

Couverture d'une halle de sport

Autor(en): **Stauffer, Jacques**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **107 (1981)**

Heft 22

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74364>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Couverture d'une halle de sport

par Jacques Stauffer, Lausanne

A l'occasion de cette première présentation d'un travail de diplôme effectué à la Chaire de construction en bois, nous voulons brièvement présenter le concept didactique que la Chaire entend suivre et développer.

Jusqu'à aujourd'hui, il s'est construit en Suisse quelques constructions modernes en bois souvent importantes mais il faut reconnaître que l'application du bois, pour des constructions exigeant les services de l'ingénieur, est restée très faible.

La raison ne se trouve certainement pas dans le refus par les architectes et les maîtres d'ouvrage d'utiliser le matériau bois, mais elle est à n'en pas douter clairement exprimée par le Conseil d'Etat du canton de Genève en réponse (1^{er} décembre 1980) à une question écrite demandant pourquoi ces dernières années pratiquement aucune construction d'Etat n'a utilisé le bois: «Au cours de ces dernières années, il est de fait que les constructions en bois ont, en Suisse romande et à Genève notamment, marqué le pas sur les réalisations en métal et en béton. Ce phénomène tient certainement dans une connaissance théorique et surtout pratique de ces derniers matériaux plus grande que celle du bois par l'ensemble des ingénieurs civils.»

Voilà une lacune qu'il s'agit de combler! La Chaire de construction en bois conçoit donc sa tâche d'enseignement non seulement dans le calcul et le dimensionnement mais aussi et surtout dans la conception et l'optimisation des structures en bois; les variantes les mieux adaptées à la fonction que l'ouvrage doit assurer seront choisies compte tenu de toutes les exigences architecturales.

Ce concept s'exprime dans les données et la réalisation du travail de diplôme de M. Jacques Stauffer qui vous est présenté ici; il s'agit d'une halle de sport triple; c'est une construction bien connue du public, particulièrement des divers utilisateurs (écoles, associations sportives), qui doit satisfaire des exigences architecturales sévères, notamment l'adaptation d'un gros volume dans un ensemble de petits volumes représentés par les constructions environnantes.

Le sujet de l'étude devait obliger le candidat à déceler les relations et interactions entre systèmes porteurs, formes structurelles et exigences fonctionnelles. Le travail fut dirigé de telle façon que l'étudiant développe maintes variantes et décide lui-même par un jugement méthodique celle qui répond au mieux à toutes les contraintes imposées. Le temps consacré au calcul pouvait être limité par l'utilisation d'un programme d'ordinateur. L'effort devait plutôt porter sur l'étude des variantes et la conception de la structure et des détails; il faut souligner que cette démarche correspond davantage à la réalité pratique de tout bureau d'ingénieurs.

Julius Natterer, professeur, Daniel Richardet et W. Winter, ingénieurs

1. Introduction

Le public, les utilisateurs ou même les constructeurs se font souvent une image très stéréotypée des charpentes en bois. Par exemple, ils classent grossièrement les constructions en bois en deux catégories principales:

- les constructions anciennes et traditionnelles qui ont fait l'apanage des charpentiers d'autrefois, et qui aujourd'hui limitent l'emploi du bois dans la conception moderne de l'utilisation des espaces;
- les constructions modernes sous forme d'arcs en bois lamellé-collé si fréquemment rencontrés.

Tels sont en général les clichés que le public retient des possibilités qu'offre la charpente en bois.

La technologie du bois s'est aussi développée parallèlement aux autres techni-

ques de construction. Ce développement offre aux auteurs de projets comme aux constructeurs une très grande variété de matériaux dérivés du bois et d'assemblages modernes et efficaces ce qui permet aujourd'hui au constructeur-projeteur d'utiliser le matériau bois à sa convenance; les moyens d'assemblage actuels assurent la transmission de tous les différents types d'efforts (compression, traction, moment de flexion) et non seulement de quelques types particuliers d'efforts (compression en général). C'est donc une évolution importante de la technique des structures qui reste malgré tout encore insuffisamment assimilée par les ingénieurs et les architectes.

La promotion et une meilleure utilisation du bois sont fortement influencées par la sensibilisation des constructeurs aux possibilités très variées qu'offre la charpente moderne en bois.

L'étude et le projet présentés dans l'article ci-dessous ont été effectués dans le cadre d'un travail de diplôme jugé méritoire par le Groupe des ingénieurs de la SVIA. C'est pourquoi il est publié dans IAS.

Sensibles aux remarques du professeur Natterer et de ses collaborateurs quant à la modeste place faite aux constructions en bois en Suisse romande, nous pensons que la publication régulière dans une revue comme IAS lue par tous les ingénieurs civils de Suisse romande, de contributions dues à des spécialistes pourrait faire progresser ce type de construction.

Il serait dommage que, dans ce domaine, nous en soyons réduits à des publications de caractère uniquement scolaire, quelle que soit par ailleurs leur valeur.

Réd.

2. Données de base du projet

La base du projet est constituée par les plans d'architecte définissant une halle de sport dite «halle triple». Les dimensions permettent au gré des besoins d'utiliser la surface totale de jeu ou de la subdiviser en trois parties indépendantes formant des salles de gymnastique autonomes. En plus des dimensions géométriques de la halle avec ses locaux annexes, l'architecte soucieux de l'intégration de sa construction dans l'environnement du site impose des contraintes sur la conception globale de la toiture soit:

- exigences de fonction:
 - subdivision de la halle en trois parties au moyen de rideaux escamotables hors du gabarit d'espace libre,
 - éclairage naturel suffisant de la salle;
- exigences architecturales:
 - volume extérieurement visible limité,
 - pans de toiture en façade,
 - petit module de façade constant (5 m environ).

3. Analyse du problème

L'analyse des exigences de fonction citées plus haut fait ressortir les contraintes suivantes pour l'élaboration des variantes de la structure:

- *Eclairage naturel suffisant.*

A cause de la limitation du volume extérieurement visible, les surfaces des façades sont trop petites pour assurer à elles seules l'éclairage nécessaire. Seul l'éclairage en toiture est alors possible et impose un type adéquat de couverture, par exemple un toit dit «chaud», c'est-à-dire comprenant un système compact d'isolation liée à l'enveloppe extérieure du bâtiment; il permet d'envisager des surfaces translucides en toiture.

- *Eléments de séparation amovibles.*

Ces séparations sont réalisées par des rideaux-cloisons à double paroi

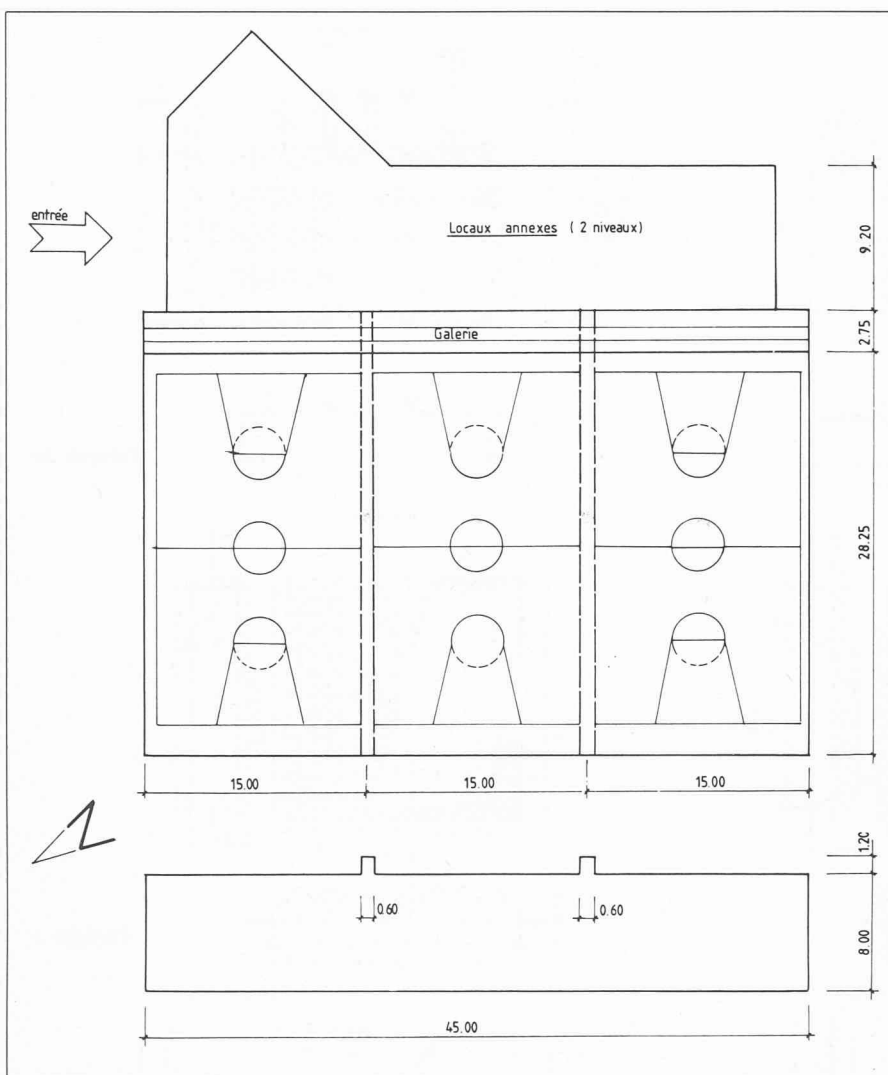


Fig. 1. — Dimensions de base et gabarit d'espace libre.

en simili-cuir spécial; ils sont escamotables verticalement ou horizontalement; le pliage horizontal du rideau a été exclu à cause de la place nécessaire à son stockage une fois fermé; le pliage vertical est de nos jours le système de séparation le plus répandu pour la subdivision des salles de sport. Le choix de ce système a pour conséquence de modifier le contour du gabarit d'espace libre (fig. 1). L'intégration du rideau-cloison à la structure s'avère être une contrainte fondamentale. Elle impose à elle seule l'anisotropie spatiale ce qui conduit à la recherche de systèmes porteurs globalement linéaires.

L'analyse des exigences architecturales amène les remarques suivantes:

- pour un bâtiment public, il est opportun de ne pas créer des espaces inutiles pour des raisons évidentes d'économie d'énergie;
- l'exigence de l'architecte concernant le respect du module de façade (environ 5 m) est très contraignante; en effet la disposition des piliers en façade devrait être dictée par la conception de la structure. En modi-

fiant cette contrainte, le nombre possible de types de structure s'accroît considérablement sans que l'expression de la façade soit forcément désavantagée;

- les locaux annexes à la salle de sport créent une contrainte géométrique due à la grande différence entre les portées: il s'agit de l'intégration à l'environnement du mariage de volumes différents.

4. Elaboration des variantes

Dans cette phase d'étude, il s'agit de rechercher les différentes solutions respectant les exigences relatives aux trois types de structure, soit la structure globale, la structure matérielle et la structure statique qu'entraînent la variation des systèmes porteurs. La méthode consiste à essayer d'établir des esquisses en suivant une démarche systématique (fig. 2).

A la base de cette démarche, nous trouvons la structure fondamentale la plus simple et la première qui vient à l'esprit. C'est la variante n° 1 constituée de poutres planes et faisant apparaître bien

distinctement un système porteur principal et un système porteur secondaire.

La variante n° 2 s'obtient par quelques modifications géométriques des éléments de cette solution de base (solution qui ne satisfait pas totalement les critères de base). Cette deuxième variante est une solution intermédiaire entre le toit plat et les sheds. Elle satisfait aux exigences imposées plus haut.

Par la même démarche (référence aux solutions précédentes) il est possible alors d'établir toute une série de variantes satisfaisantes (variantes 3 à 7).

Lorsque le nombre de solutions acceptables est jugé suffisant, il est indiqué d'appliquer une méthode comparative permettant de faire ressortir la ou les variantes optimales satisfaisant au mieux les fonctions et exigences demandées.

Une telle étude s'établit par une méthode appelée «étude multicritères» présentée sous forme matricielle; la figure 3 montre, pour la variante choisie seulement, les critères pris en considération avec leur valeur et la pondération admise (entre 0 et 10 points).

3. Choix de la variante définitive

Par une appréciation objective et une pondération judicieuse des divers paramètres, il est possible de créer une hiérarchie des solutions acceptables et d'obtenir ainsi un moyen scientifique d'aide à la décision. La pondération montre qu'elles obtiennent chacune un total maximal de 136 points alors que la variante n° 3 (fig. 3) n'obtient quant à elle que 120 points.

Malgré ce résultat raisonnable de l'analyse, mon choix s'est porté sur l'étude de cette variante n° 3; elle répond à satisfaction à toutes les exigences de l'ouvrage, mais la complexité de la structure et les difficultés de fabrication la pénalisent et la relèguent à l'avant-dernière position du classement établi. L'intérêt de cette variante réside cependant dans l'élaboration d'une structure peu conventionnelle pour la charpente en bois et d'une architecture dynamique et diversifiée. L'étude détaillée de cette solution montre qu'elle peut bénéficier de l'avantage de la préfabrication voire même de l'industrialisation malgré la complexité de la fabrication des nœuds car la répétition de ses éléments est grande. Le choix de la variante qui n'obtient pas la meilleure pondération (choix justifié par les considérations ci-dessus mentionnées) montre que la qualité de la pondération dépend de l'expérience pratique de l'auteur du projet. Dans le cas présent, la première pondération est plutôt conservatrice; elle correspond à l'inexpérience de l'application du matériau; cette pondération devient plus affinée avec les études détaillées ultérieures.

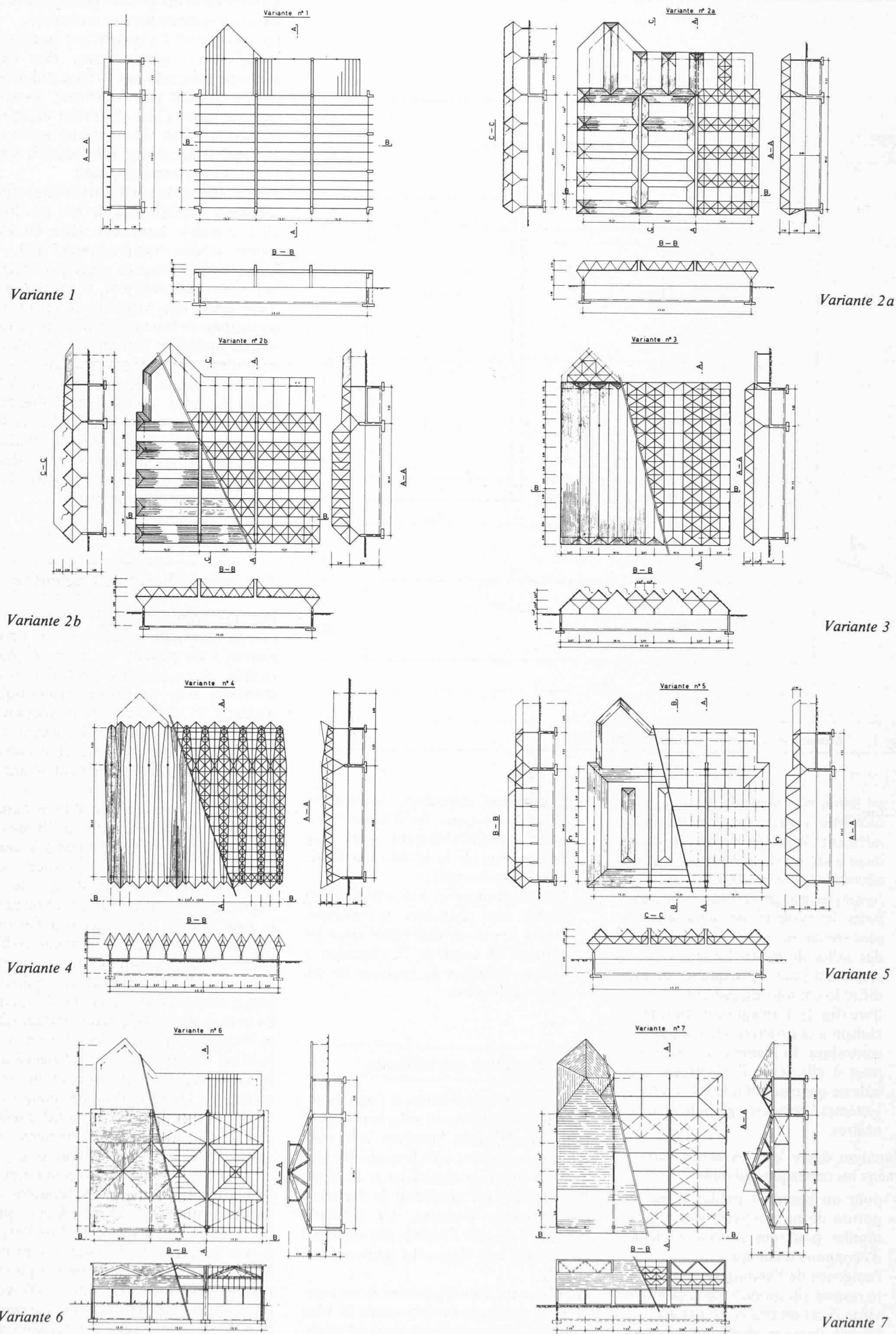


Fig. 2. — Variantes élaborées.

CRITERES	Variante no 3	
Qualité des systèmes statiques :		points (max 10)
- principal	☐ système continu sur deux travées, effet de cadre (favorable pour les déformations)	10
- secondaire	☐ ferme à entrainement dénivelé	10
- tertiaire	☐ chevrons isostatiques	6
Intégration du rideau à la structure	☐ facile (conception favorable de la structure secondaire)	10
Fixation des engins de gymnastique	☐ points de fixation aux noeuds nombreux, bien répartis	10
Eclairage indirect	☐ utilisation des sheds favorable pour l'éclairage	10
Fabrication	☐ noeuds nombreux, spatiaux fabrication spéciale ☐ longueur limitée des poutres à treillis ☐ grande précision pour l'assemblage des pièces préfabriquées	2 2 2
Type de toit (isolation)	☐ chaud (implique des mesures d'isolation complémentaires)	
Ecoulement des eaux	☐ conception simple et efficace	10
Couverture	☐ ardoises, éternit, temps de pose important ☐ nombreux canaux et chéneaux ☐ étude spéciale du vitrage pour toit incliné	6 2 6
Volume non utilisable	☐ plus important qu'un toit plat	6
Aspect architectural	☐ hauteur limitée de la toiture (favorise l'aspect sobre des façades et de l'ouvrage) ☐ la structure intérieure souligne le rôle polyvalent de la salle	6 6
Intégration architecturale des locaux annexes	☐ favorisé par la continuité de la structure	10
Respect des conditions du projet	☐ seule la trame des piliers en façade ne respecte pas les conditions de base	6
TOTAL		120

Fig. 3. — Extrait du tableau matriciel comparatif des variantes — variante retenue.



Fig. 4. — Maquette du projet.

6. Le projet

Structure globale

Une coupe longitudinale de la salle de sport ou une vue de sa longue façade montre des sheds inclinés à 45° (fig. 4). Les sheds de rive prolongent leurs pans de toiture selon la même pente que les autres pans jusqu'aux façades pignons créant ainsi l'architecture bien connue des anciennes fermes et s'intégrant dans l'environnement de type villageois et rural.

Une coupe transversale de la salle de sport et des locaux annexes montre la continuité de la structure. Cette hauteur de structure constante a l'avantage de ne pas poser le problème du « mariage architectonique » de la couverture des deux volumes de dimensions fort différentes.

La toiture plissée permet une intégration aisée du rideau-cloison et un éclairage naturel en toiture avec une répartition de l'intensité lumineuse parfaitement uniforme au niveau de la surface de jeu en évitant par là des effets et contrastes non désirables.

Système statique

Le système est composé de deux types de structures bien distincts mais présentant le même aspect extérieur.

- Le groupe porteur principal, composé de deux sheds juxtaposés, est linéaire entre ses appuis constitués de pyramides à base rectangulaire posées à leur sommet sur des colonnes en béton armé. Le choix des appuis en forme de pyramides impose une conception spatiale du système porteur afin de lui assurer la stabilité globale nécessaire à la reprise des efforts spatiaux (agissant selon les trois directions). Une schématisation possible du système est de le considérer comme un tube triangulaire réticulé capable de reprendre des moments de torsion. Le modèle admis pour le calcul est un treillis spatial; il est calculé par un programme d'ordinateur. L'aide de l'ordinateur s'est avérée nécessaire par le haut degré d'hyperstaticité de la structure.
- Le système porteur secondaire est composé d'une ferme à trois articulations à entrainement dénivelé. Cet élément de la structure, de même géométrie extérieure que les autres éléments, permet par sa conception de créer l'espace libre nécessaire au rideau-cloison introduit dans la structure. La ferme prend appuis sur les systèmes porteurs adjacents en lui transmettant des réactions d'appuis horizontales et verticales.
- La couverture est supportée par des chevrons s'appuyant sur les membrures inférieures et supérieures des poutres à treillis.

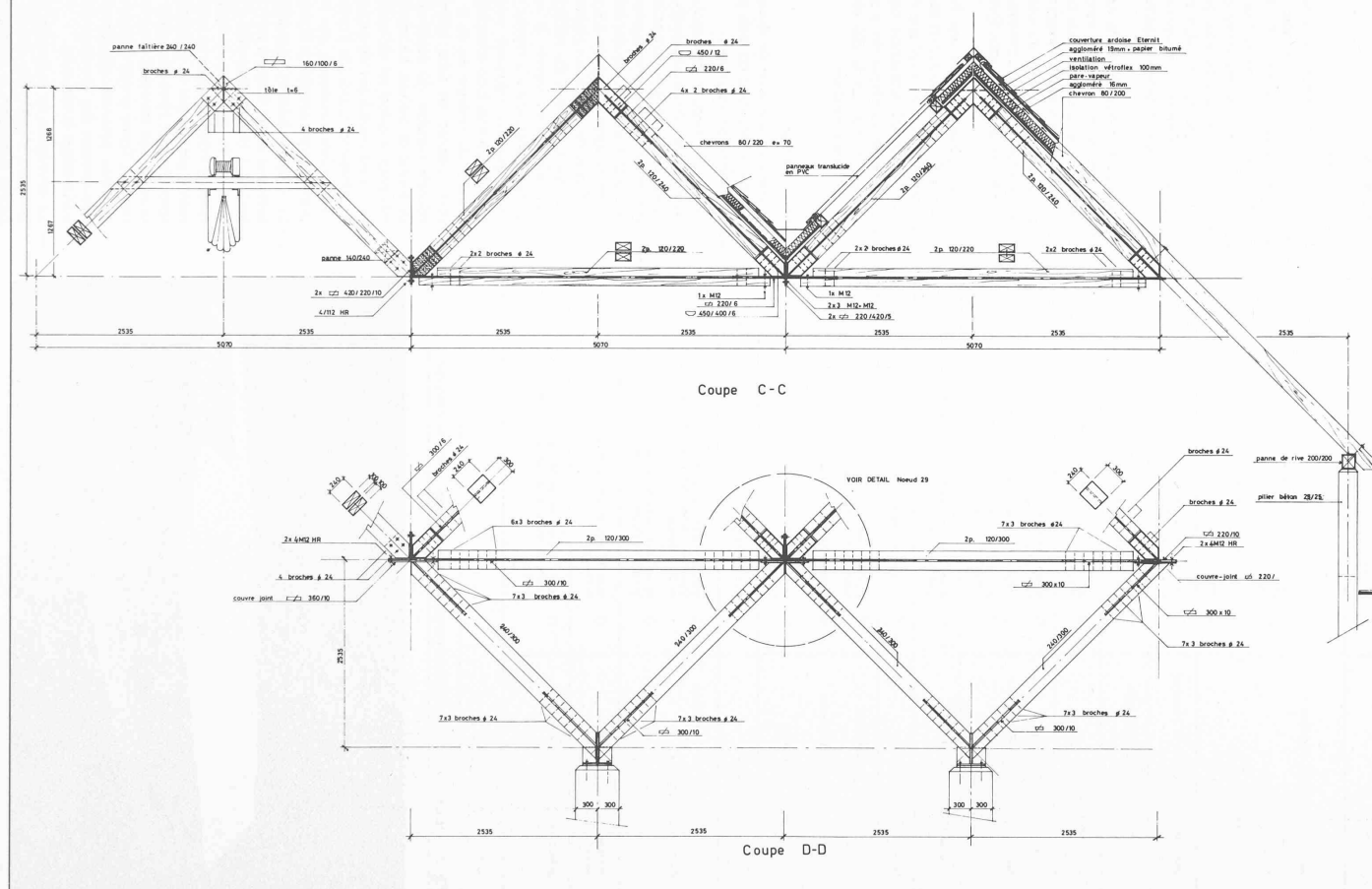


Fig. 5. — Structure secondaire supportant le rideau-cloison et coupe partielle de la structure principale

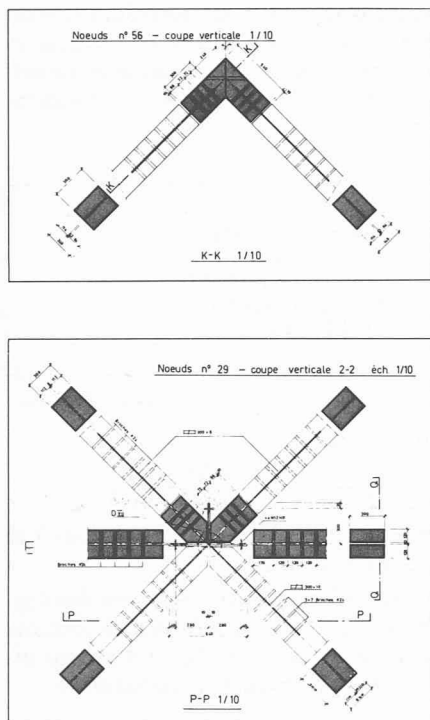


Fig. 6. — Détail de construction: a) détail d'un nœud de la membrure supérieure avec vue sur l'attache métallique (nœud 56); b) détail d'un nœud de la membrure inférieure à l'endroit de l'appui.

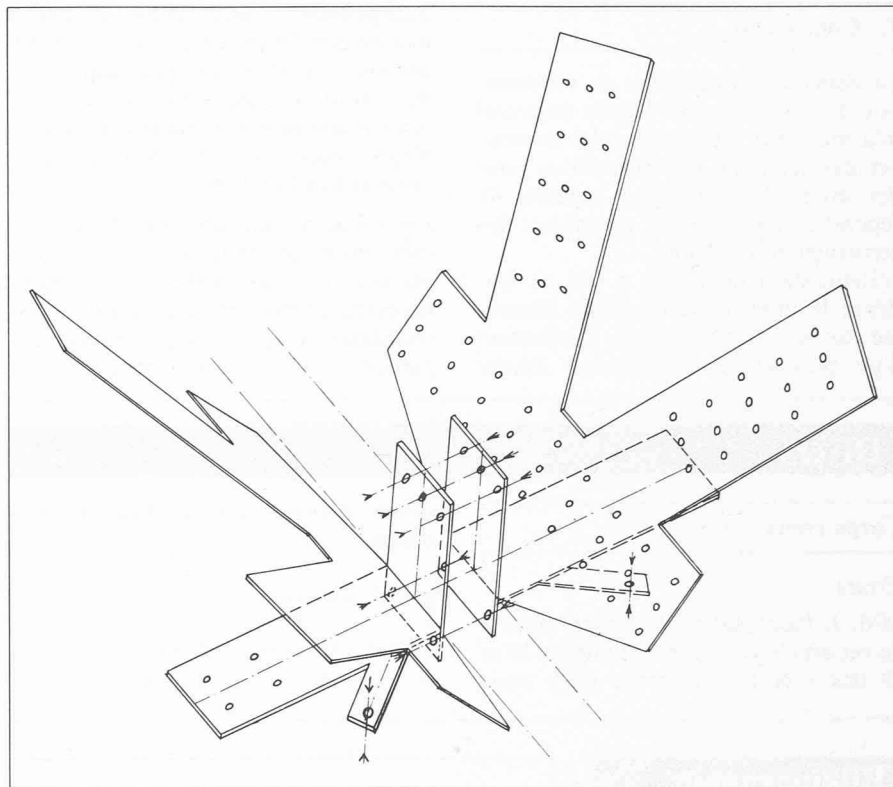


Fig. 7. — Isométrie en vue éclatée des attaches métalliques d'un nœud médian de la membrure inférieure.

Structure matérielle

Le système statique étant défini, les efforts dus aux cas de charges usuels (poids propre, neige, engins de gymnastique, vent) sont ainsi connus dans les barres du système modélisé (résultats d'ordinateur); il s'agit alors de déterminer les différents éléments de construction (barres, assemblages) capables de reprendre ces efforts.

Les éléments de construction (fig. 5) sont:

- les diagonales en bois lamellé-collé pour la majorité d'entre elles. Ce choix est imposé par les sections des barres nettement plus grandes que les sections possibles des bois équarris;
- les membrures en bois lamellé-collé également ce qui permet de créer des membrures continues de grande longueur. Des coupes biaisées sont nécessaires à la juxtaposition des membrures;
- les nœuds, reliant les barres entre elles, assurent la continuité de la transmission des efforts. Le fait que les assemblages soient spatiaux compliquent les solutions constructives. Le choix s'est porté sur des goussets métalliques composés de tôles percées soudées entre elles. La liaison avec les pièces de bois est réalisée par des broches en acier.

Fabrication et montage

Bien que la conception soit spatiale, l'étude montre que la fabrication et le montage ne sont pas rendus trop diffi-

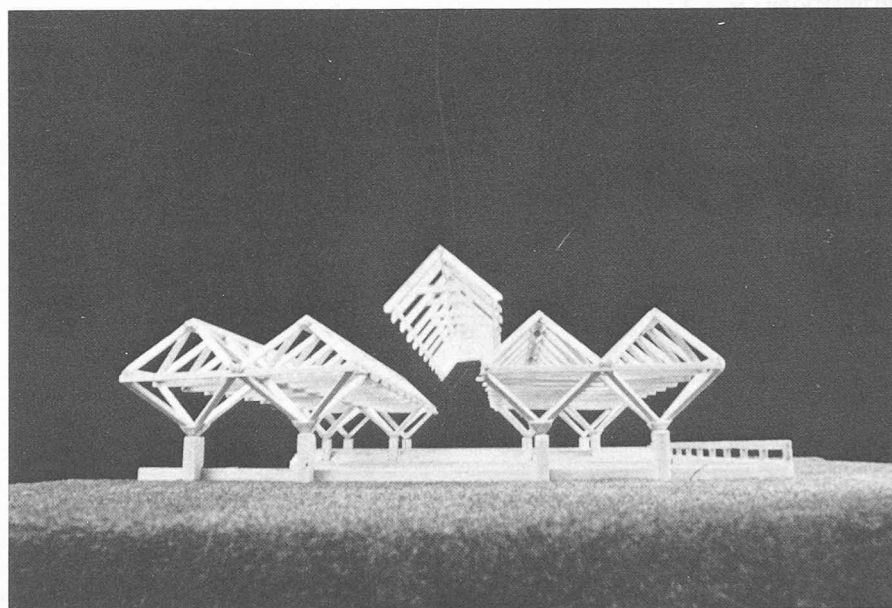


Fig. 8. — Etude de montage sur maquette.

ciles. Les sheds sont construits à l'aide de deux poutres à treillis préfabriquées inclinées à 45° dont les membrures contiguës sont liées entre elles soit par des broches permettant la reprise des efforts rasants pour les membrures supérieures, soit par des tôles métalliques juxtaposées et boulonnées pour les membrures inférieures jointives. Ces poutres à treillis sont construites à l'atelier en deux parties en raison de leur grande longueur et transportées au chantier par train routier. L'assemblage des éléments d'un shed se fait sur une aire de montage aux abords de la halle. Grâce aux moyens modernes de manu-

tention, le shed préfabriqué peut être posé sur les appuis déjà construits; il nécessite toutefois une stabilisation de montage jusqu'à la pose du shed adjacent; les liaisons aux nœuds communs aux deux sheds se font par boulonnage de deux tôles liées à chaque poutre treillis (fig. 6-7). Le système secondaire, composé d'une ferme à trois articulations, impose un montage séparé de chaque ferme sur la structure globale. Ce montage a l'avantage d'être capable de s'adapter aux variations dimensionnelles inévitables dues au montage du système principal et aux tolérances de fabrication.

7. Conclusion

La démarche progressive de l'élaboration des variantes puis l'étude du projet m'a convaincu qu'il est possible de trouver des solutions très diversifiées pour des structures d'envergure capables de répondre aux exigences complexes des constructions modernes.

L'élaboration du projet a mis en évidence la modélisation spatiale nécessitée par la structure choisie; l'utilisation d'un programme d'ordinateur s'avère

indispensable; cette phase de calcul montre que l'étude est encore loin d'être terminée; en effet, une part importante du travail consiste à trouver les solutions matérielles notamment les assemblages aptes à résoudre de façon satisfaisante leur fonction.

Les solutions retenues pour l'établissement du projet de la structure font appel encore à des méthodes artisanales nécessitant l'étude et la fabrication d'assemblages adaptés pour chaque cas particulier. L'évolution croissante des

moyens d'assemblage permettra d'obtenir à l'avenir des systèmes efficaces et rationnels pour la réalisation économique des nombreux types de structures en bois.

Adresse de l'auteur:

Jacques Stauffer
Ingénieur civil EPFL
Rue de la Sagne 8
2114 Fleurier

Divers

Corps creux

Errata

MM. J. Paschoud et P. Wieser, auteurs de cet article paru à nos numéros 18 et 19 des 3 et 17 septembre 1981, nous

prient d'insérer les rectifications suivantes:

$$p. 293: g \approx \frac{d}{a+c}$$

avec $d = dy \cos \varphi - d\delta \sin \varphi$

et $c = d\delta \cos \varphi + dy \sin \varphi$

p. 296, éq. (3.6):

$$b = \frac{a^2}{2} \cdot \frac{1 - 2\alpha/a + \beta/a^2 - \gamma/a^3}{1 - \alpha/a}$$

p. 310, en fig. 16 les dénominations 1 et 2 sont inversées,

p. 311, tableaux VIII: entre ces deux tableaux, il faut lire: «A titre de contrôle et pour les cas 2) et 3), 50 itérations effectuées sur ordinateur donnent...»

Bibliographie

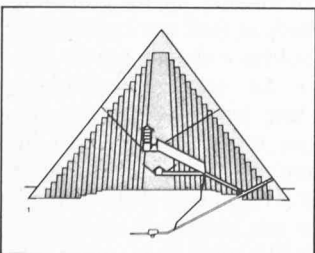
Histoire des styles architecturaux de l'Ancien Empire d'Egypte à 1900

par Heinz Studer. — Un volume relié 21,5 x 30 cm, texte en français et en allemand, 126 pages, richement illustré, Editions de la Documentation suisse du bâtiment, Blauen, 1981. Prix: Fr. 62.—.

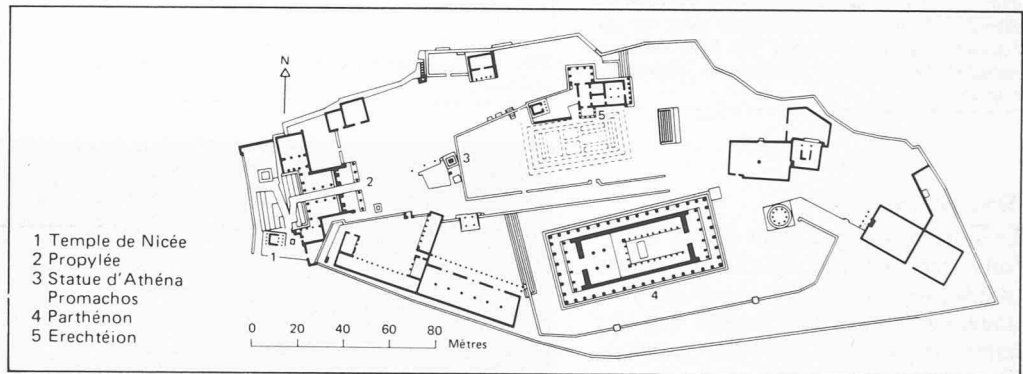
Le titre annonce une intention ambitieuse voire démesurée si l'on voulait y voir un traité. En réalité, l'auteur se propose d'esquisser l'évolution du style en architecture et surtout de l'illustrer, sans vouloir l'analyser.

A ce titre, il s'agit d'un ouvrage didactique précieux, qui, loin de s'adresser au seul étudiant en architecture, est propre à faciliter à chacun la compréhension des grands courants de l'architecture. Comme l'architecture est un élément essentiel de la culture humaine et qu'elle est fortement influencée par les événements historiques, politiques et religieux, ce livre offre une bonne possibilité de se familiariser avec l'histoire de la civilisation occidentale en même temps qu'avec son architecture.

Cette compréhension est aisée parce que l'évolution décrite avec concision et précision est il-



Coupe nord-sud de la pyramide de Cheops.

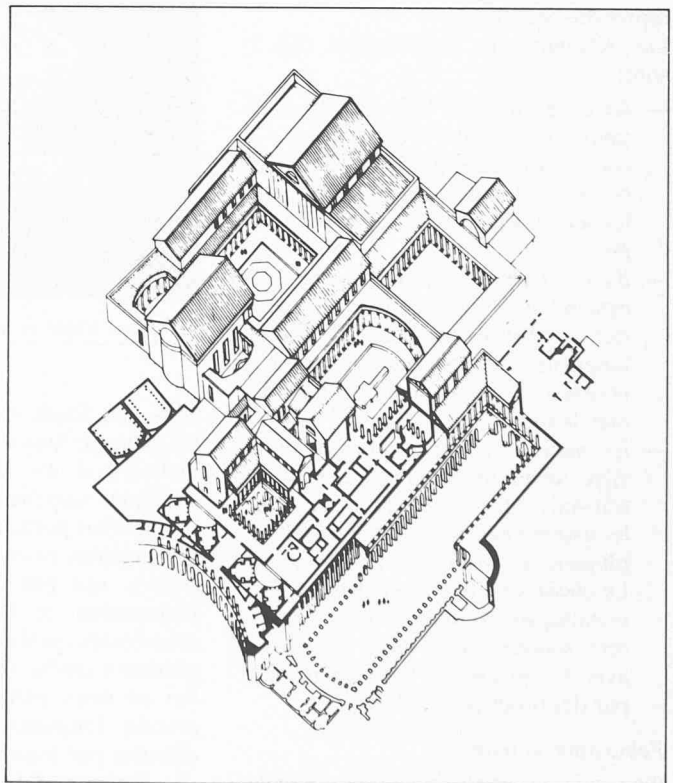


Plan de l'Acropole d'Athènes.

lustrée par de multiples plans, coupes ou photographies.

La sélection des ouvrages présentés dans le cadre de cette étude était évidemment délicate, surtout si l'on songe que le volume ne comporte que 126 pages, donc est fort loin de constituer une encyclopédie! Il est par exemple facile de relever que le chapitre consacré à l'architecture en Grèce ignore les théâtres, alors qu'au chapitre suivant les théâtres romains figurent en bonne place. Mais le mérite principal de ce volume sera certainement d'ouvrir le lecteur à la curiosité dans le domaine de l'architecture, de l'art de bâtir, lui donnant ainsi l'envie d'en savoir plus, par l'étude de la littérature ou surtout par la visite des ouvrages d'art.

L'ouvrage a été examiné par la commission fédérale chargée du matériel d'enseignement et des questions d'architecture; il est recommandé par la division de la formation professionnelle de l'OFIAMT «à l'attention des enseignants et pour le plus grand profit des classes supérieures». Pour les écoliers et les étudiants, les éditeurs ont prévu une version brochée au prix de 29 fr. 80 (cette version brochée n'est pas vendue en librairie).



Vue des palais impériaux sur le Palatin de Rome (1^{er} et 2^e siècle de notre ère).