

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 111 (1985)
Heft: 9

Artikel: Troisième Conférence internationale de structures spatiales
Autor: Parvu, Aurèle
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-75625>

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: 04.01.2026

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

Troisième Conférence internationale de structures spatiales

par Aurèle Parvu, Genève

1. Introduction

Du 11 au 14 septembre 1984 a eu lieu à l'Université de Surrey, à Guildford, en Grande-Bretagne la troisième Conférence de structures spatiales.

La conférence a été organisée par le prestigieux Centre de recherche des structures spatiales de cette Université, dirigé par l'éminent professeur Z. S. Makowski. Le Centre de recherche des structures spatiales a gagné une notoriété mondiale en organisant deux conférences internationales, la première en 1966 et la seconde en 1975, qui figurent parmi les plus importantes du monde dans ce domaine. Les travaux présentés dans ces conférences ont constitué la principale source d'informations ainsi qu'une référence indispensable pour tous ceux qui ont voulu aborder les structures spatiales ou progresser dans leur développement.

2. Participation

La troisième conférence a connu un nouveau et réel succès. Elle a réuni quelque 500 participants venus de tous les coins de la planète, d'une soixantaine de pays. A part les délégués des pays européens, parmi lesquels l'Italie, l'Allemagne de l'Ouest, la Hollande et la France ont été le mieux représentés après la Grande-Bretagne, on mentionnera le grand nombre de délégués des Etats-Unis, du Japon et de la Chine.

La Suisse a délégué trois participants: le professeur R. Ekchian, du Centre d'études architecturales, M. J. C. Hermenjat du Bureau d'ingénieurs civils, Romont, et le soussigné.

La conférence a bénéficié de la participation de célébrités reconnues dans le domaine du génie civil en général et plus particulièrement dans celui des structures spatiales. Mentionnons Max Mengeringhausen, Dr ès sc. techn. (RFA), le professeur Yoshinkatsu Tsuboi (Japon), M. Stéphane du Château, Dr ès sc. techn. (France) ainsi que MM. Harold G. Fentiman (Canada), Donald L. Richter (Etats-Unis) et Francisco Castano (Mexique).

3. Sections de travail

Les aspects les plus divers de la conception, du calcul et de la réalisation des différents types de structures spatiales, à savoir les structures bi- et tridimensionnelles, à deux ou trois nappes, les voûtes, dômes, coupôles géodésiques, les sur-

Abstract

More than 500 experts from some 60 countries attended the Third International Conference on Space Structures, organised by the Space Structures Research Centre, University of Surrey, Guildford, UK 11-14 September 1984.

Various aspects of design, analysis and construction of space structures such as grids, barrel vaults, domes, folded plates and tension structures were discussed in eight sections of the Conference.

The most important part was on configuration processing, favoured by the introduction and the widespread use of high-speed electronic computers and graphic devices. On the analysis front, research results leading to a better understanding of collapse behaviour of space structures and different techniques for consideration of non-linearities were particularly discussed. A lot of new ideas and innovation, some new joining techniques were presented with regard to design and construction.

faces à double courbure, les structures plissées ainsi que les structures suspendues, ont été traités et débattus au cours des 4 jours de la conférence.

Les travaux ont été divisés en huit sections techniques (tableau).

Les sessions de travail ont été ouvertes par un exposé du professeur Z. S. Makowski, qui a passé en revue le développement actuel des structures spatiales et a jeté un regard sur leur avenir. Si l'on en croit ses paroles, bien que les structures spatiales soient devenues l'archétype des constructions du XX^e siècle, cela ne devrait constituer qu'un début et un avenir brillant les attend.

Par ailleurs, chaque journée débutait par une séance commune, où des personnalités présentaient d'une manière générale l'un des sujets de la conférence.

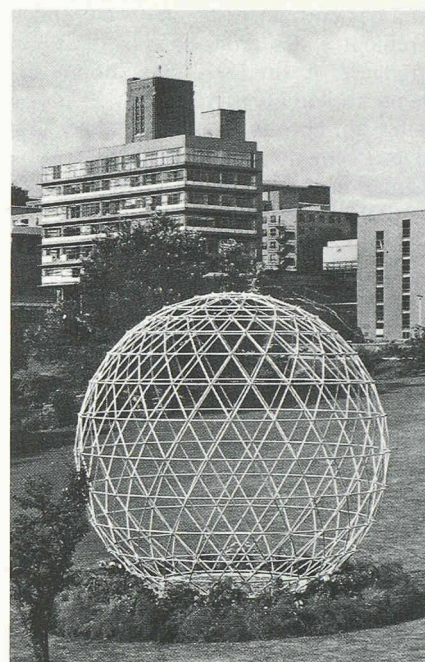


Fig. 1. — Université de Surrey, Guildford, Grande-Bretagne. Forme sculpturale en système Triodetic érigée à l'occasion de la 3^e Conférence internationale de structures spatiales.

Les travaux des sections techniques se sont déroulés en parallèle, par trois à la fois.

Le nombre de contributions pour chaque section donne une première image de l'intérêt des spécialistes.

4. Tendances actuelles

Il est indéniable que les structures spatiales, en tant que solution technique dont l'idée remonte au début du siècle, ont vu le jour grâce à l'ordinateur électronique. En effet, les techniques de calcul modernes ont permis de mettre en valeur les vraies qualités de ce genre de structure, jusqu'alors perdues dans les hypothèses simplificatrices sévères que les ingénieurs démunis d'un tel outil étaient obligés de faire.

Aujourd'hui encore, l'ordinateur détermine les tendances qui se manifestent dans le développement des structures spatiales. C'est tout au moins ce que la conférence a mis en évidence.

TABEAU

| | | |
|-------|---|------------------|
| I. | Aspects généraux | 11 contributions |
| II. | Configuration géométrique et méthodes pour la formuler et la générer | 16 contributions |
| III. | Développement analytique connexe à la forme | 37 contributions |
| IV. | Calcul dynamique, de stabilité et états limites | 44 contributions |
| V. | Optimisation | 14 contributions |
| VI. | Calcul des contraintes dans la structure | 12 contributions |
| VII. | Conception, construction et performances | 40 contributions |
| VIII. | Recherches et développements dans l'architecture des structures spatiales | 6 contributions |

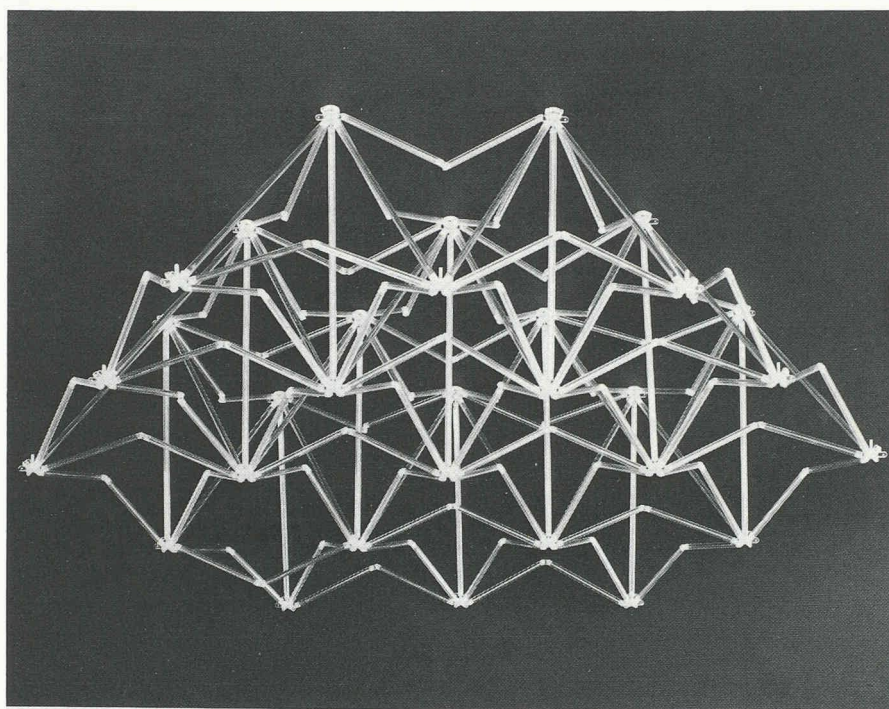


Fig. 2. — Structure expansible dans un état intermédiaire.

En effet, l'ordinateur, avec ses performances remarquables de ces dernières années, est l'un des premiers facteurs dans le développement des structures spatiales et influence implicitement les développements dans ce domaine. Une première tendance est l'étude très poussée de la forme, de la configuration géométrique. Les ingénieurs, au coude-à-coude avec les architectes, ont su profiter des possibilités offertes par les terminaux graphiques pour étudier et créer des formes nouvelles, parfois fascinantes. Plus que cela, la vitesse de calcul, toujours accrue, de l'ordinateur, a permis d'analyser ces formes du point de vue de leur efficacité en vue de solutions techniques optimales.

Ainsi, les structures spatiales ont pu être à la base de réalisations remarquables, des points de vue tant architectural qu'économique.

Il faut remarquer aussi l'élargissement continu de leur domaine d'application. Au début, les structures spatiales ont été utilisées presque exclusivement comme charpentes pour les constructions, généralement avec de grandes portées dans les deux directions, telles que salles polyvalentes, piscines, pavillons d'exposition, etc. Ensuite, les structures spatiales composites ont été utilisées non seulement comme charpentes, mais aussi comme planchers pour des immeubles à plusieurs niveaux. Ces dernières années ont vu la réalisation de constructions d'une grande continuité, où les façades et la toiture forment une seule unité constructive, la structure spatiale.

A part le développement d'une architecture spécifique, les caractéristiques techniques conduisent à des performances inattendues. C'est le cas de la portée, qui n'a pas cessé de croître. Des structures

spatiales d'une ouverture libre de plus de 200 m, destinées surtout à des hangars d'aviation, sont déjà construites. Des études, et quelques réalisations concluantes, de structures à triple nappe permettent même d'envisager de dépasser cette portée spectaculaire.

Les plus enthousiastes voient dans l'espace extraterrestre un fantastique domaine d'applications pour le futur: centrales solaires, antennes, plateformes gigantesques de 300 m, etc. Il est vrai que des recherches entreprises par la NASA dans cette direction encouragent ces rêves.

D'autre part, une idée qui va exactement dans le sens contraire mérite bien d'être soulignée: l'utilisation de structures spatiales pour de petites unités. De nouvelles formes d'habitat, qui ne sont pas forcément basées sur les formes en carré et cubiques, mais en triangle et tétraèdres ouvrent un nouveau domaine d'application.

Malgré la réticence du public, plutôt conservateur lorsqu'il s'agit de changer ses habitudes, les architectes visionnaires ont poursuivi des études suivant cette idée, qui n'est pas neuve. En multipliant à l'infini un système modulaire basé sur des éléments préfabriqués tridimensionnels, ils imaginent la réalisation des ensembles locatifs qui vont constituer les villes spatiales du futur.

Pour terminer avec ces quelques aspects généraux du développement du point de vue de la forme en interaction avec l'ordinateur, mentionnons le concept original de «formex algebra» introduit par H. Nooshin, du Centre de recherche des structures spatiales de l'Université de Surrey. Ce concept formule mathématiquement la configuration des structures les plus complexes, ce qui permet non

seulement d'éliminer le travail fastidieux de préparation des données et par conséquent de connaître rapidement les performances statiques de la structure, mais encore d'élaborer la forme de manière interactive. Son auteur en a fait une présentation convaincante. Le sujet est traité dans un livre très apprécié¹, qui figurait dans l'exposition organisée à l'occasion de la conférence.

La prolifération des miniordinateurs a permis aux petits bureaux d'ingénieur d'envisager la structure spatiale comme solution technique dans leurs études. Une sorte de popularisation des structures spatiales a eu lieu. Ce qui, au début, était le privilège de spécialistes travaillant dans des sociétés bien équipées, est devenu une solution plus ou moins habituelle. Il en découle la nécessité de mieux connaître le comportement de ce type de structure, pour le codifier dans les normes. Les chercheurs ont orienté leur travail notamment vers la connaissance des limites réelles de ces structures. C'est la deuxième tendance à mentionner. Un nombre impressionnant d'études, comme le montrent les communications de cette section de la conférence, ont été consacrées au comportement dynamique, à la stabilité et surtout au mode de ruine.

Les problèmes d'instabilité générale, de l'effondrement progressif dû à la rupture fragile ou au flambage prématuré d'une barre sont préoccupants. Différentes techniques de calcul non-linéaire ont été développées pour déterminer d'une manière plus réaliste la capacité ultime de ces structures. Il y a encore beaucoup à faire pour déterminer les effets des imperfections aléatoires, telles que l'excentricité dans les nœuds, les courbures initiales des différentes barres, les défauts de précision en général, sur le comportement non-élastique de la structure.

Si la première tendance se manifeste dans la conception générale et la deuxième dans le calcul, la troisième concerne le domaine des réalisations. On remarque tout d'abord qu'elles sont nombreuses. Malgré une certaine stagnation dans le domaine du génie civil, ressentie dans la dernière décennie, les structures spatiales ont marqué néanmoins un progrès. Mentionnons le fait que de nouveaux pays ont assimilé l'idée de la structure spatiale, où elle se concrétise rapidement dans d'importantes réalisations. L'exemple de la Chine est frappant. Les pays possédant une certaine expérience n'ont pas cessé d'imaginer de nouveaux systèmes de construction pour la réalisation des structures spatiales, des nouveaux types de nœuds, des systèmes composites réunissant différents maté-

¹ «Form configuration processing in structural engineering», H. Nooshin; Elsevier Applied Science Publishers Limited, London.

riaux et, évidemment, de perfectionner les techniques pour l'industrialisation des éléments préfabriqués, qui représentent la particularité-clé de ces structures. Il faut s'attendre à ce que les structures spatiales se répandent de plus en plus dans le monde, que les structures composites — mariages des différents matériaux acier, béton, plastique, bois, aluminium — se développent, et qu'une standardisation complète se réalise.

5. Manifestations complémentaires

Pendant la conférence, deux expositions spéciales avaient été organisées en complément. L'une consistait en photos, panneaux explicatifs et maquettes de structures récemment réalisées dans le monde. M. S. du Château, président de l'Institut de recherche et d'application des structures spatiales, Institut le Rico-lais, organisateur de cette exposition, a

présenté ses fameux systèmes *Unibat* et *Spherobat*. A part ceux-ci, vingt panneaux très illustratifs et très intéressants, provenant de différents pays, figuraient à l'exposition.

La deuxième exposition, déjà mentionnée au cours de cette brève présentation, était une présentation de livres en rapport direct avec les structures spatiales. Publiés dans différentes langues, ils confirment une fois de plus le grand intérêt des ingénieurs et des architectes de tous les horizons pour les recherches scientifiques dans ce domaine.

6. Conclusions

On a essayé de présenter d'une manière ordonnée quelques tendances dans le domaine des structures spatiales, mises en évidence dans les débats de la 3^e Conférence de l'Université de Surrey. Mais classer veut dire réduire. En somme,

Référence bibliographique

- [1] *Proceeding of the Third International Conference on Space Structures*, Edited by H. Nooshin, Elsevier Applied Science Publishers.

une multitude d'idées ont été exprimées, souvent divergentes, mais enrichissantes, que l'on ne peut pas réunir sous la même étiquette sans risquer de tomber dans l'erreur. Il suffit de mentionner, par exemple, l'idée étonnante de structures expansibles, de l'Espagnol Escrig, qui échappe à toute classification et qui sera probablement l'une des plus importantes dans un proche avenir.

Adresse de l'auteur:

Aurèle Parvu
Ingénieur civil SIA
34, rue du Nant
1207 Genève

Actualité

Résistance du béton armé

Journées d'études, Lausanne
26-27 mars 1985

Diverses informations alarmantes relatives à l'état de ponts et d'autoroutes ont démontré que le béton armé a une durée de vie limitée. Sa résistance dépend de divers facteurs qui, au cours des dernières années, ont changé d'une manière frappante. Des professionnels du génie des structures, de l'étude des matériaux et des services de maintenance s'occupent intensivement de ces problèmes depuis longtemps. La SIA a organisé les 26 et 27 mars 1985 à Lausanne (EPFL) des journées d'études sur le thème: «La résistance du béton armé». Des technologies nouvelles y ont été présentées, ainsi que des expériences relatives aux causes de dommages, aux diagnostics, aux possibilités de restaurer des ouvrages et aux mesures préventives.

Une manifestation analogue a été organisée l'année passée à Zurich.

Ces journées ont connu un succès remarquable, puisqu'elles ont attiré plus de 150 participants.

Le processus de vieillissement et les frais d'entretien

Le réseau routier national suisse comprend quelque 3000 ponts auxquels s'ajoutent encore ceux des routes cantonales (plus de 1500 dans le seul canton des Grisons). Ces ouvrages, qui sont largement connus dans le monde, sont constitués en tout ou partie de béton armé et entraînent — comme tous les bâtiments et routes — des frais d'entretien. Il convient en outre d'ajouter qu'aujourd'hui, beaucoup de constructions en béton ont cinquante ans et parfois plus, et que la nécessité de procéder à des répa-

rations s'accroît avec le temps. Pour des ponts particulièrement exposés à l'usure provoquée par les conditions atmosphériques, en plus de celle due à leur utilisation normale, on estime actuellement les dépenses pour la surveillance, l'entretien normal et les réparations, à deux pourcent en moyenne de la valeur de l'équipement. Pour les ponts des routes nationales, cela correspond à un montant d'environ 80 millions de francs par année. A titre de comparaison, on relèvera que pour l'entretien (carburant non compris) et les réparations des véhicules à moteur, on dépense en Suisse plus de 2200 millions de francs.

Les causes des dommages et les mesures protectrices

Le plus souvent, plusieurs causes entrent simultanément en considération. Une partie importante concerne l'usure normale, le remplacement de revêtements et de parties défectueuses. Les réparations nécessitées par des défauts de construction sont relativement rares. L'exigence de coûts de construction peu élevés a partiellement conduit à des constructions demandant un entretien intensif. Les principales causes de dommages subis par des ouvrages anciens résident cependant dans les *modifications des influences de l'exploitation et de l'environnement*. Ainsi, l'utilisation intensive des sels de déverglaçage, introduite au début des années 60, a amélioré considérablement la sécurité du trafic en hiver. Cependant, les ponts n'étaient pas protégés de manière appropriée contre les effets de la corrosion provoquée par le sel et le gel. Le développement de mesures techniques contre l'influence du sel a nécessité des recherches approfondies de plusieurs années. On sait aujourd'hui que l'utilisation d'un béton avec une teneur en eau aussi réduite que possible et contenant suffisamment de pores d'une certaine

taille, peut considérablement réduire les effets négatifs du sel. Un service d'entretien adéquat, surtout en hiver, peut aussi contribuer à la conservation des parties menacées d'un ouvrage. Une complication réside dans le fait que les réactions chimiques entraînées par une *pollution* agressive de l'air ont une influence extrêmement dangereuse. Des imprégnations et des revêtements appropriés protègent efficacement les surfaces exposées du béton. Des mortiers de réparation, du béton projeté et diverses méthodes d'injection sont indiqués pour des restaurations.

Grâce aux connaissances actuelles sur les mécanismes des dommages, au respect des mesures requises pour la construction, aux moyens qu'offre la technologie moderne du béton, de même qu'à la mise en œuvre de la diligence nécessaire lors de l'exécution de l'ouvrage, le béton peut être un matériau résistant, même en milieu agressif. Tous les participants à la réalisation d'un ouvrage, ingénieurs, constructeurs, ingénieurs en matériaux, entrepreneurs et maîtres de l'ouvrage, doivent être encore plus conscients des problèmes touchant à son entretien et favoriser les échanges d'expériences en matière de travaux de rénovation. Les possibilités techniques relatives aux mesures de protection et à la production d'un béton offrant une haute résistance doivent être pleinement exploitées. En relation avec cela, des efforts importants doivent encore être entrepris dans le domaine de la recherche orientée vers la pratique.

La réparation des dommages à un stade initial implique des contrôles plus fréquents des ouvrages. En outre, il conviendrait de se souvenir que l'économie générale de l'ouvrage est plus importante que des coûts de construction peu élevés.