

# Étude photoélastique du comportement d'une poutre triangulée, réalisée en béton précontraint

Autor(en): **Gianadda, L. / Guglielmetti, U.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **91 (1965)**

Heft 3

PDF erstellt am: **05.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-67650>

## **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.

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

**ORGANE OFFICIEL**

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes  
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (SVIA)  
de la Section genevoise de la SIA  
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique  
de l'Université de Lausanne)  
et des Groupes romands des anciens élèves de l'EPF (Ecole poly-  
technique fédérale de Zurich)

**COMITÉ DE PATRONAGE**

Président: E. Martin, arch. à Genève  
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne  
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève

**Membres:**

Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.  
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Groscurin, arch.; J.-C. Ott, ing.  
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.  
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.  
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.;  
M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

**CONSEIL D'ADMINISTRATION**

de la Société anonyme du « Bulletin technique »

Président: D. Bonnard, ing.

Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; J. Favre,  
arch.; A. Robert, ing.; J.-P. Stucky, ing.

Adresse: Avenue de la Gare 10, 1000 Lausanne

**RÉDACTION**

D. Bonnard, E. Schnitzler, S. Rieben, ingénieurs; M. Bevilacqua,  
architecte  
Rédaction et Editions de la S.A. du « Bulletin technique »  
Tirés à part, renseignements  
Avenue de Cour 27, 1000 Lausanne

**ABONNEMENTS**

1 an . . . . .	Suisse	Fr. 40.—	Etranger	Fr. 44.—
Sociétaires . . . . .	»	» 33.—		
Prix du numéro . . . . .	»	» 2.—	»	» 2.20

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,  
N° 10 - 5775, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au  
numéro, changement d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie  
La Concorde, Terreaux 29, 1000 Lausanne

**ANNONCES**

Tarif des annonces:

1/1 page . . . . .	Fr. 385.—
1/2 » . . . . .	» 200.—
1/4 » . . . . .	» 102.—
1/8 » . . . . .	» 52.—

Adresse: Annonces Suisses S.A.

Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. 1000 Lausanne et succursales

**SOMMAIRE**

Etude photoélastique du comportement d'une poutre triangulée, réalisée en béton précontraint, par L. Gianadda et U. Guglielmetti, ing. dipl. EPUL-SIA, à Martigny.

Bibliographie. — Divers. — Les congrès. — Carnet des concours. — Nouveautés, informations diverses. — Documentation générale. — Documentation du bâtiment.

## ÉTUDE PHOTOÉLASTIQUE DU COMPORTEMENT D'UNE POUTRE TRIANGULÉE, RÉALISÉE EN BÉTON PRÉCONTRAIT

par L. GIANADDA et U. GUGLIELMETTI, ing. dipl. EPUL - SIA, à Martigny

**I. Introduction**

A l'occasion de la construction d'une halle en éléments préfabriqués en béton armé pour la maison Optigal S.A., à Lausanne, nous avons procédé à un essai sur modèle réduit de la poutre toiture.

L'ossature de la halle est constituée par une série de piliers en béton armé, surmontés de poutres triangulées également en béton armé avec tirant précontraint. La portée est d'environ 24,0 m et la toiture formée de pannes en béton précontraint, surmontées d'éternit ondulé (fig. 1).

L'essai sur modèle devait vérifier les hypothèses admises lors du calcul de la poutre et apporter des corrections éventuelles.

Au vu des résultats obtenus lors des essais, la maison Stahlton-Prébéton, responsable de l'exécution des travaux, nous a demandé une investigation plus poussée de ce type de poutre, afin de pouvoir procéder à une standardisation de la fabrication.

**II. Choix de la méthode d'essais et généralités**

La poutre étant du type prismatique et plane, nous avons choisi, parmi les différentes méthodes d'essais sur modèles, le procédé photoélastique pour l'étude de son comportement. En effet, ce procédé est d'une application simple pour le cas de pièces planes, chargées dans leur plan et présente, entre autres, l'avantage de donner une image complète du champ des contraintes.

L'« auscultation » des contraintes intérieures de la matière du modèle se fait optiquement, en exploitant la propriété qu'ont certaines substances transparentes normalement isotropes de devenir biréfringentes lorsqu'elles sont soumises à des efforts. Dans le cas de sollicitation à deux dimensions (plaques), les axes de biréfringence coïncident avec les axes principaux des tensions et la différence des indices de réfraction  $n_1 - n_2$  est proportionnelle à la différence des tensions principales.

Les renseignements optiques sont ensuite traduits en données mécaniques, compte tenu des caractéristiques

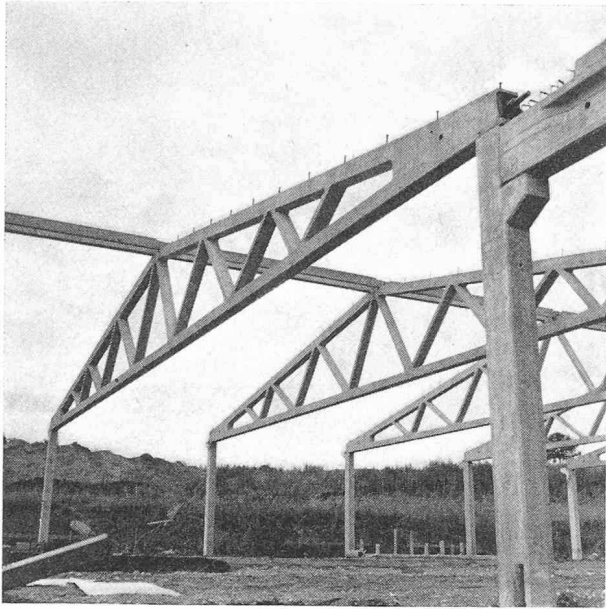


Fig. 1. — Accouvoir de Granges-Marnand. Poutres toiture.

géométriques et mécaniques du modèle et de la pièce réelle.

Les résultats ainsi obtenus sont de deux natures :

- a) *Quantitatifs* : c'est-à-dire la valeur numérique en tout point de la pièce étudiée des efforts intérieurs (contraintes principales  $\sigma_1$  et  $\sigma_2$  ; contraintes  $\sigma_x$  et  $\sigma_y$  ; contraintes de cisaillement  $\tau_{xy}$ ).
- b) *Qualitatifs* : c'est-à-dire le réseau des trajectoires des contraintes principales  $\sigma_1$  et  $\sigma_2$  dites lignes isostatiques et de là, si on le désire, le réseau des lignes de cisaillement  $\tau_{max}$ .

Une étude comporte en principe les travaux suivants :

- a) Découpage d'un modèle de la pièce à étudier dans une matière à indice de biréfringence accidentelle approprié.
- b) Mise en charge du modèle sur un banc d'essai.
- c) Relevé, généralement photographique, des lignes d'égalité de différence des contraintes principales  $\sigma_1 - \sigma_2$ , dites lignes isochromes.
- d) Relevé, généralement photographique, des lignes d'égalité d'orientation des contraintes principales  $\sigma_1$  et  $\sigma_2$ , dites lignes isoclines.
- e) Etalonnage de la matière utilisée.
- f) Interprétation des résultats et passage aux valeurs numériques réelles.

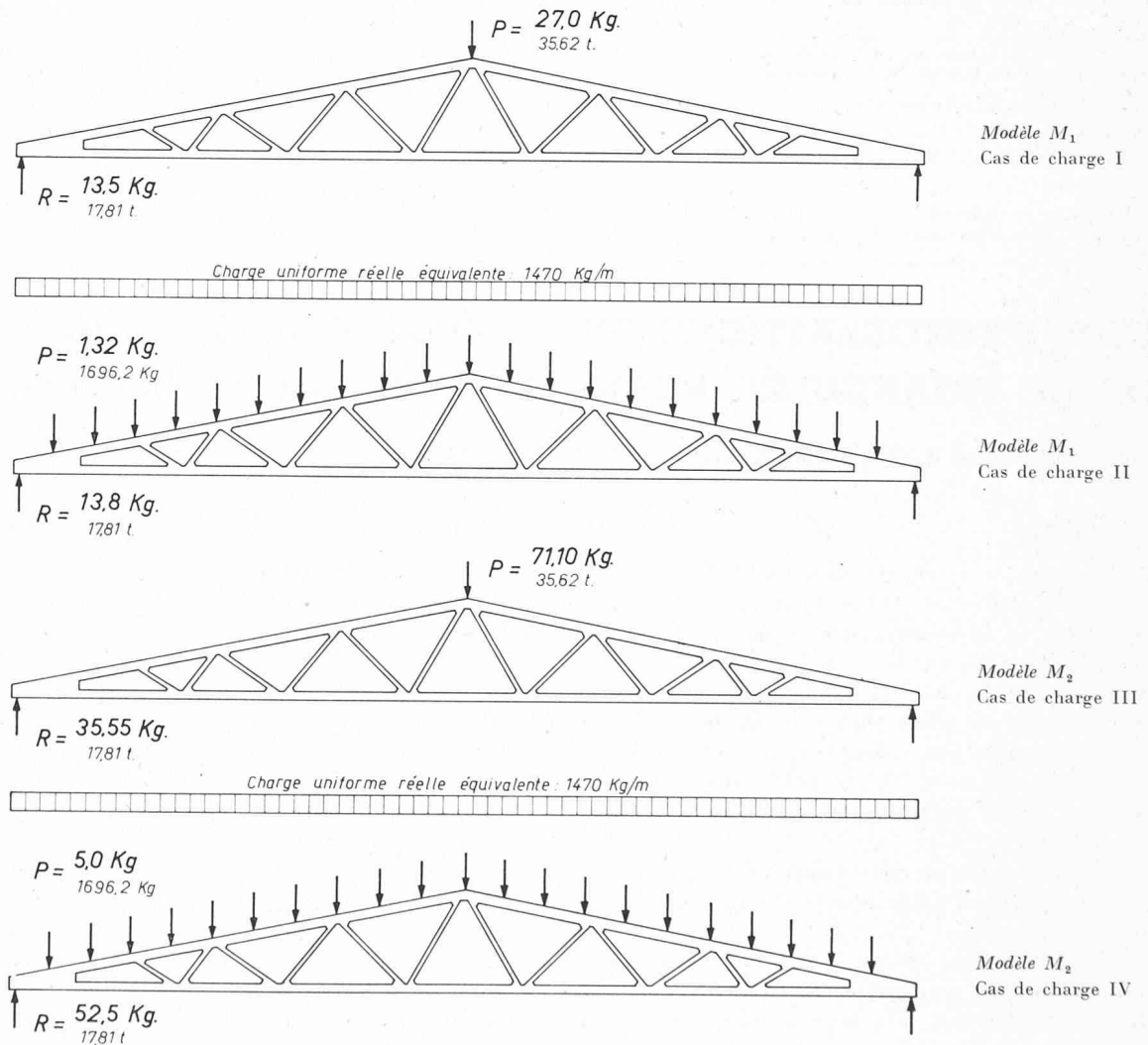


Fig. 2. — Plan des charges.

### III. Définition des essais et modèles

Comme nous l'avons mentionné sous chiffre I, la première étape des essais entrepris devait vérifier les hypothèses admises pour le calcul de la poutre et apporter des corrections éventuelles.

Dans ce but, les problèmes suivants ont été examinés :

- Comportement général de la poutre sur un modèle à l'échelle 1 : 50 soumis à deux cas de charge (modèles  $M_1$ , fig. 2).
- Etude de détail des extrémités de la poutre sur un modèle à l'échelle 1 : 20 soumis aux mêmes cas de charge (modèles  $M_2$ , fig. 2).
- Effet de la mise en tension du câble de précontrainte du tirant.

Les dimensions géométriques de la poutre sont données à la figure 3.

Les hypothèses admises pour le calcul de la poutre, sont connues et classiques (les charges se transmettent aux nœuds du système triangulé, toutes les barres sont parfaitement articulées aux nœuds, etc.).

Les modèles ont été réalisés en résine synthétique VP 1527 et les essais entrepris dans notre laboratoire de statique. Parallèlement aux essais principaux, nous avons procédé à l'étalonnage de la matière du modèle, en soumettant des éprouvettes à un moment de flexion pure connu puis à une traction simple connue.

Cette opération, propre à tout essai photoélastique, est destinée à faire connaître la valeur de « frange des isochromatiques », c'est-à-dire quelle contrainte «  $a$  » en  $\text{kg}/\text{cm}^2$  représente une ligne isochromatique sur le modèle (ici,  $a = 31,68 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ).

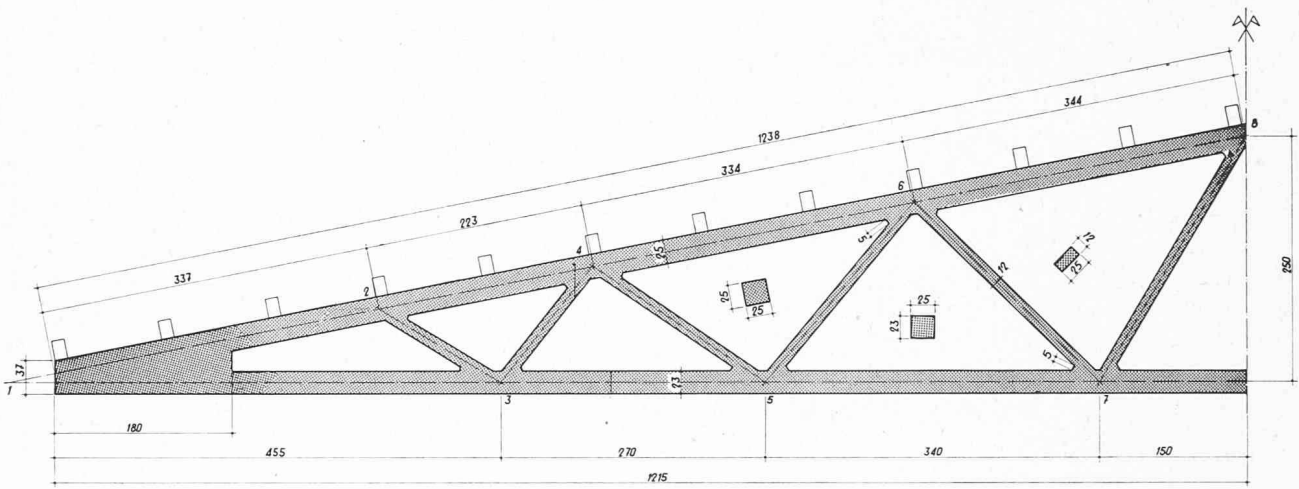


Fig. 3. — Dimensions géométriques de l'ouvrage.

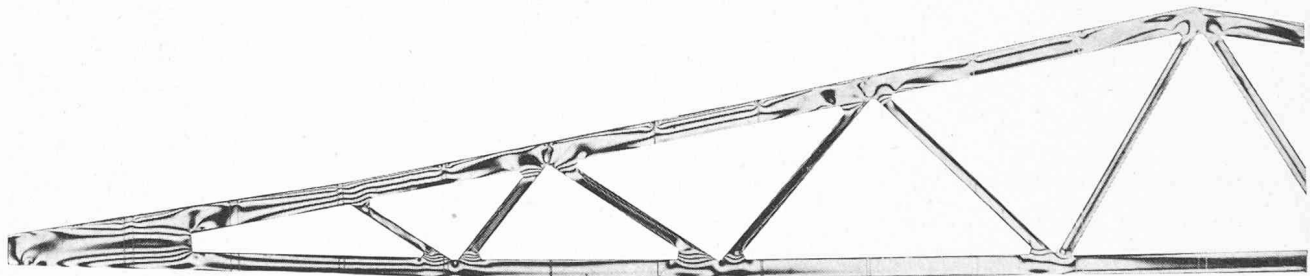


Fig. 4. — Modèle  $M_1$  : lignes isochromes. ( $\sigma_1 - \sigma_2 = \text{cte}$ ). Cas de charge II fig. 2.

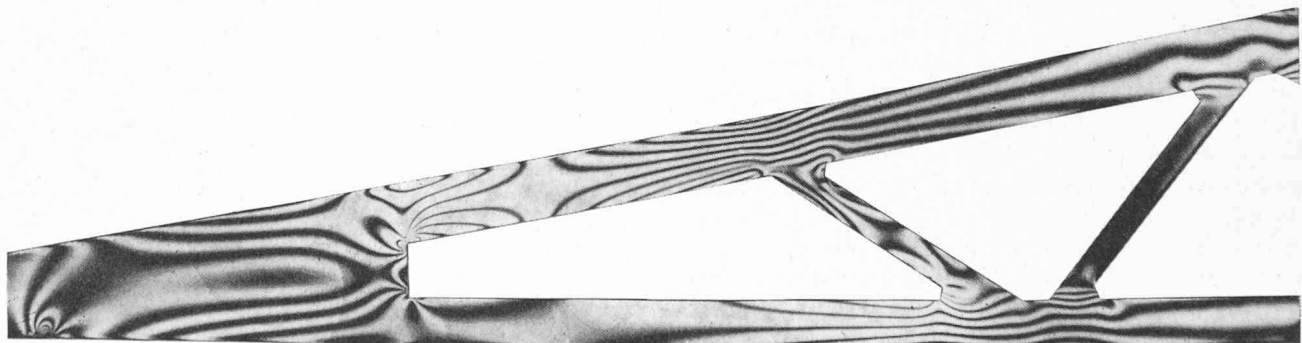


Fig. 5. — Modèle  $M_2$  : lignes isochromes. ( $\sigma_1 - \sigma_2 = \text{cte}$ ). Cas de charge III fig. 2.

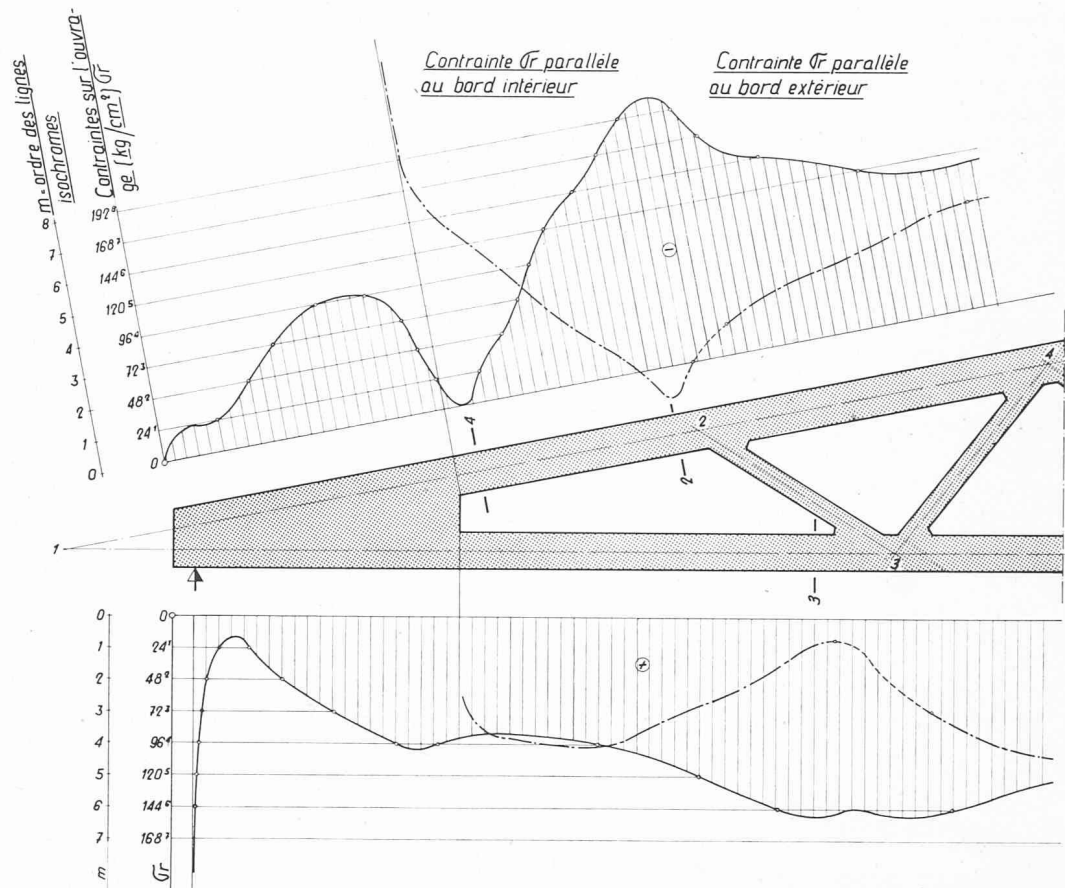


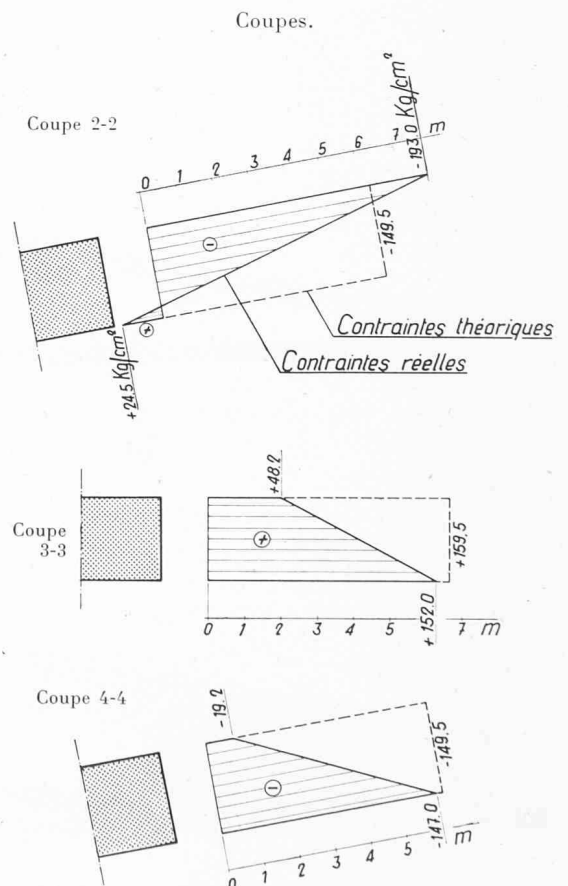
Fig. 6. — Modèle M<sub>2</sub>. Cas de charge III fig. 2. Contraintes sur l'ouvrage.

#### IV. Essais et commentaires

##### a) Comportement général de la poutre

La figure 4 représente l'état de contraintes de la poutre soumise au cas de charge II de la figure 2.

Pour ce cas de charge et d'après le calcul classique des poutres triangulées, les membrures et les diagonales reçoivent des efforts de traction ou compression centrés. L'essai confirme en partie ce mode de calcul puisque, pour la région centrale de la poutre (partie comprise entre les nœuds 4 et 8), les membrures et diagonales reçoivent un effort pratiquement centré (champ blanc ou noir uniforme sur la photo). Seule la membrure supérieure subit des efforts de flexion supplémentaires, dus aux pannes situées « en travée ». Par contre, la région du quart extrême de la poutre (partie située entre les nœuds 1 et 4) subit, en plus des efforts mentionnés, des efforts de flexion importants dus à l'« effet de cadre », formé par les membrures, les diagonales et la partie pleine d'extrémité. Ces efforts de flexion composée sont mis en évidence sur la photographie par l'apparition d'un certain nombre de franges noires.



Les mêmes constatations peuvent être faites sur une photographie de la poutre soumise au cas de charge I de la figure 2. En confirmation du calcul classique, les diagonales ne subissent aucun effort, sauf la diagonale 2-3 qui est soumise à un moment fléchissant. L'examen qualitatif des photographies d'ensemble de la poutre nous permet de résumer son comportement par le schéma suivant :

1. Partie centrale comprise entre les nœuds 4 et 8 ; le calcul classique traduit avec une précision suffisante les efforts subis par les membrures et les diagonales de la poutre. Pour la membrure supérieure, il y a lieu d'ajouter à l'effort centré les moments de flexion dus aux pannes intermédiaires.
2. Partie d'extrémité comprise entre les nœuds 1 et 4 ; nécessité d'une étude de détail.

b) *Etude de détail de l'extrémité*

La figure 5 représente l'état de contraintes de l'extrémité de la poutre soumise au cas de charge III, figure 2.

Sur la figure 6, on peut voir la traduction en « contraintes sur l'ouvrage » de la photographie figure 5.

Nous laissons le soin au lecteur de comparer les efforts théoriques et réels.

Le passage des contraintes du modèle, représentées par la photographie, aux contraintes réelles, s'opère en tenant compte des lois de similitude de Hooke :

$$\sigma_r = \sigma_m \times \frac{P}{p} \times \frac{l}{L} \times \frac{t}{T}$$

où :  $\sigma_r$  = contrainte réelle ;

$\sigma_m$  = contrainte du modèle ; ici : nombre d'isochromatiques  $\times 31,68 \text{ kg/cm}^2$  ;

$\frac{P}{p}$  = échelle des forces ;

$\frac{l}{L}$  = échelle des longueurs (ici 1 : 20) ;

$\frac{t}{T}$  = échelle des épaisseurs (ici 1 : 25).

Comme on peut le constater dans la relation de passage ci-dessus, le chiffre de contraction  $\mu = 1/m$  ( $m$  chiffre de Poisson) ne figure pas. Dans le cas qui nous occupe, l'état de contrainte du modèle et de la pièce réelle est indépendant des constantes élastiques des matériaux employés<sup>1</sup>.

Comme on le voit sur les figures 4 et 5, l'état de contraintes de l'extrémité de la poutre est complexe ; les efforts de flexion produits par l'« effet de cadre » sont importants et peuvent conduire par exemple à des tractions sur la membrure supérieure ; enfin les angles vifs, surtout au droit de la coupe 4-4, conduisent à d'importantes concentrations d'efforts.

Cette étude, bien qu'appliquée à un cas particulier, montre que le dernier évidement de la poutre, côté appui, est néfaste au comportement général de celle-ci.

Dans une deuxième série d'essais, nous avons recherché le comportement d'une poutre corrigée dans le sens des remarques précédentes (fig. 7).

<sup>1</sup> La justification détaillée de cette loi et son application peuvent être consultées dans la littérature technique, par exemple MÖNCH E. : « Die Aehnlichkeits- und Modellgesetze bei spannungsoptischen Versuchen », Z. angew. Phys., Bd. 1 (1949).

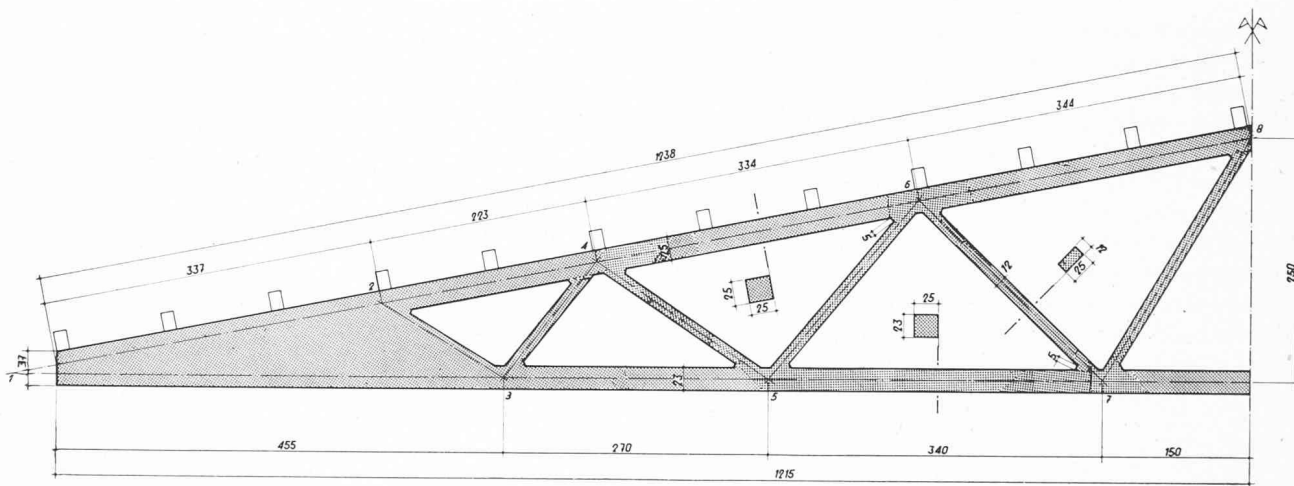


Fig. 7. — Dimensions géométriques de l'ouvrage.

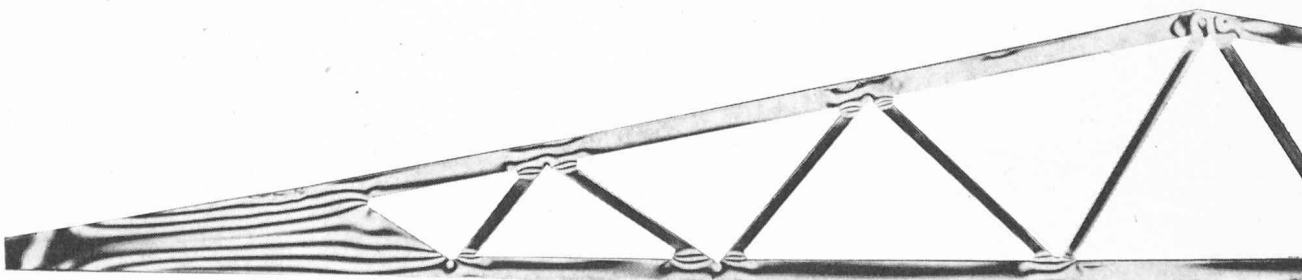


Fig. 8. — Modèle  $M_1$  : lignes isochromes. ( $\sigma_1 - \sigma_2 = \text{cte}$ ). Cas de charge I fig. 2.



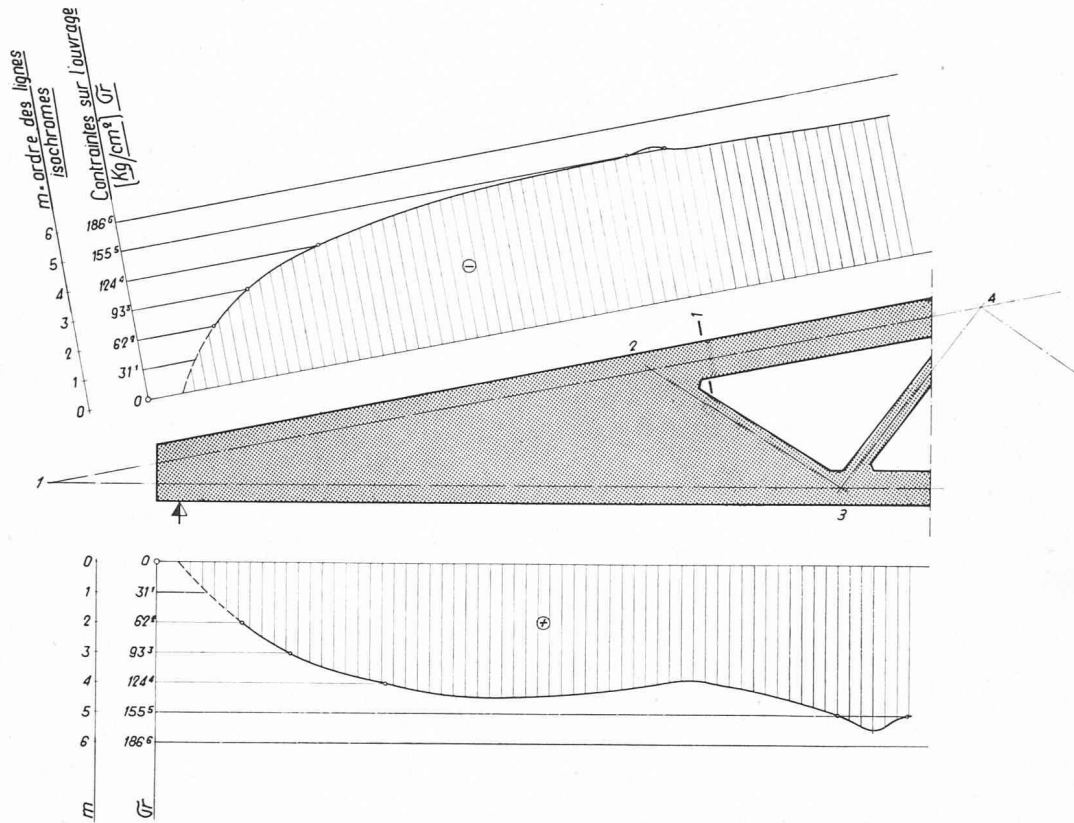


Fig. 9. — Modèle  $M_2$ . Cas de charge III fig. 2. Contraintes sur l'ouvrage.

Signalons, pour terminer, qu'une série d'essais a montré que la mise en précontrainte totale du tirant peut avoir lieu avant le montage et la mise en charge de la poutre.

En effet, pour ce cas de charge, la membrure inférieure subit une compression simple, les diagonales sont sans efforts et la partie supérieure de la membrure supérieure un léger effort de traction (ordre de grandeur : pour le cas étudié et pour une force de précontrainte de 100 t env. + 40 kg/cm<sup>2</sup>).

L'armature de construction est généralement suffisante pour absorber cette traction.

La figure 8 représente le comportement de toute la pièce soumise au cas de charge I, figure 2. Il est à remarquer que cette fois le comportement de l'ensemble de la pièce (sauf la partie pleine de l'extrémité) est bien traduit par le calcul classique.

La figure 9 représente l'état de contraintes de l'extrémité de la poutre et la figure 10 indique le réseau des lignes isostatiques ou trajectoires des contraintes principales. Cette dernière figure permet en particulier de constater la distribution harmonieuse et logique des efforts de traction et compression provenant du tirant et de la membrure supérieure.

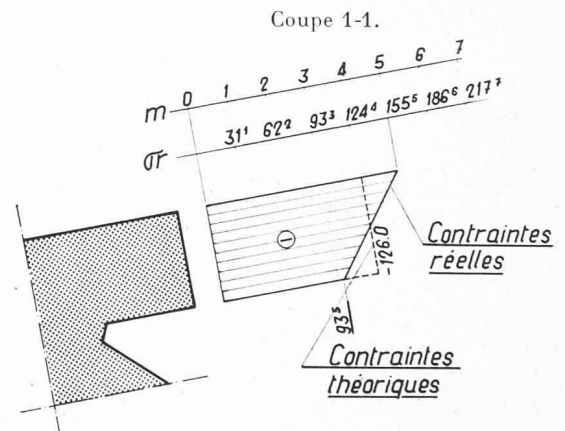


Fig. 10. — Lignes isostatiques.

— compressions  
- - - tractions

