

# Point de vue de l'ingénieur: les structures porteuses

Autor(en): **Weibel, Rodolphe**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **111 (1985)**

Heft 24

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75668>

## **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.

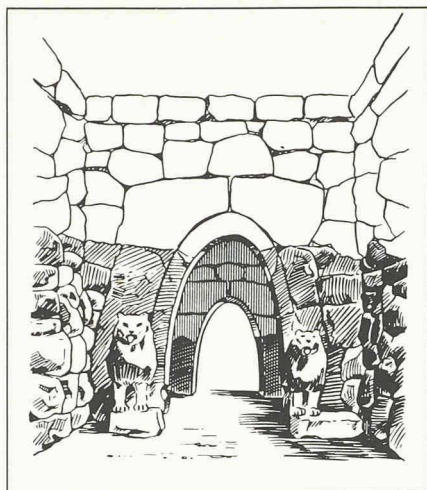


Fig. 6. — Temple hittite de Hattusa.

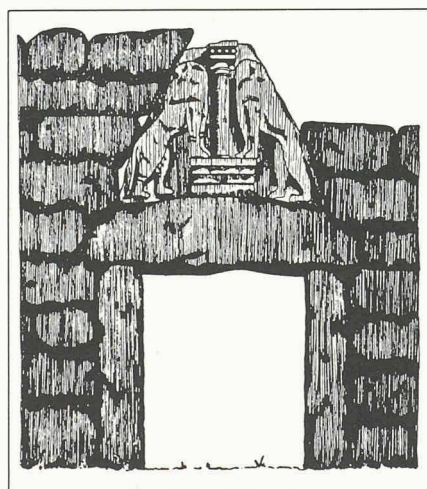


Fig. 7. — La Porte des Lionnes à Mycènes.

en exergue à chaque fois ce dialogue/opposition de l'ancien et du nouveau. Ainsi, par exemple, les spécialistes de la physique du bâtiment ont démontré la nécessité de réaliser une nouvelle isolation thermique des façades arrière du bâtiment: pour tenir compte de ces exigences d'économie d'énergie, on posera donc une enveloppe isolante extérieure, recouverte et protégée par un revêtement en bardage métallique dont la modulation respecte le rythme des percements des fenêtres existantes.

La conception du petit bâtiment d'entrée obéit aussi à ces principes: articulé sur un espace de transition placé dans l'axe du bâtiment principal, il manifeste la nouvelle distribution — asymétrique — des fonctions et donne, grâce à sa structure en acier, un avant-goût du dispositif de renforcement intérieur.

Enfin, il peut être également intéressant de relever que l'architecte Laverrière a eu l'occasion de travailler sur cet ouvrage en réalisant l'aménagement du mess des officiers (projet de 1908). Cet espace sera bien entendu restauré et remis en valeur.

Adresse de l'auteur:  
Jean-Baptiste Ferrari  
Architecte EPFL/SIA  
Galeries Saint-François B  
1003 Lausanne



Fig. 8. — Le nouveau dispositif structurel avec maintien des anciennes poutres.

## Point de vue de l'ingénieur: les structures porteuses

par Rodolphe Weibel, Lausanne

### 1. Les structures existantes

La structure du bâtiment, dans ses grandes lignes, se compose de murs massifs en maçonnerie de moellons de 50 cm à 1 m d'épaisseur, en façades et en refends, formant des cellules d'environ 500 m<sup>2</sup> de surface. A l'intérieur de ces cellules, des poteaux en fonte ou en bois soutiennent des sommiers en bois de 3,5 m de portée, servant d'appui à des solives dont la portée varie entre 4,5 et 5,6 m (fig. 1).

Au début du siècle, les deux ailes arrière du bâtiment sont prolongées selon un mode de construction analogue.

En 1953, à la suite d'un incendie qui ravagea les combles, l'ensemble du bâtiment, à l'exception du corps central, est surélevé d'un étage. Pour réaliser cette surélévation, on construit selon les plans de M. Robert Curchod, ingénieur SIA, un intéressant système de poutres triangulées en béton armé, coulées sur place et portant d'une façade à l'autre, donc sans



Fig. 1. — La structure existante.

recharger les poteaux intérieurs<sup>1</sup>. La membrure inférieure de ces poutres triangulées supporte une dalle nervurée en béton armé, la membrure supérieure supporte une dalle plane inclinée, formant toiture. Ce système coulé en place forme, avec les murs massifs, une cage très rigide.

L'état de conservation de ces structures est dans l'ensemble bon : si l'on n'observe que très peu de pourriture, on constate en revanche de nets tassements de fondation, en particulier sous les poteaux, ainsi que des déformations élevées des solives.

## 2. Les motifs de l'intervention sur les structures

Le nouvel usage auquel est destiné le bâtiment ne peut être envisagé sans mise en conformité des structures avec les exigences de notre temps. Il convient en particulier de l'adapter aux charges utiles de locaux administratifs, tant du point de vue de la sécurité que du point de vue de la déformabilité. Les éléments les plus critiques sont les poteaux, tant ceux en fonte que ceux en bois, dont la stabilité est très menacée. Les solives ont une portée excessive pour leur capacité de résistance et leur rigidité. Certaines fondations, de poteaux en particulier, accusent un net tassement que les études géotechniques ont permis d'expliquer. C'est, d'autre part, l'organisation du plan qui a conduit à envisager une trame plus large, déterminant des champs de l'ordre de 30 à 50 m<sup>2</sup> à la place des champs existants, qui varient entre 15 et 25 m<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Nous avouons ne pas partager l'appréciation de l'ingénieur à propos de cette conception de structure des combles ; s'il est indéniable que les poteaux intérieurs n'ont aucune charge nouvelle à supporter, il n'en va sans doute pas de même pour les murs extérieurs ! On sait qu'aux environs de 1880, on n'avait pas coutume de réaliser des empattements de fondations, et la nouvelle descente de charges pourrait expliquer quelques fissures du bâtiment ; enfin, nous sommes sceptiques quant au bien-fondé du choix d'un tel type de fermes ; car, mis à part un meilleur comportement en cas d'incendie, on ne voit pas ce qui justifie le fait de faire monter du béton à ce niveau, de le mettre en place dans des coffrages compliqués, de le conserver étayé durant le temps de la prise, pour trouver finalement une structure lourde, sans aucune flexibilité d'usage, à combiner avec des matériaux de toitures traditionnels, donc composites. La psychose de l'incendie était-elle si forte lors du choix ?

F. N.

D'autre part, les dommages ultérieurs, notamment les tassements de fondation, pourraient indiquer que la surcharge entraînée par cette structure des plus lourdes n'a pas été appréciée, donc prise en compte, à sa juste valeur.

(Réd.)

## 3. Principes généraux et cohérence du système structurel adopté

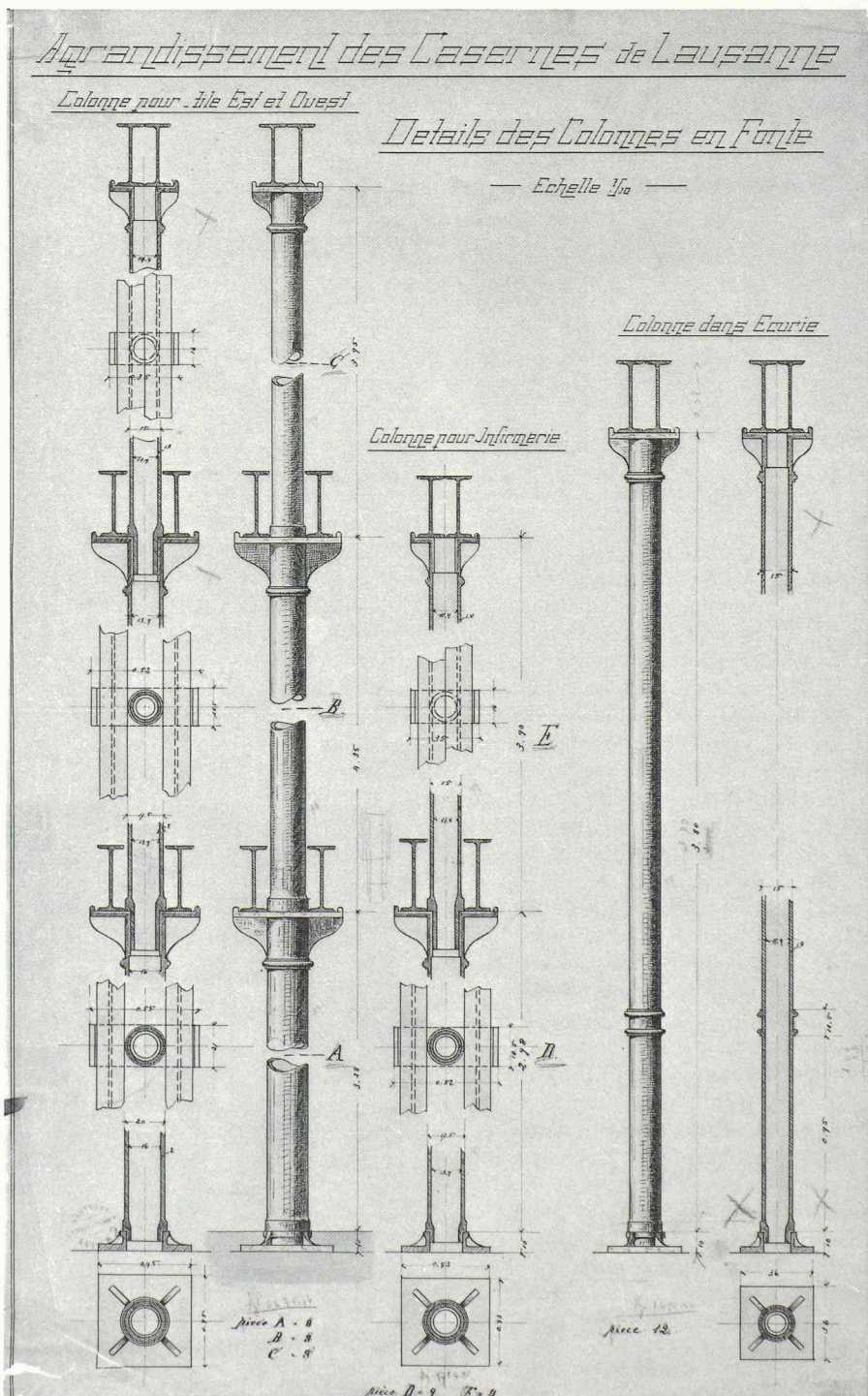
Quelques principes ont été adoptés pour l'élaboration du concept de transformation de la structure.

S'inscrivant dans la logique de la conservation du bâtiment, la volonté de tirer parti au maximum des structures existantes se manifeste de plusieurs façons : maintien des planches en bois, utilisation des caractéristiques stabilisatrices des murs massifs de façade et de refends, prise en compte de l'effet de chaînage des structures en béton armé des combles. Cette même volonté se manifeste surtout

dans le mode de mise en œuvre de la nouvelle structure, qui vient se superposer et se substituer à la structure existante, permettant à celle-ci de remplir sa fonction jusqu'au moment de sa démolition (fig. 2).

Les importantes dimensions de l'ouvrage, 3 étages de 5000 m<sup>2</sup> chacun, ont poussé à la recherche de solutions systématisées : ces solutions doivent offrir la double caractéristique d'être capables de s'adapter aux nombreuses variations locales tout en étant répétitives, permettant ainsi d'industrialiser leur fabrication.

Sur le chantier sont mis en œuvre des moyens et des procédés simples : boulon-



Détail des piliers métalliques, 1902, C. Melley, architecte.



Fig. 2. — La structure nouvelle se superpose à la structure existante.

nages très réduits et tenant plutôt du chevillage. En atelier, en revanche, les pièces à fabriquer peuvent être fortement ouvragées. Le respect de ces principes, leur prise en considération lors de l'étude des nom-

breux problèmes soulevés par l'âge du bâtiment — on pense ici surtout aux déformations, mais aussi aux transformations qui ont altéré la simplicité originelle des structures — déterminent la cohérence du parti structurel.

#### 4. Les chapiteaux (fig. 3 et 4)

Le problème à résoudre est donc multiple :

- renforcer les solives ou en diminuer la portée ;
- augmenter la portée des sommiers (portée existante : 3,5 m) ;
- diminuer le nombre des poteaux ;
- les poteaux existants et leurs fondations atteignent la limite de l'acceptable.

La nouvelle structure mise en place permet de résoudre ce problème en respectant la cohérence définie plus haut :

- les poteaux maintenus se voient entourés de 4 poteaux carrés de 80 × 80 mm, en acier, formant 2 paires (fig. 5). L'élément structurel de base est la paire. L'axe de cette paire est décalé par rapport à l'axe de l'ancien pilier de 22,5 cm, pour permettre à ce dernier de rester en fonction. Une paire de bielles formées de tubes carrés de 60 × 60 mm de section se développe obliquement de part et d'autre des piliers, un tirant composé d'une tige en acier à haute résistance de 24 mm de diamètre, fileté, relie les extrémités des bielles l'une à l'autre.

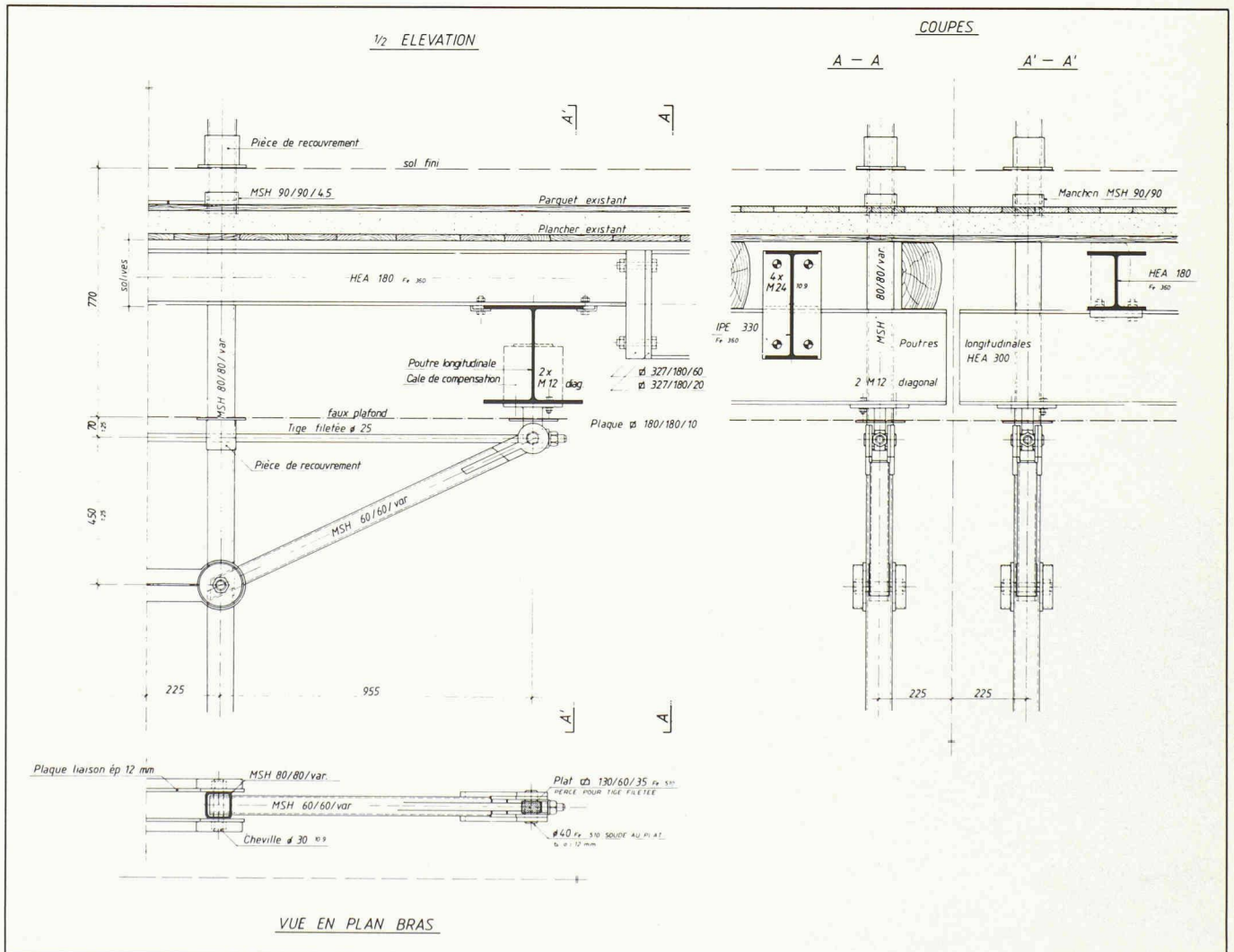


Fig. 3. — Détail des chapiteaux.

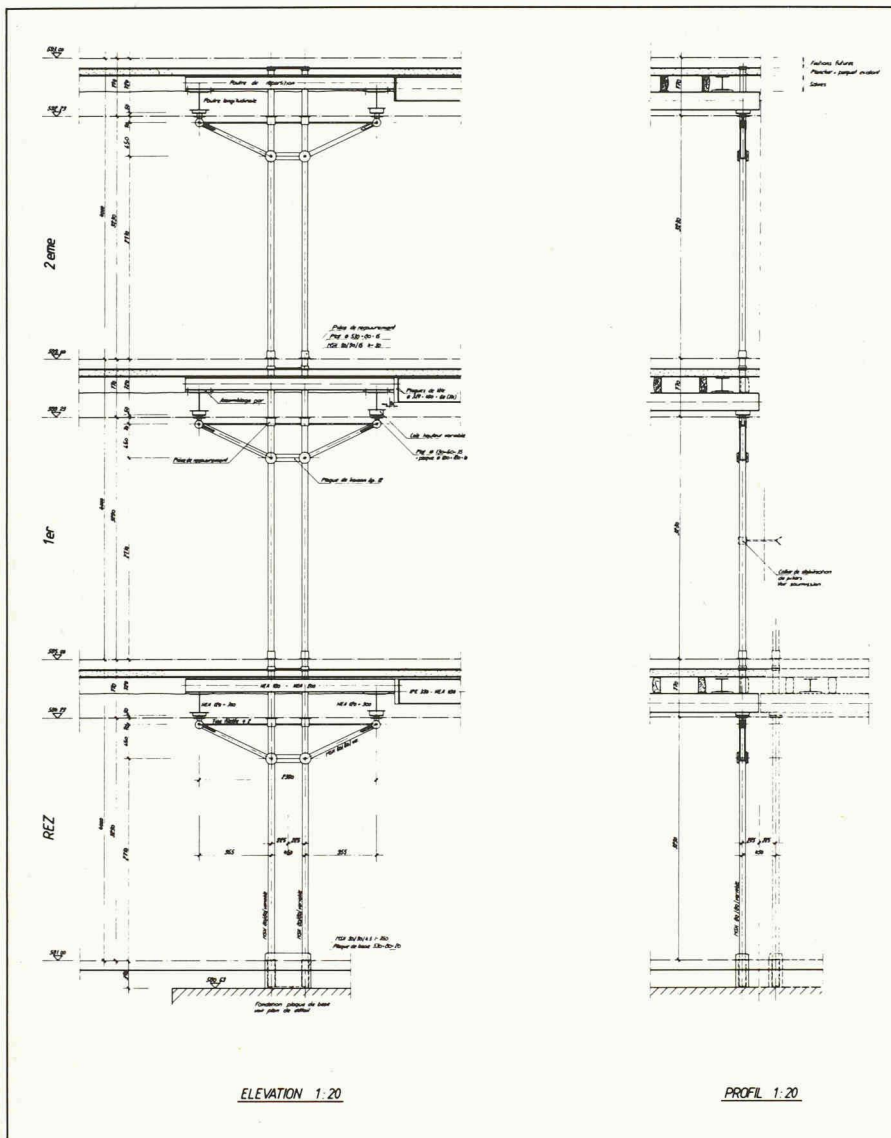


Fig. 4. — Les trois étages de chapiteaux.

Le tout forme un chapiteau de forme trapézoïdale. L'extrémité du chapiteau sert d'appui à de nouveaux sommiers métalliques situés à 1,2 m de l'ancien sommier en bois, réduisant d'autant la portée des solives et assu-

rant du même coup une portée double de celle des anciens sommiers. Les 4 angles du trapèze formé sont conçus comme des articulations. Le serrage de l'écrou de la tige provoque l'élévation de l'extrémité des

bielles, permettant de plaquer la nouvelle structure sous l'ancienne (fig. 6).

Le système ainsi décrit est instable : à l'instar des deux plateaux d'une balance de marché, les deux extrémités du chapiteau se déplaceraient l'une vers le haut, l'autre vers le bas sous l'effet de charges asymétriques. Celles-ci peuvent survenir soit par suite de l'asymétrie des charges utiles, soit de l'asymétrie de la surface des champs. Pour assurer la stabilité du système, une poutre de répartition transversale, sorte d'entretoise, relie l'un des systèmes à l'autre, ou bien, dans certains cas relie le système à un point fixe constitué d'un appui dans les murs massifs : on peut expliciter cette proposition en prolongeant l'exemple de la balance de marché : on place deux balances de marché dans le prolongement l'une de l'autre et l'on pose par-dessus les 4 plateaux ainsi alignés une barre horizontale continue : ce dispositif empêche le mouvement de chacun des plateaux. Pour des raisons d'encombrement, ces poutres de répartition sont logées dans le plan des solives et, pour faciliter leur montage, sont normalement composées de 3 éléments assemblés par plaques de tête et boulons à haute résistance.

Ce système se superpose sur 3 étages, chacun des planchers servant à la stabilisation horizontale. En principe l'ensemble des opérations se déroule sans qu'il soit nécessaire de souder sur le chantier.

Les efforts de ruine, qui tiennent compte d'un coefficient de sécurité de 1,6, peuvent atteindre à l'extrémité de chacune des bielles la valeur de 135 KN (13,5 t) et ceux qui s'exercent sur les poteaux 340 KN. L'épaisseur de la tôle des poteaux de  $80 \times 80$  mm varie entre 3 et 8 mm. Biarticulés aux 2<sup>e</sup> et 1<sup>er</sup> étages, ceux-ci sont encastrés dans les fondations au rez-de-chaussée. Les poteaux proches des murs massifs ont en outre été liés à ces derniers, cela toujours en conformité



Fig. 5. — L'unité structurelle : la paire de poteaux.



Fig. 6. — L'ancienne structure fait place à la nouvelle.

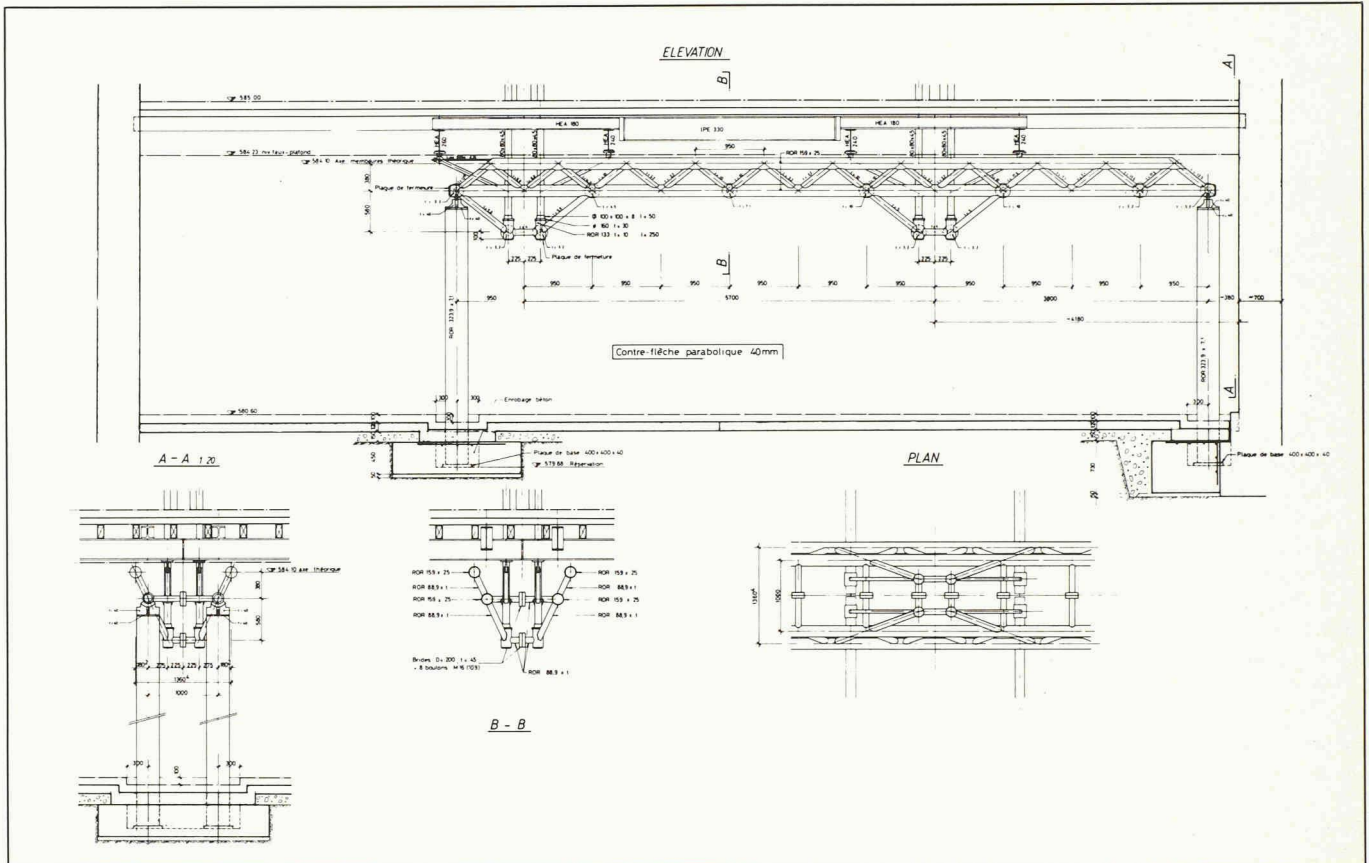


Fig. 7. — La salle des conférences.

avec le principe de tirer parti des structures existantes.

En tout, ce sont 744 poteaux soit 3 étages de 123 paires qui sont mis en œuvre pour soutenir les  $3 \times 5000 \text{ m}^2$  de plancher existant. Le coût de cette structure métallique, y compris poutres longitudinales et poutres de répartition transversale, s'établira probablement à environ Fr. 900000.—, soit Fr. 60.— par  $\text{m}^2$  de plancher renforcé. Le coût moyen de cette charpente est de Fr. 2.65 par kilogramme.

### 5. La salle de conférence (fig. 7)

La conception de la structure particulière d'une grande salle de conférence, située au rez-de-chaussée, répond aux principes généraux élaborés pour l'ensemble des structures.

La fonction de cette structure est de reporter en périphérie de la salle les charges descendant des étages supérieurs par l'intermédiaire du système des chapiteaux.

Il s'agit d'une poutre trapue, composée de deux treillis reliés l'un à l'autre au niveau de leurs membrures inférieures par des entretoises assemblées par brides

et boulons à haute résistance. Le tout forme une section en forme de caisson ouvert en face supérieure.

Là aussi, le système se superpose à la structure existante, chacun des deux treillis, fabriqués en atelier, prenant place de part et d'autre des poteaux existants. Il s'intègre en outre au système des chapiteaux généralisé dans le reste du bâtiment.

Adresse de l'auteur :

Rodolphe Weibel, ing. dipl. EPFL-SIA  
AIC Schaer, Weibel & Meylan SA  
Association d'ingénieurs-conseils  
Av. Tissot 2 bis  
1006 Lausanne

## Bibliographie

### Fribourg en tram

par Sébastien Jacobi — Un vol.  $18 \times 24 \text{ cm}$ , broché, 96 pages avec 156 photos, 14 croquis types du matériel roulant et 13 plans ou schémas divers. Edité par l'auteur, Neuchâtel, 1985. Prix: Fr. 24.— (par versement au CCP 20-9212-9, Sébastien Jacobi, Neuchâtel).

Après une pause de plusieurs années, l'auteur nous livre à nouveau le résultat de ses recherches sur un réseau de trams romand. Après Neuchâtel, La Chaux-de-Fonds et Bière, c'est Fribourg dont les trams, introduits en 1897 et disparus depuis 1965, revivent sous nos yeux.

La ville des bords de la Sarine constitue un nœud ferroviaire important pour la vie de la Suisse

romande. Son réseau de tramways est devenu le complément naturel de la desserte par les CFF et les chemins de fer fribourgeois. L'attachement de Fribourg au rail a pris des formes tangibles, puisque la ville s'est même endettée pour participer à la réalisation de la ligne Lausanne-Fribourg-Berne, ce qui l'a conduite en 1870 à vendre ses forêts. On y a aussi vu naître la deuxième fabrique de wagons de Suisse, mais qui allait hélas disparaître après une existence de trois ans seulement.

Ce destin malheureux ne devait pas dissuader les Fribourgeois de privilégier l'innovation, puisque c'est entre le chef-lieu et Posieux, plus tard Favargny, qu'a été mise en service en 1912 (!) la première ligne de trolleybus de Suisse, les «Omnibus électriques Fribourg-Favargny».

Comme dans les ouvrages qui l'ont précédé, ce livre retrace le

devenir et l'histoire du réseau de trams fribourgeois ainsi que des autobus et trolleybus qui ont pris la relève. Les amateurs de détails techniques sont à nouveau comblés, puisque les particularités des réseaux et du matériel roulant sont exposées avec la minutie coutumière de l'auteur, photos, dessins et graphiques à l'appui.

Outre son intérêt sur le plan technique, cet ouvrage a le mérite de nous faire remonter dans le temps et de nous montrer, par des documents pittoresques et nostalgiques, le Fribourg d'hier et d'avant-hier.

Une remarque en marge : le livre montre l'acheminement, en 1977, de la motrice de tram n° 6, destinée à orner en tant que monument le dépôt-atelier moderne des TF, en bordure d'autoroute. Les automobilistes qui lui accordent un bref coup d'œil au passage constatent au fil des ans

la dégradation de ce véhicule. Dommage!

Signalons enfin à nos lecteurs qu'en se référant à IAS, ils peuvent acquérir cet ouvrage et celui consacré aux trams de La Chaux-de-Fonds et de Bière au prix spécial de Fr. 40.— pour les deux volumes.

### Aktuelle Wettbewerbsszene 5/85

Dans ce numéro :

- concours d'idées «Wohlen-Mitte»;
- Croce Verde, à Lugano;
- aménagement intérieur de la halle de sports à Sierre/VS;
- concours d'idées pour l'école professionnelle Lorraine à Berne;
- bâtiment d'administration des services électriques Zurich-Oerlikon