ci de l'ordinateur à disposition. Des connaissances approfondies de l'ordinateur et des mathématiques applicables aux ordinateurs lui permettront de sélectionner la meilleure solution.

4. *Instructions de programmation.* Une fois l'analyse et la méthode sélectionnées et détaillées, le programmeur formule les informations à l'aide de l'un des langages appropriés, tels que FORTRAN, ALGOL, COBOL, sous une forme compréhensible à l'ordinateur.

5. *Contrôle.* Pour éliminer les erreurs inévitables de programmation, un contrôle est effectué à la main à l'aide de problèmes simples.

Possibilités et puissance des programmes actuellement sur le marché

Il n'est pas possible de donner ici une description de tous les programmes disponibles. La présentation suivante plus détaillée d'un programme capable de résoudre des problèmes de statique compliqués permettra de démontrer les possibilités et la puissance du calcul électronique. Pour résoudre ce genre de problème, trois programmes sont disponibles, soit : le STRESS, le FRAN et le STAIR. Ils diffèrent essentiellement par leur puissance (nombre de nœuds et membrures), par la méthode de calcul, et par le genre d'instruction qu'ils peuvent absorber.

Parmi ces programmes, le FRAN est l'un des plus puissants et des plus versatiles. Ce programme permet de résoudre des problèmes dont le nombre de nœuds peut atteindre 2000, et le nombre de barres 15 000. Très peu ou pas de connaissances des méthodes et langages de programmation sont nécessaires à son utilisation.

Les données suivantes permettront d'obtenir la solution cherchée :

- Coordonnées des nœuds.
- Membrane caractéristique : $I_x I_y I_z S_x E$ ainsi que leur orientation dans l'espace.
- Condition de fixité des membrures, soit articulées, semi-articulées, continues.
- Valeur, genre et direction des charges, tels que concentrées aux nœuds, concentrées ou réparties sur la membrure, moment, etc.
- Température constante ou variant linéairement entre le haut et le bas de la membrure.
- Tassement d'appuis.

Du fait que cette analyse prend en considération les effets dus aux moments fléchissants et de torsion, aux

efforts tranchants et normaux, un très grand nombre de problèmes pourra donc être résolu sans trop de difficultés.

Cadres multiples, poutres à treillis continues, ponts, arcs, poutres en courbe sur plusieurs supports, étude de voile et coque en béton armé, pylônes, etc., peuvent être résolus maintenant très rapidement et économiquement.

La solution de ces systèmes apparaît sous forme de moments, efforts tranchants et efforts normaux à chaque extrémité de chaque membrure ; les déformations de la construction en chacun de ces nœuds sont aussi donnés.

Etude d'un voile en béton armé

L'exposé de la méthode suivante pour l'analyse d'un voile en béton armé de forme quelconque (voir fig. 1) supporté en six points sur des poutres de bord continues illustre les possibilités et la puissance de ce programme.

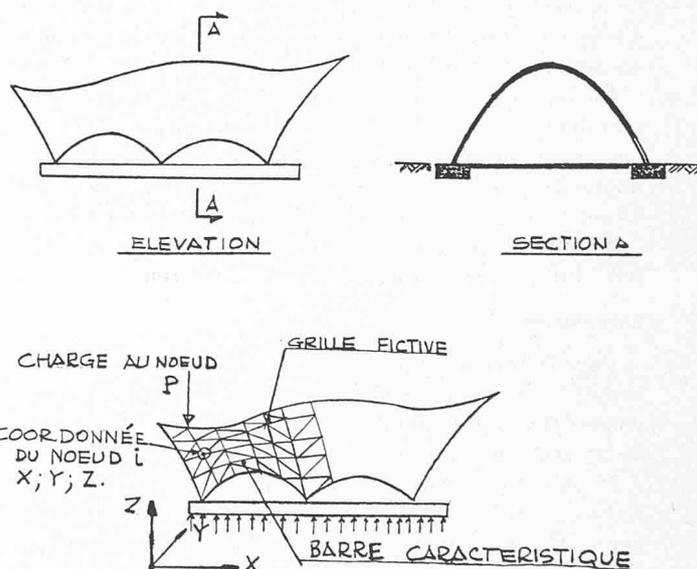


Fig. 1.

Méthode :

- Détermination de la grille fictive (genre treillis de l'espace) qui remplace en quelque sorte la surface continue du voile par des barres.
- Détermination des coordonnées des nœuds de la grille fictive.
- Détermination des caractéristiques physiques des barres, en leur attribuant les propriétés physiques de la zone qu'elles remplacent.
- Détermination des charges. (Poids propre, vent, neige, etc.)
- Etude des effets de précontrainte et tassement d'appuis.

Les résultats sont obtenus sous forme de forces et moments. De là, en utilisant le cercle de Mohr et calculant des contraintes et moments agissant sur deux faces perpendiculaires en chaque nœud, il sera possible de tracer les lignes de contraintes et moments principaux.

L'analyse d'un voile de ce genre nécessite généralement de résoudre plusieurs fois le problème par l'ordinateur pour différentes données. En effet, il est très rare d'obtenir, lors du premier calcul, des efforts et des flèches admissibles.

A la vue des résultats du premier calcul, des améliorations peuvent être apportées à la forme du voile, et la rigidité des membrures peut être modifiée dans le but d'obtenir des résultats acceptables.

Avenir du calcul électronique en Suisse

Le développement de programmes est très coûteux, demande beaucoup de temps, et des résultats positifs ne peuvent être obtenus que par du personnel qualifié.

Pour ces raisons, un très petit nombre de bureaux d'ingénieurs pourront s'offrir un département spécialisé dans la programmation. Cette barrière financière retardera l'utilisation de l'ordinateur dans le domaine du génie civil si des mesures adéquates effectuées sur une échelle nationale, ne sont pas prises dans un proche futur. Il semble qu'un effort d'ensemble de la SIA et des universités polytechniques suisses seul permettra d'atteindre ce but. Seul un effort sur une base nationale évitera une duplication des efforts et permettra aux ingénieurs suisses de se tenir à un niveau acceptable comparé aux pays technologiquement plus avancés dans ce domaine. Une analyse des sommes énormes d'argent et de temps perdu par différentes compagnies américaines pour développer des programmes identiques supporte l'idée d'un effort dans cette direction.

En effet, la valeur d'un programme est fonction de sa flexibilité, de ses caractéristiques universelles et de sa

capacité d'englober un très grand nombre de possibilités. Ces qualités ne peuvent être obtenues que par un programme subtilement conçu et placé dans le contexte d'un programme général ou plan directeur.

Le plan directeur devra fixer avec précision les segments et parties de programme à développer, leurs interconnexions ainsi que leurs priorités.

Conclusion

L'ingénieur dispose déjà aujourd'hui de programmes très puissants capables de résoudre des problèmes linéaires et de second ordre. Par contre, leurs limitations se font sentir de plus en plus du fait qu'ils n'ont pas été écrits pour être incorporés dans un programme directeur.

Avec la mise en service d'ordinateurs géants, et les possibilités énormes offertes par le « time sharing » (partage du temps) méthode, l'ordinateur deviendra facilement à la portée des petits bureaux d'ingénieurs. La puissance et la complexité des programmes pour la solution de problèmes longs et complexes ne seront pas limitées par la capacité de ces ordinateurs géants.

Il est donc temps de développer des bibliothèques de programmes dans le but de sauter l'étape des petits ordinateurs lents et aux possibilités limitées, comme celle que l'on voit se développer maintenant aux USA dans les petites et moyennes entreprises.

En saisissant l'immense possibilité offerte par le calcul électronique, l'ingénieur aura l'occasion d'améliorer et effectuer des analyses de structures qu'il était impossible d'imaginer il y a quelques années, dans le but d'augmenter et d'obtenir l'efficacité et l'économie recherchées dans tout projet.

BIBLIOGRAPHIE

Statistiques commentées, par G. Reeb et A. Fuchs, professeurs à la Faculté des sciences de Strasbourg. Paris, Gauthier-Villars, 1967. — Un volume 14×21 cm, 118 pages, figure. Prix : broché, 11 F.

Il s'agit d'un exposé très élémentaire, concis, des méthodes de la statistique qui évite le recours à des connaissances mathématiques avancées mais qui essaie de poser les définitions avec toute la précision indispensable. L'ouvrage est le fruit de l'enseignement dispensé depuis de nombreuses années par les auteurs. (GB-BG, Cours élémentaire de statistique, Ecole d'ingénieurs.)

Table des matières :

1. La loi normale réduite $\pi(0,1)$. — 2. Lois normales (m, σ). — 3. Population, événement, caractère ; loi de probabilité d'un caractère ; variable aléatoire, indépendance, échantillon. — 4. Importance pratique des lois normales. — 5. Etude de la valeur moyenne d'un caractère normal ; échantillon d'effectif un. Le pari, carte de contrôle. — 6. Etude de la valeur moyenne d'un caractère normal X de variance connue ; échantillon d'effectif un. Test de l'hypothèse : $m = m$; décision entre deux hypothèses. — 7. Courbe de puissance du test étudié en 6. — 8. Etude de la valeur moyenne d'un caractère normal ; estimation à partir d'un échantillon d'effectif un. Détermination d'un intervalle de confiance sur m , lorsque σ est connu. — 9. Etude des trois problèmes précédents (Pari, Test d'hypothèse, Estimation) dans le cas d'un échantillon d'effectif n . — 10. Tendance vers une loi normale. — 11. Application du 10 à l'étude des proportions (ou pourcentages). — 12. Loi du Chi-deux. — 13. Application du Chi-deux à l'étude de l'écart type d'un caractère normal. — 14. La loi du Chi-deux comme loi limite. Ajustement. Comparaison d'une série observée à une série théorique. Test d'indépendance. — 14. Loi de Student. —

14. Application de la loi de Student à l'étude de la valeur moyenne d'un caractère normal d'écart inconnu (petits échantillons). Comparaison de deux moyennes. — 15. Loi binomiale. Loi de Poisson. — 16. Loi de Snedecor. Comparaison de deux variances. — 17. Statistiques non paramétriques. — Appendice 1 : Notions de statistique descriptive. — Appendice 2 : Corrélations. — Appendice 3 : Tableau synoptique des principaux tests. — Tables. Vocabulaire.

Le droit des établissements classés dangereux, insalubres ou incommodes (loi du 19 décembre 1917, décret du 1^{er} avril 1964 et textes modificatifs), par P. Gousset, docteur en droit, administrateur civil au Ministère de l'industrie, avec la collaboration de G. Magistry, ingénieur I.C.P. Paris, Dunod, 1968. — Un volume 16×24 cm, xxiii + 613 pages. Prix : relié, 86 F.

Depuis l'avènement de l'ère industrielle, la coexistence des usines et des habitations pose à tous les gouvernements de difficiles problèmes de sécurité et de salubrité. En France, une législation d'ensemble a été instituée dès 1810, refondue en 1917 et en 1964 et, entre-temps, améliorée au fur et à mesure que les progrès parallèles de l'industrie et de l'urbanisation rendaient plus difficiles leurs rapports mutuels. Elle régit l'implantation et le fonctionnement quotidien de la presque totalité des établissements industriels sur notre territoire et reste, par sa généralité et sa cohérence, la charte fondamentale de l'industrie en face des impératifs de la sécurité et de la santé publiques. Or cette législation n'a plus fait l'objet d'un traité exhaustif depuis l'ouvrage de MM. L. et A. Magistry, qui date de 1923, et cette lacune est fort gênante pour les administrations qui l'appliquent, pour les industriels qui y sont assujettis, pour les tiers qui en escomptent la protection, voire pour les juridictions qui ont fréquemment à la