Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 97 (1971)
Heft: 18: 52e Comptoir Suisse, Lausanne, 11-25 septembre 1971

Artikel: La méthode du moiré dans la statique expérimentale
Autor: Rabinovici, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-71244

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: 28.11.2025

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

En *conclusion*, il m'est un agréable devoir, celui d'adresser, au nom de tous nos délégués du Comité européen du béton, nos plus sincères remerciements à ceux de nos collègues suisses qui nous ont largement aidés, depuis plus de seize années, dans la réalisation et l'aboutissement de nos travaux.

J'ai déjà cité, à l'occasion de son importante contribution au calcul pratique des dalles et structures planes, notre ami, M. le Professeur G. A. Steinmann, de Genève, que vous avez bien voulu appeler aujourd'hui, en raison de sa compétence indiscutée et de sa connaissance approfondie du métier de constructeur, à la présidence de votre Groupement professionnel de la SIA. Je m'associe, très cordialement, à l'honneur mérité qui lui est ainsi fait.

Mais je voudrais également penser à ceux de nos délégués suisses qui eux aussi, dès notre création, ont cru à l'efficacité de notre action et qui nous ont efficacement soutenus : MM. Hartenbach, de Berne et M. le Professeur A. Sarrazin, de Lausanne, ainsi qu'à ceux de nos collègues qui ont plus récemment accepté de participer activement à nos commissions : MM. Birkenmaier, de Zurich, rapporteur du Groupe FIP « Ancrages de précontrainte », M. le Professeur B. Thürlimann, de Zurich, membre de notre Commission « Effort tranchant » et de notre Groupe « Torsion », M. le Professeur Panchaud, de Lausanne, et M. le Docteur A. Rösli, de Zurich, membres de notre Commission « Dalles ». Permettez-moi enfin d'évoquer, en un respectueux hommage, la mémoire de M. le Professeur M. Roš, qui sut autrefois nous apporter de précieux et dynamiques encouragements, ainsi que celle de son fils, si tragiquement disparu, constructeur de réputation mondiale et rapporteur de la Commission FIP « Aciers de précontrainte », dont il orienta les travaux vers les résultats concrets qu'en attendaient les ingénieurs praticiens.

J'ajouterais enfin que la délégation suisse du Comité européen du béton présente un rare privilège : celui d'un heureux équilibre entre la rigueur scientifique de ses professeurs et la préoccupation permanente de ses constructeurs, qui est d'obtenir, comme objectif obligatoire d'un approfondissement des connaissances, un réel progrès de la technologie des ouvrages en béton, du double point de vue de la qualité et de l'économie.

Adresse de l'auteur :

Yves Saillard
3, rue de Lutèce
75 - Paris 4e

La méthode du moiré dans la statique expérimentale

par A. RABINOVICI ingénieur civil SIA, Pully

L'ingénieur projeteur se sert de la statique, mathématique ou expérimentale, pour résoudre un problème. Son but est d'obtenir les données nécessaires au dimensionnement des sections. Selon les difficultés du projet, le choix portera sur l'une ou l'autre des deux disciplines, ou bien les deux à la fois. Dans ce choix interviennent des facteurs tels que la durée, la clarté, la précision ou la simplicité.

Le calcul aussi bien que l'essai impliquent des simplifications quant aux modes de liaison, application des charges, lois contrainte-déformation des matériaux, etc. Souvent, l'étude sur modèle aide le constructeur à visualiser le mode de déformation d'une structure. Bien que nous ayons à disposition des moyens mathématiques de plus en plus perfectionnés, l'exécution d'un essai constituera dans bien des cas le contrôle indépendant du résultat d'un calcul, aussi exact soit-il. Car les résultats numériques fournis par la machine à calculer dépendent des hypothèses de départ qui sont à la base de l'analyse mathématique. Tout au moins pour le constructeur l'essai sur modèle représentera une interprétation physique de la structure. De ce point de vue, le procédé d'essai sur modèle, basé sur le principe du moiré, trouve un champ d'application étendu. Il y a lieu de mentionner surtout son application dans l'étude des plaques chargées latéralement [1, 2][1] des parois porteuses, des treillis, etc.

Dans ce qui suit sera donné un aperçu de la méthode du moiré ainsi que de ses possibilités d'application pratique.

Principe de la méthode du moiré

L'effet du moiré est basé sur le principe de l'interférence mécanique. Prenons deux réseaux formés de traits opaques et transparents et superposons-les de telle manière que leurs traits soient parallèles (fig. 1). Si l'un des réseaux subit une déformation (une traction dans le cas de la

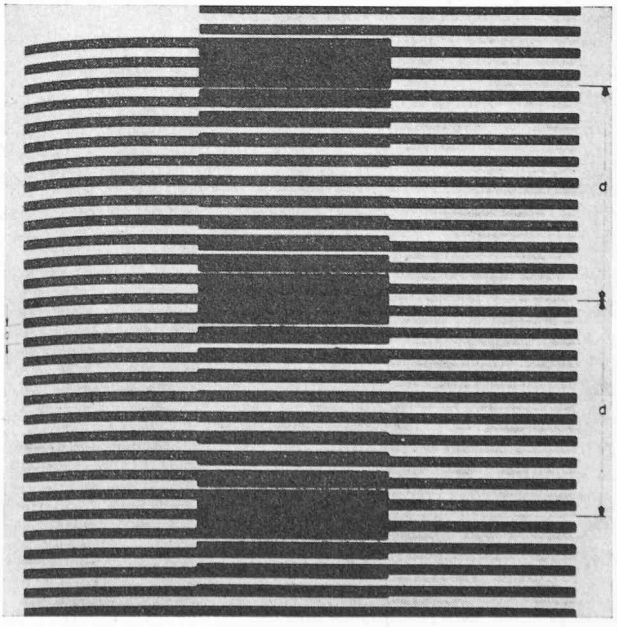


Fig. 1. — Effet moiré obtenu en appliquant une traction à un réseau par rapport au réseau témoin.

[1] Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

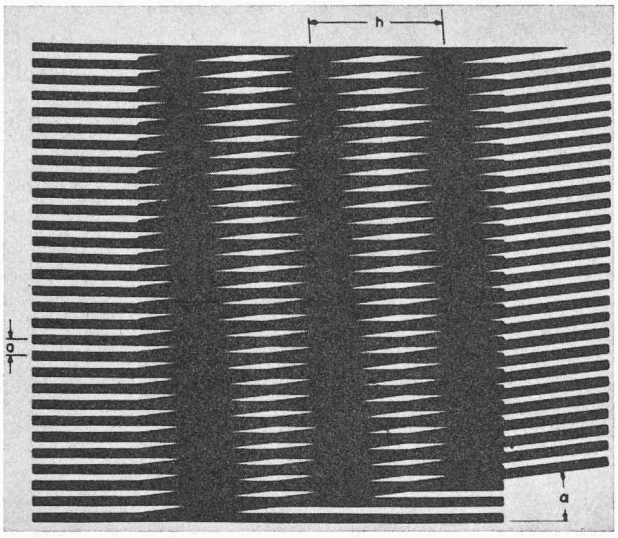


Fig. 2. — Effet moiré obtenu par la rotation d'un réseau par rapport au réseau témoin.

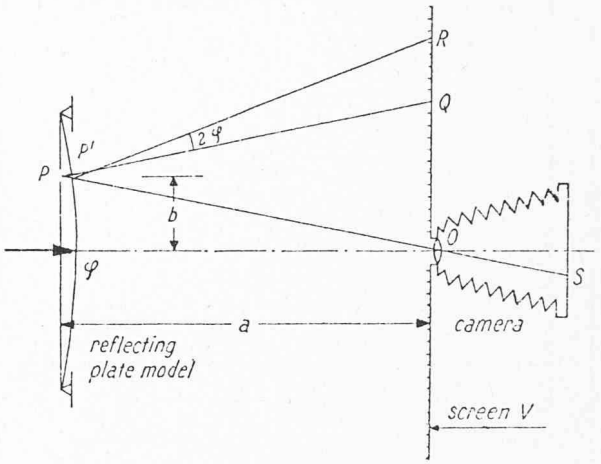


Fig. 3. — Principe de la méthode du moiré [1].

fig. 1), l'autre restant fixe, apparaissent des franges dites de moiré. Ces franges ont une propriété particulière par le fait qu'elles indiquent les lieux des points qui ont subi le même déplacement dans une direction perpendiculaire aux traits du réseau témoin.

Une fois les déplacements calculés, on peut déterminer les contraintes correspondantes dans chaque point de la pièce sollicitée.

Les franges moirées peuvent être obtenues également par une légère rotation d'un réseau par rapport à l'autre (le réseau témoin). Dans ce cas, les franges représentent les lieux des points qui ont subi le même angle de rotation (fig. 2).

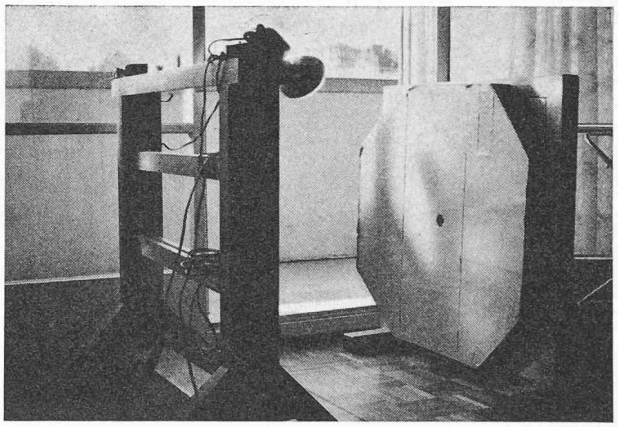
La possibilité de mesurer les angles par l'effet de moiré conduit à l'application de la méthode au calcul des dalles chargées latéralement. En effet, un réseau projeté sur la surface déformée d'une plaque sollicitée perpendiculairement à son plan apparaît comme déplacé par rapport au réseau témoin.

Par la superposition de ces deux réseaux (avant et après l'application de la charge) on obtient des franges qui sont les lignes d'égale pente de la surface déformée. Ces lignes permettent ensuite de calculer la courbure et par conséquent le moment de flexion.

L'appareil moiré

Le schéma de l'appareil est donné sur la figure 3. Le réseau dessiné sur l'écran V est projeté sur la surface miroitée du modèle. Ce dernier est fixé sur un cadre qui se trouve à une distance donnée de l'écran V. Les conditions d'appui du modèle sont conformes à celles exigées par l'élément de structure réel. Le dispositif d'application des charges est adapté afin de respecter la répartition réelle des charges.

Les franges moirées s'obtiennent en superposant les images du réseau projeté sur le modèle avant et après l'application des charges. Cela se réalise par un appareil photographique placé derrière l'écran, devant une ouverture spécialement aménagée. La figure 4 représente l'appareil moiré dont dispose l'auteur.



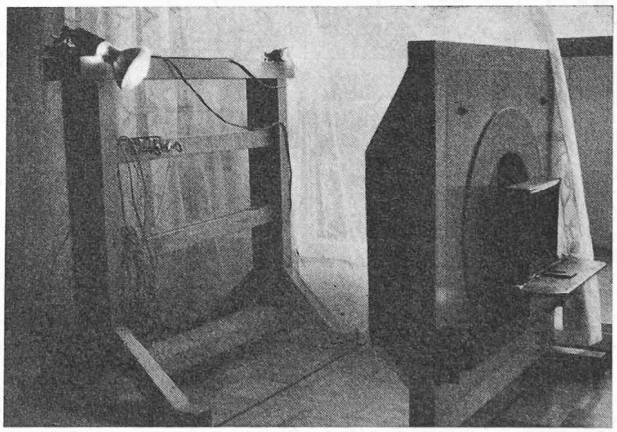


Fig. 4. — L'appareil moiré.

Application pratique de la méthode du moiré à l'étude des dalles

Pour illustrer l'utilité de la méthode dans l'analyse statique des plaques, nous donnons ci-après le calcul d'une dalle à l'aide du procédé moiré sur modèles réduits.

Il s'agit d'un élément préfabriqué sollicité par des charges uniformément réparties et dont les dimensions et les conditions d'appui sont données sur la figure 5.

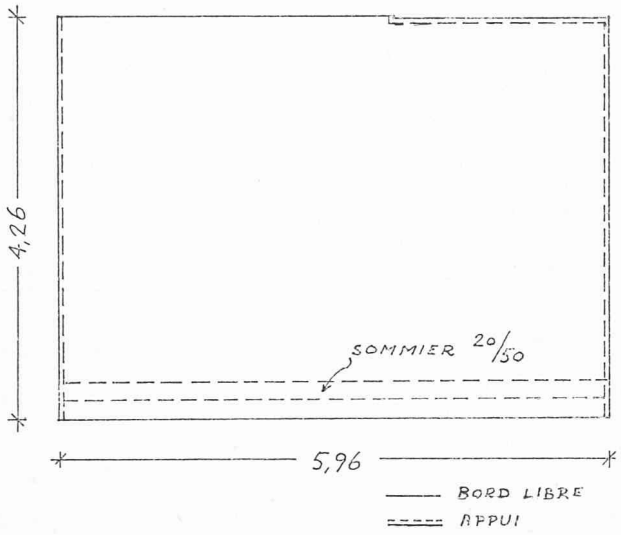


Fig. 5. — Dimensions et conditions d'appui d'une dalle préfabriquée.

Le modèle confectionné en perspex avait les dimensions suivantes :

— 18,6 cm × 25,9 cm

Les lignes moirées dans le sens horizontal et vertical ont été obtenues par le procédé décrit plus haut (fig. 6, 7). Ces lignes ont servi ensuite au calcul des courbures et des moments de flexion.

La figure 8 montre la répartition des moments dans deux coupes.

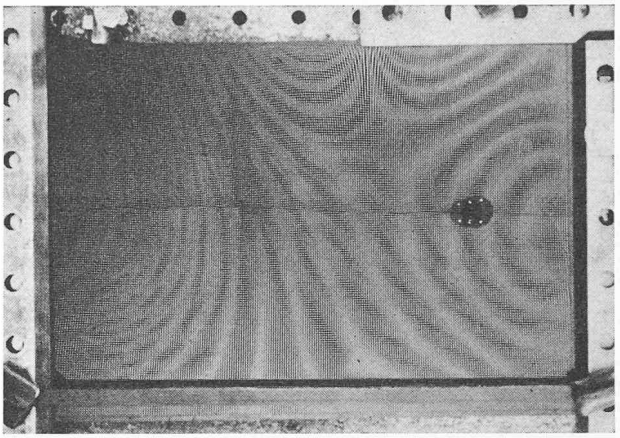


Fig. 6. — Lignes moirées dans le sens horizontal.

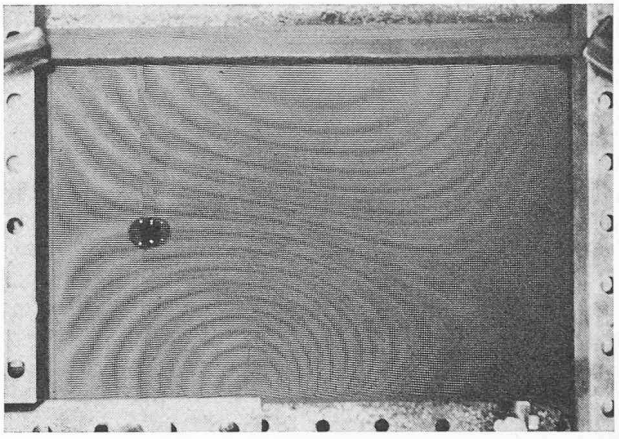


Fig. 7. — Lignes moirées dans le sens vertical.

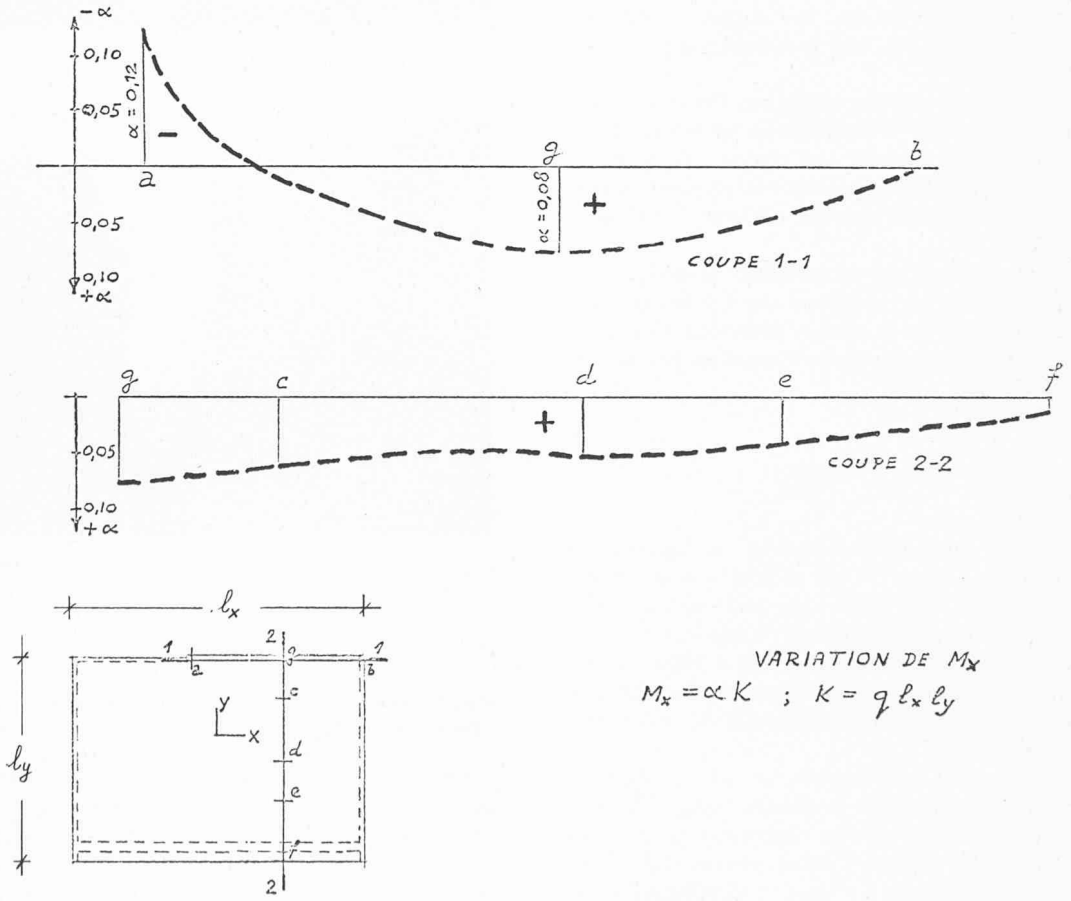


Fig. 8. — Répartition de *Mx* dans deux coupes.

Conclusions

L'article décrit brièvement le principe de la méthode du moiré. Il s'agit d'un outil simple et efficace de la statique expérimentale, particulièrement adapté à l'étude des divers problèmes bidimensionnels. L'intérêt pratique de la méthode réside dans sa possibilité de fournir une image d'ensemble du mode de déformation d'un élément sollicité. L'examen visuel des lignes moirées permet déjà l'interprétation du degré de sollicitation des différentes sections du modèle. La préparation et l'exécution des essais étant relativement rapides et peu onéreuses, on peut employer la méthode du moiré également comme moyen d'étude préliminaire.

Remarque

Nous remercions MM. J.-M. Yokoyama et L. Lakatos, ingénieurs, pour leur permission de publier les résultats de l'essai mentionné dans l'article.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Ligtenberg, F. K.: *The moiré method, a New Experimental method for determination of moments*. Proc. SESA, vol. XII, No. 2, 1955.

[2] Rabinovici, A.: *Anwendung der Moire-Methode beim Studium der Wechselwirkung zwischen Platte und Unterzug*. Schw. Bauzeitung, H. 28, 1967.

Adresse de l'auteur :
Dr A. Rabinovici,
47, route de Vevey, 1009 Pully.

Pourquoi pas un « ICES » en Suisse

par MICHEL DYSLI, ingénieur EPFL-SIA [1]

1. Qu'est-ce-que l'« ICES »

ICES sont les initiales de « Integrated Civil Engineering System », soit en français : système intégré du génie civil. L'ICES a été créé en 1964 aux USA, par le laboratoire d'informatique du département de génie civil du Massachusetts Institute of Technology (MIT), puis développé par ce laboratoire et des communautés professionnelles comme :

— Ford Foundation
— Massachusetts Bay Transportation Authority
— US Department of Transportation
— National Foundation
— Portland Cement Association
— IBM Corporation
— etc.

C'est un ensemble de programmes de système et d'application à l'usage de la profession et de l'enseignement du génie civil, établis selon des critères et une philosophie standards et utilisant comme moyen de communication avec l'ingénieur son propre vocabulaire technique. Un programme bien connu, le STRESS, est un exemple parmi les nombreux programmes d'application de l'ICES.

Le développement de l'ICES est le fait de quelques 80 chercheurs dirigés par le professeur Daniel Roos qui poursuivent deux buts parallèles, soit la recherche avancée dans le domaine de l'informatique appliquée au génie civil et l'établissement de programmes de calcul mis à la disposition de la collectivité. Ces deux types de recherches ne sont pas par définition orientés vers un modèle précis d'ordinateur, cependant pour le moment, la plupart des programmes de l'ICES sont distribués par IBM pour des ordinateurs des séries/360 et/370 opérant avec le système d'exploitation OS (Configuration minimum : IBM/360-40 128 K-bytes, 2 unités de disque 2311, une imprimante rapide, un lecteur et un perforateur de carte).

L'ICES est constitué de deux entités bien distinctes :

— le système ICES
— l'ensemble des sous-systèmes ICES

Les sous-systèmes, qui sont des programmes d'application comme le STRESS, sont exploités, sur l'ordinateur, sous le contrôle du système ICES.

[1] Ancien chef du service EDP de la Société générale pour l'industrie, actuellement chef de section I au Laboratoire de géotechnique de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.

Le développement de ce dernier est le propre de spécialistes de l'informatique, celui des sous-systèmes d'application le propre d'ingénieurs spécialistes d'une branche du génie civil et connaissant l'ICETRAN qui est le langage FORTRAN de l'ICES. Ces sous-systèmes peuvent être utilisés par n'importe quel ingénieur ou technicien.

Le système ICES permet à l'ingénieur élaborant un programme de le faire au moyen d'un langage le plus adapté possible à sa technique. Le système ICES comprend entre autres :

— Un moyen de définir le vocabulaire propre à une technique, par exemple pour le programme STRESS des termes comme MEMBER, JOINT, LOAD, FORCE, MOMENT, etc. C'est le CDL (Command Definition Language).
— Un langage de programmation pour l'ingénieur ; c'est l'ICETRAN qui est le langage FORTRAN complété par certaines instructions permettant d'utiliser plus facilement les possibilités des ordinateurs de la troisième génération et simplifiant l'appel des sous-programmes. L'ICETRAN peut être considéré comme un FORTRAN spécialement adapté aux besoins de l'ingénieur.
— Une organisation interne pour le stockage des informations en mémoire conçue pour les problèmes techniques.

De plus le système ICES est pourvu de routines permettant l'exécution des programmes des sous-systèmes comme : un interpréteur des instructions de données (MEMBER, JOINT, FORCE du programme STRESS) et des routines d'organisation des fichiers.

Les sous-systèmes ICES sont donc les programmes que l'ingénieur utilise et dont le déroulement est régi par le système ICES décrit plus haut. Nous allons, ci-dessous, rapidement faire l'inventaire des programmes aujourd'hui disponibles, aux USA aussi bien qu'en Suisse.

COGO I

C'est un programme permettant la résolution de tous les calculs topographiques simples.

STRUDL II

Ce programme est une extension du programme STRESS ; il permet l'analyse de la plupart des structures à 2 ou 3 dimensions, constituées de barres, de plaques