

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 87 (1961)  
**Heft:** 11

**Artikel:** Point de vue des ingénieurs  
**Autor:** Boss, Jacques / Voelke, Théo  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-65029>

### **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:** 15.03.2025

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

élimine un éventuel sentiment de vertige ou de démesure et contribue à une meilleure protection des « supports » contre le soleil, la pluie ou le vent.

La buvette est contenue dans un volume adjacent au volume principal, ce qui la rend plus attrayante et utilisable de façon autonome.

L'accès aux gradins est assuré par deux escaliers métalliques frontaux complètement indépendants du gros œuvre ; ils pourraient être doublés lorsque l'occupation des tribunes l'exigerait.

Tous les éléments constructifs sont en béton armé coffré sur place. Cette méthode a été préférée pour la « souplesse » du matériau dont les techniques d'armature ou de précontrainte garantissent une « mise en forme » aisée des ouvrages, un comportement favorable au vieillissement et aux tassements sur un sol peu sûr. Tous les bétons visibles, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, sont laissés naturels, décoffrés propres.

Les aménagements intérieurs sont réalisés très sim-

plement. Les séparations des locaux sont faites de briques de terre cuite laissées naturelles, avec des chaînages en béton armé et des fermetures supérieures en verre sécurisé jusque sous un plafond isolant en lames de sapin copalé suivant la pente des gradins. Les bancs des gradins sont à dossier et composés de lames en bois exotique laqué fixées sur des consoles en métal léger injecté, elles-mêmes boulonnées dans le béton. Toutes les questions de chauffage ont été résolues par le gaz : chauffage des locaux par radiateurs indépendants à échappement en façade, chauffe-eau général rapide à grand débit pour les douches, appareils « infra-rouge » à allumage électrique automatique (suspendus à la dalle-toiture) pour le chauffage des gradins.

La collaboration soutenue entre l'ingénieur, le laboratoire d'essais, les techniciens et les entreprises ont autorisé l'architecte à poursuivre, sans déformations, la concrétisation de sa volonté, ce dont il a tout lieu de se montrer reconnaissant.

## POINT DE VUE DES INGÉNIEURS

par JACQUES BOSS, ingénieur EPUL. — Collaborateur : THÉO VOELKE, ingénieur EPUL

### 1. Description, système statique et particularités

Dimensions principales : longueur de la construction : 49,50 m = 9 portées de 5,50 m ; longueur de la toiture en porte à faux : 11,55 m.

La construction est formée de deux parties nettement distinctes et séparées : l'infrastructure et la superstructure.

L'infrastructure se compose d'une dalle de radier raidie par des sommiers dans laquelle sont encastrés : en avant des piliers au droit de chaque ferme, et en arrière, une coque rigide en béton armé dans laquelle se trouvent différents services (fig. 4).

La superstructure est formée par une succession de fermes en forme de bec, distantes de 5,50 m. Les gradins sont posés sur la branche inférieure des fermes tandis que la dalle de toiture est suspendue à leur partie supérieure.

La superstructure est statiquement déterminée, elle repose au moyen d'appuis en caoutchouc STUP sur les piliers et la coque de l'infrastructure.

La liaison entre l'infrastructure et la superstructure est donc souple, ce qui a permis de supprimer tout joint de dilatation dans les gradins et la toiture. Comme les différences de température n'agissent pas d'une façon uniforme sur tout l'édifice (ensoleillement de la toiture alors que les gradins restent à l'ombre), on s'est efforcé encore d'assouplir la construction pour permettre les différences de dilatation qui en résultent. On a ainsi d'une part donné une épaisseur plus mince aux fermes extrêmes, et d'autre part coupé partiellement la liaison entre les trois fermes de chaque extrémité et le contreventement situé au sommet des gradins.

L'emplacement de l'articulation Y peut surprendre, car le pilier va en s'élargissant vers le haut. L'articulation pourrait sembler plus naturelle à la base du pilier plutôt qu'en son sommet, mais un mauvais fonctionnement de l'appui mobile X aurait provoqué une poussée horizontale incertaine à la base du pilier, entraînant un moment gênant dans la poutre. Il y avait donc intérêt à monter l'articulation, également pour des raisons d'exécution.

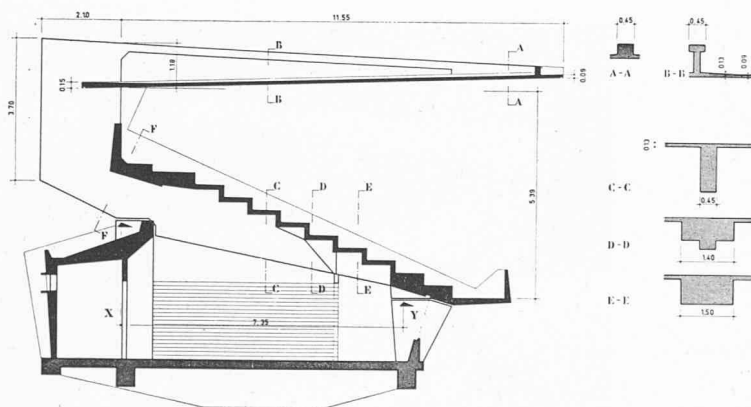


Fig. 4. — Ferme-type élévation.

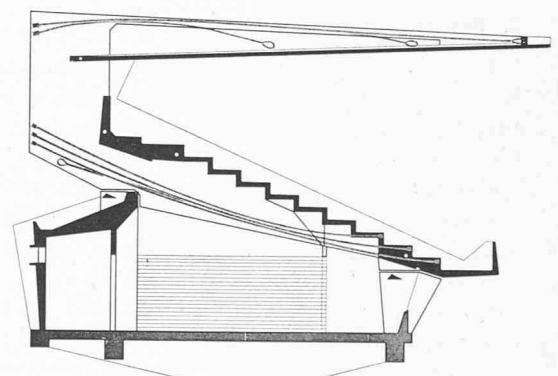


Fig. 5. — Schéma de câblage.

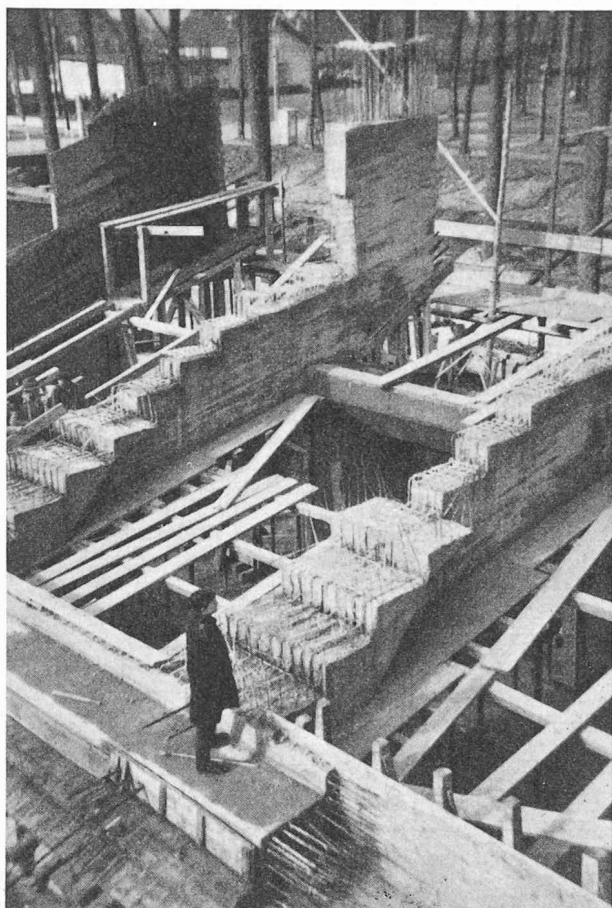


Fig. 6. — Exécution des fermes. 1<sup>re</sup> étape.

## 2. Etapes de bétonnage de la superstructure

(fig. 6, 7 et 8)

Tout le gros œuvre a été bétonné sur place. La complexité des coffrages des gradins a posé quelques problèmes pour le bétonnage. Celui-ci s'est effectué en trois étapes dans le sens vertical et quatre étapes dans le sens longitudinal, soit :

- a) les fermes ont d'abord été bétonnées deux par deux jusqu'à la hauteur de la dalle de la toiture. La deuxième marche des gradins a été bétonnée par la même occasion, son rôle est de contreventer temporairement les fermes ;
- b) les gradins ont été bétonnés ensuite à partir de la troisième marche jusqu'en haut ;
- c) le devant des gradins formant balcon a été bétonné pour finir.

## 3. Précontrainte

La construction est précontrainte partiellement dans le sens longitudinal et complètement dans le sens transversal par des câbles du type Freyssinet de 40, 50 et 63 tonnes. Une série de câbles ( $7 \times 50 \text{ t} = 350 \text{ t}$ ) est placée dans les poutres des gradins. Ils possèdent un ancrage fixe à l'arrière et sortent tout naturellement dans les trois premiers gradins où se trouve l'ancrage mobile. Une autre série de câbles ( $4 \times 63 \text{ t} = 252 \text{ t}$ ) précontraint les poutres de toiture. Ils sont tendus depuis l'arrière, leur autre extrémité étant bouclée (fig. 5).

La partie verticale des fermes (disque arrière) est en béton armé, cet élément étant trop court pour une précontrainte économique. Du reste, ses dimensions res-

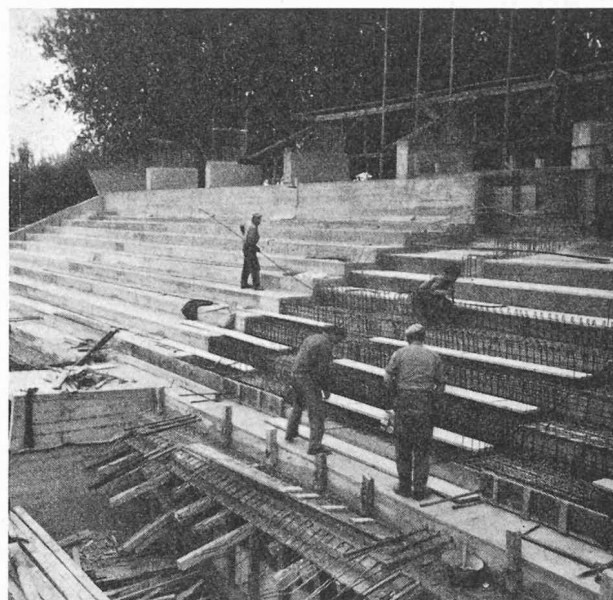


Fig. 7. — Gradins.

pectables conduisent à des contraintes modérées ( $50 \text{ kg/cm}^2$  de traction).

Nous n'insisterons pas sur le calcul de la précontrainte qui est classique ; disons seulement que la section  $F-F$  (fig. 4) s'est avérée délicate, car elle est affligée d'une entaille inévitable. Son calcul a nécessité un essai de photoélasticité exécuté par le Laboratoire de statique de l'EPUL (voir pages 169 à 178). Notons encore que les poutres de la toiture sont en forme de I : ce profil est favorable aux grandes différences entre le moment maximum (poids propre + neige + vent surchargeant) et le moment minimum (poids propre  $\pm$  vent soulageant). Les surcharges admises sont celles des normes SIA.

La mise en tension des câbles s'est faite en deux étapes :

*Première étape :* Mise en tension partielle des poutres de gradins, 28 jours après leur bétonnage et avant l'exécution de la toiture. A ce stade, le moment dans les poutres au voisinage de l'appui  $X$  est minime. Lors de cette première étape, on a donc tendu les cinq câbles supérieurs des poutres de gradins ; les tractions ont pu être évitées.

*Deuxième étape :* Mise en tension des câbles de la toiture et des deux derniers câbles des poutres de gradins, 28 jours après le bétonnage de la toiture.

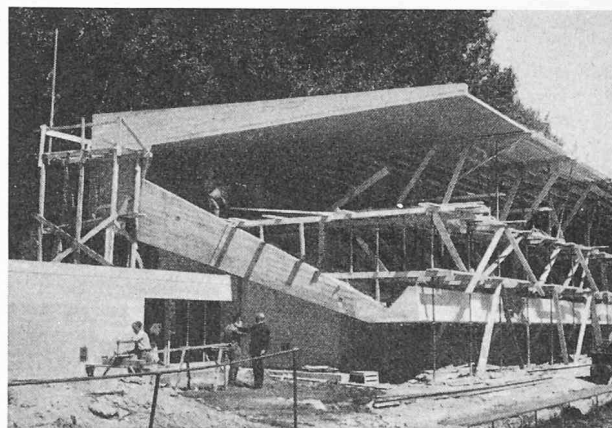


Fig. 8. — Décoffrage de la toiture.

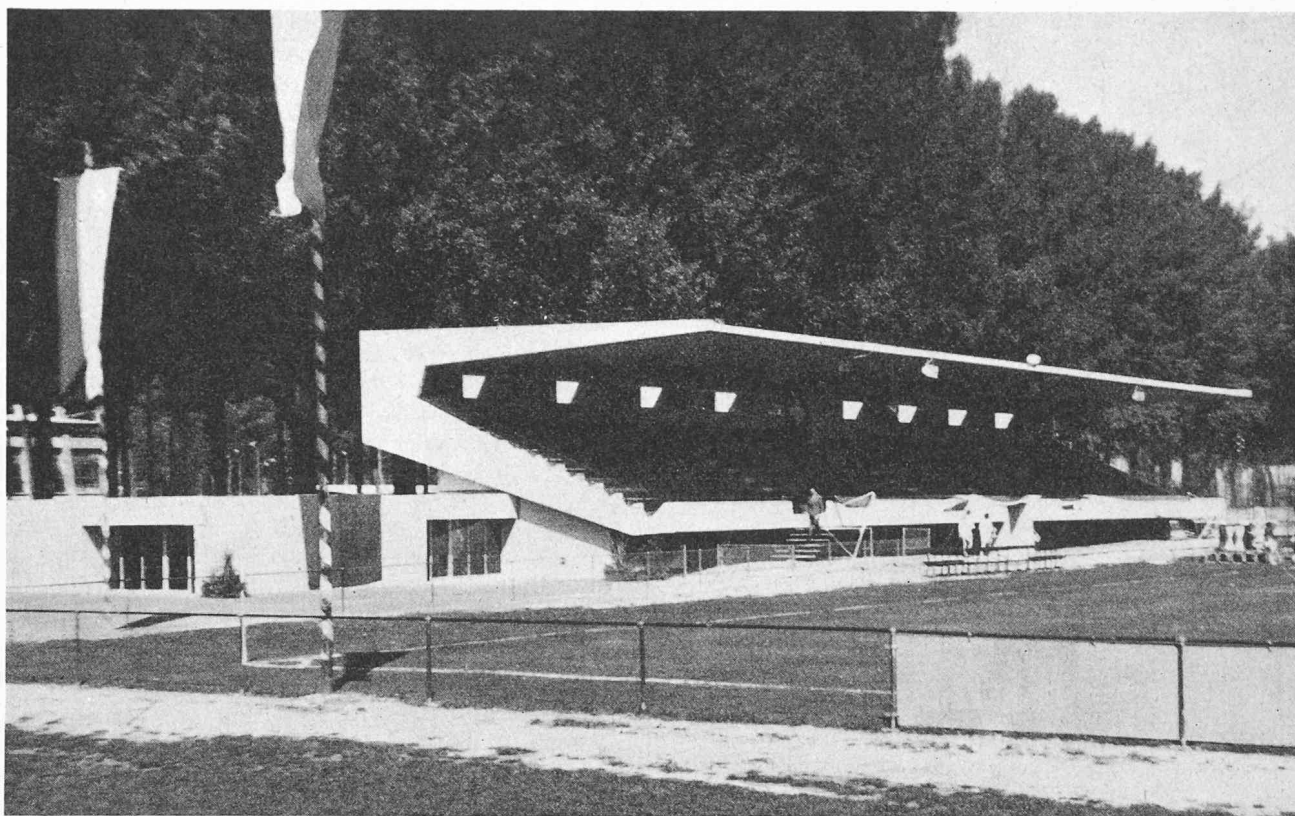


Fig. 9. — L'ouvrage terminé le jour de l'inauguration.

#### 4. Flèche de la toiture

Lors du décoffrage de la toiture, celle-ci devait prendre une flèche composée par les trois termes suivants :

- $f_1$  = flèche due au poids propre des consoles.
- $f_2$  = contreflèche due à la précontrainte des consoles.
- $f_3$  = contreflèche due à la deuxième étape de précontrainte des gradins.

La valeur de la flèche :  $f = f_1 + f_2 + f_3$  donnée par le

calcul était pratiquement nulle. Cette valeur a été confirmée lors du décoffrage.

Les travaux ont été exécutés par l'entreprise E. Gabella d'Yverdon ; ils ont duré de septembre 1959 à juillet 1960.

La maison Précontrainte S.A. à Lausanne s'est chargée de la précontrainte (câbles Freyssinet) et de la fourniture des appuis STUP.

L'inauguration eut lieu le 11 septembre 1960 (fig. 9).

## ÉTUDE PHOTOÉLASTICIMÉTRIQUE DE LA RÉSISTANCE D'UNE FERME DES TRIBUNES DU STADE D'YVERDON

par O.-J. RESCHER, Dr ès sc. techn., chargé de cours à l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne

### 1. Objet des essais

La structure porteuse du stade d'Yverdon est constituée par une succession de fermes en béton armé et béton précontraint écartées de 5,50 m (fig. 1). Chaque ferme est formée d'une poutre formant avant-toit solidaire de la poutre supportant les gradins par l'intermédiaire d'une paroi verticale dont la largeur est du même ordre de grandeur que la hauteur ; elle repose sur deux appuis et constitue un système statiquement déterminé.

La forme définie par l'architecte et l'ingénieur a posé des problèmes de calculs de contraintes dépassant le cadre des méthodes de calcul de résistance habituelles, ceci en particulier dans la zone de l'appui extérieur,

partie particulièrement importante pour assurer le bon comportement statique de la construction.

Ces raisons ont amené l'auteur du projet, le bureau d'ingénieurs J. Boss et le maître de l'œuvre à recourir aux essais par photoélasticité pour lever les incertitudes du calcul dans une partie importante de l'ouvrage.

Les essais avaient pour objet de déterminer :

1. L'état de contrainte de l'ouvrage dans la partie située au-dessus de l'appui extérieur et dans la paroi porteuse.
2. L'influence des câbles de précontrainte situés dans la partie des gradins sur l'état de sollicitation de l'ouvrage.