

Zeitschrift: IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen

Band: 6 (1970)

Artikel: Mesures de température et de déformations sur un pont bâti en encorbellement

Autor: Crespo, Antonio / Croci, Giorgio / Morabito, Giovanni

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-7767>

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: 28.01.2026

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

Mesures de température et de déformations sur un pont bâti en encorbellement

Temperatur- und Verformungsmessungen an einer im Freivorbau erstellten Brücke

Temperature and Deformation Measurements in a Cantilever Constructed Bridge

ANTONIO CRESPO
Centro sperimentale ANAS

GIORGIO CROCI
Istituto di Scienza delle Costruzioni
Università di Roma

GIOVANNI MORABITO
Università di Roma

UMBERTO PERINETTI
Direttore ufficio tecnico ANAS

ALESSANDRO SAMUELLI FERRETTI
Istituto di Scienza delle Costruzioni
Università di Roma

Italia

Introduction

Le pont est réalisé par une poutre continue sur quatre appuis, avec portée de 45 m, 90 m, 45 m. La section varie entre 5, 10 m de hauteur sur les appuis intermédiaires, et 1,80 m sur les appuis latéraux et au milieu (*)

Il n'y a pas de poutres transversales, autre que sur les appuis; la section est en caisson, avec quatre nervures longitudinales.

La construction se fait en encorbellement; comme les appuis sur les piles sont réalisés au moyen de rotules, on a placé un appui supplémentaire en acier à 5 m de distance de l'axe de l'appui sur pile, pour avoir les deux appuis nécessaires pour la construction, avant que la travée ait trouvé son support définitif sur l'appui latéral.

Le système de précontrainte est réalisé par des câbles de 1/2" de diamètre, système Freyssinet.

A la fin du mois de Juillet on avait achévé la première moitié de l'ouvrage, et on est maintenant en train de partir de l'autre côté du fleuve (Fig. 1).

La deuxième moitié de l'ouvrage va être betonnée et précontrainte suivant

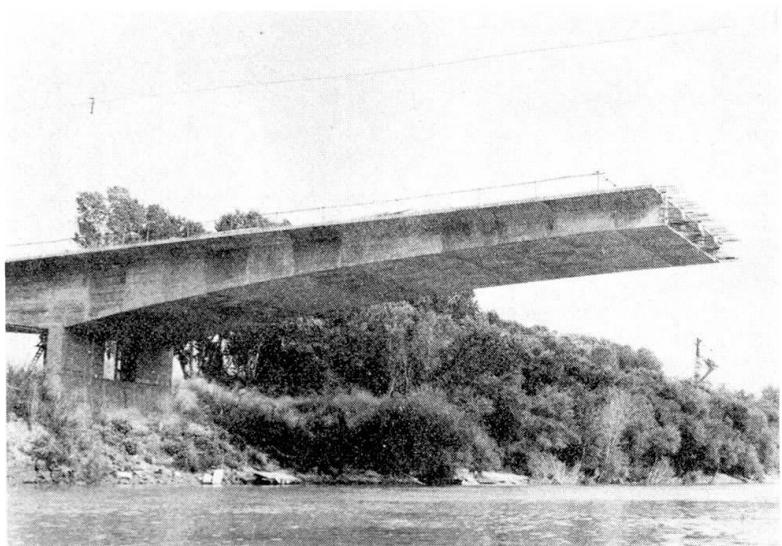


Fig. 1

(*) Le pont est sur le Tibre à 30 km environ au nord de Rome et est actuellement en construction de part de l'entreprise Baldelli.

la même succession; le dernier voussoir va être collé en correspondance de la clé du pont à l'aide d'une résine époxy à fin de permettre une précontrainte rapide et de éviter que les mouvements thermiques relatifs des deux consoles puissent endommager un béton frais.

Programme de recherches

On a pour but de contribuer à la détermination expérimentale des paramètres suivants, nécessaires au calcul et à l'étude du comportement de structures de ce type:

- 1) rétrécissement local du béton dans l'ouvrage dans des conditions de température et humidité relatives variables mais connues;
- 2) fluage local du béton dû aux contraintes;
- 3) déplacements verticaux (flèches) conséquent aux effets de l'élasticité, du rétrécissement, du fluage, de la relaxation et de la température;
- 4) distribution et variation de la température à l'intérieur de l'ouvrage;
- 5) frottement dans les câbles.

Appareillage de mesure

Pour les mesures de déformation unitaire, on a renoncé à l'emploi de strain gages électriques, puisque les mesures doivent se prolonger deux ans au minimum et la stabilité du zéro ne peut pas être assurée, notamment dans les défavorables conditions ambientales sur un ouvrage, hors du laboratoire.

On a ainsi préféré l'emploi d'une jauge mécanique de déformation, le Tensotast de Huggenberger, qui, en bonnes conditions peut assurer la mesure avec des erreurs qui ne dépassent pas les 5 millièmes de millimètre.

Puisque la grandeur des déformations locales à mesurer est de 100 à 1000 millièmes environ, et la base de mesure est de 100 mm au maximum (100 mm avec rallonge) on a préparé des rallonges en fer galvanisé fixées au béton; comme on voit à la figure 2: la mesure se fait entre deux repères dont l'un est fixé au béton et l'autre se trouve à l'extrémité d'une barre solidaire avec l'autre extrémité; la con-

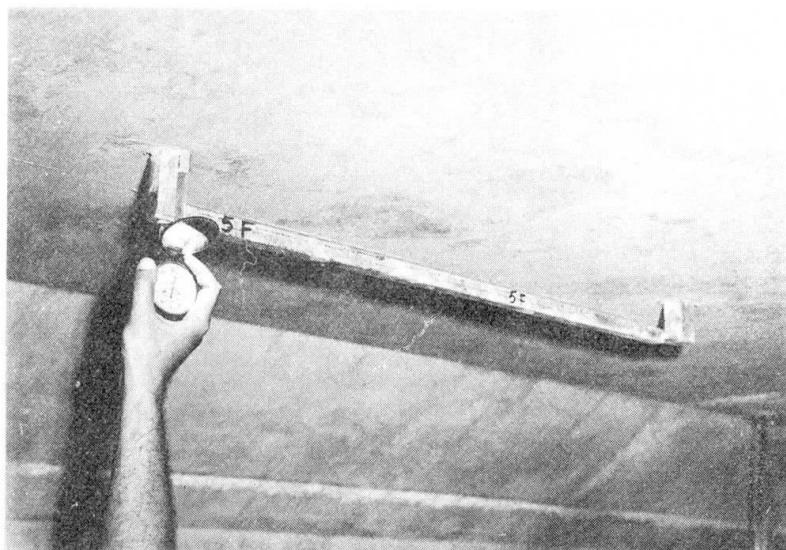


Fig. 2

nection entre les deux parties est réalisée par un ressort laminaire en acier dur.

La base de mesure ainsi réalisée est de 1 m de longueur; on a la précision voulue, aussi bien que l'avantage de lire des informations en mm/m .

Evidemment il y a un certain effet de température, puisque la barre suit le changement plus rapidement que le béton; on a vu que cet effet est suffisamment petit.

Avec ces instruments, qui ont été perfectionnés avec des essais préliminaires en laboratoire, avec de très bons résultats, on mesure les grandeurs relatives aux points 1) et 2) ci-dessus.

Pour les mesures des flèches verticales on a employé deux techniques différentes, se contrôlant l'une l'autre.

La première, couramment employée dans les essais de ce type, est celle du nivelllement de précision, soit sur l'extrados du tablier, par stade en invar, soit à l'intrados avec appuis fixe de l'instrument optique, et repères fixés à la semelle du tablier.

Avec ces mesures on a deux désavantages:

- on doit employer deux opérateurs, pendant plusieurs heures chaque fois;
- dans le temps qui est nécessaire à compléter un nivelllement, on a vu que la déformation due aux changements de température peut atteindre plusieurs millimètres, surtout par beau temps, en plein soleil; de cette façon on perd une grande partie de la précision de mesure.

La deuxième technique a été mise au point express pour cette recherche et pourtant a elle même un certain intérêt expérimental.

On emploie des vases communicants à mercure (Fig. 3) dont le niveau est observé soit à l'aide d'un jauge mécanique à centième de millimètre, soit à l'aide d'un instrument électrique à induction, qui commande par l'intermédiaire d'un amplificateur, un enregistreur à plusieurs canaux.

On a choisi d'employer un double système de mesure afin de contrôler, pendant la longue période des mesures, la dérive du zéro instrumental du système électrique, qui, quoique réduite dans les instruments de ce type, ne peut pas être considérée comme négligeable.

Le palpeur du jauge mécanique est abaissé à la main sur une plaque en perspex, flottante sur le mercure; on est sûr d'avertir le point de contact avec une erreur qui ne dépasse pas les 3-4 centièmes de millimètre, comme on a contrôlé préalablement en laboratoire.

La communication entre les différentes vases est réalisée par un tuyau en polyéthylène de 4 mm de diamètre interne, suspendu à la paroi d'une des nervures de l'ouvrage.

La mesure mécanique se fait en plaçant le jauge, à fur et à mesure sur les différentes vases; la position du zéro du jauge est contrôlée par des repères solidaux avec la paroi de l'ouvrage.

Une des vases est placé sur la pile, et l'on rapporte au niveau de celle ci, les mesures effectuées aux autres endroits.

La mesure de la température est obtenue à l'aide de thermocouples, et d'un enregistreur multiple.

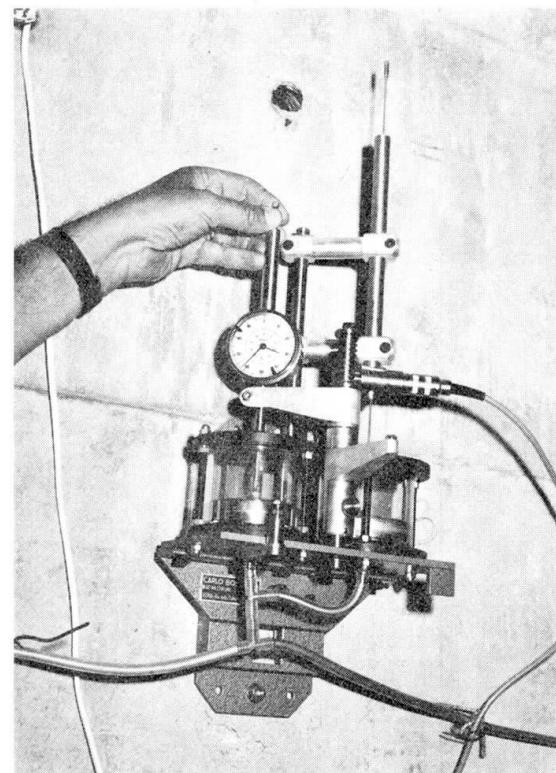


Fig. 3

Les thermo couples sont placées à l'intérieur du béton à trois centimètres environ des surfaces.

On mesure aussi l'humidité et la température de l'air à l'intérieur des caissons.

Les pertes de tension dans les câbles, lors de la précontrainte initiale, ont été mesurées à l'aide de dynamomètres placés entre la poutre en béton et le verin aux deux extrémités des câbles.

Les dynamomètres ont été enlevés après mesure, et on a précontraint à nouveau les câbles.

La figure 4 représente le schéma du pont et la distribution des instruments.

Prémiers résultats

Dans les diagrammes qui suivent sont consignés des exemples des premiers résultats, obtenus depuis le commencement du bétonnage (janvier) jusqu'à l'achèvement de la première moitié de l'ouvrage (juillet).

La distribution des températures à l'intérieur du béton, mesurée pendant un mois dans plusieurs endroits de la même section, est bien loin de la linearité sur la hauteur de la section; de ce qu'on peut conclure que les variations journalières de la température provoquent des contraintes non négligeables même dans des structures statiquement déterminées.

Les déplacements verticaux (flèches), pendant la construction, ont suivi suffisamment de près les valeurs théoriques de calcul; il y a quelques différences, que puissent s'expliquer, en partie, par le fait que les temps d'exécution ont subi des retards par respect à ceux prévus dans le projet.

De cela suit que les déformations visqueuses et de rétrait ont eu lieu pendant une plus longue durée; d'autre part, le béton était moyennement plus durci de ce qu'on avait prévu.

Les deux effets ne se compensent qu'en partie.

Les déformations locales de rétrait et fluage, compte tenu de celles élastiques, ont été généralement plus grandes de celle de calcul (de 20-25% environ).

Le fluage et le rétrait ont été calculés selon les recommandations du C.E.B. respectivement avec un coefficient $\varphi_s = 1,8$ et $\xi_s = 3 \cdot 10^{-4}$.

Dans le diagramme 6 est consigné la variation des déplacements verticaux, enregistrée dans les deux jours plus chauds de la saison courante (5 et 6 août).

De ce diagramme on observe la grande valeur absolue de la déformation thermique journalière.

Les températures dans la section, qui étaient presque uniformes ($25^\circ C$ environ) au lever du soleil ont enregistré une valeur maximum de $42,5^\circ C$ à l'extrados du tablier, à 16,30 heures.

A la même heure, la température de l'air à l'intérieur du caisson était de $31^\circ C$.

Le bulletin météo donnait $37^\circ C$ de température maximum à Rome.

A 16^h15 la configuration déformée du pont était celle indiquée, avec une flèche de 42 mm à l'extrémité de la console.

Une telle flèche serait provoquée par une charge de 35 tonnes, concentrée à l'extrémité de la console.

De tout cela peut on déduire que, spécialement dans une structure hyperstatique, telle que va devenir la poutre une fois achevée, les contraintes dues à la variation journalière de température le long de l'hauteur de la poutre sont assez importantes.

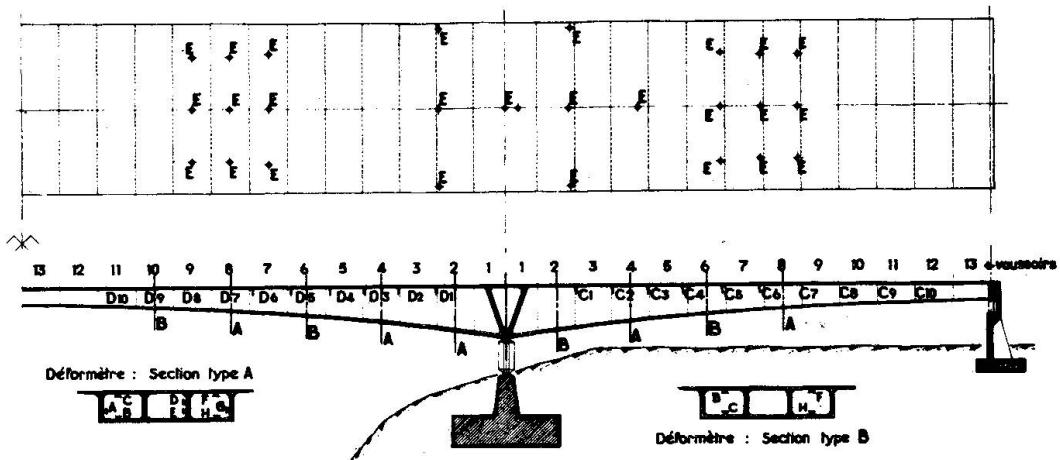


Fig. 4 – Bases de mesure du nivellement optique et schéma des bases pour déformomètre

C – stade pour nivellement à l'intérieur côté rive
 D – – – – stade pour nivellement à l'extérieur côté fleuve
 E – base pour nivellement sur le tablier

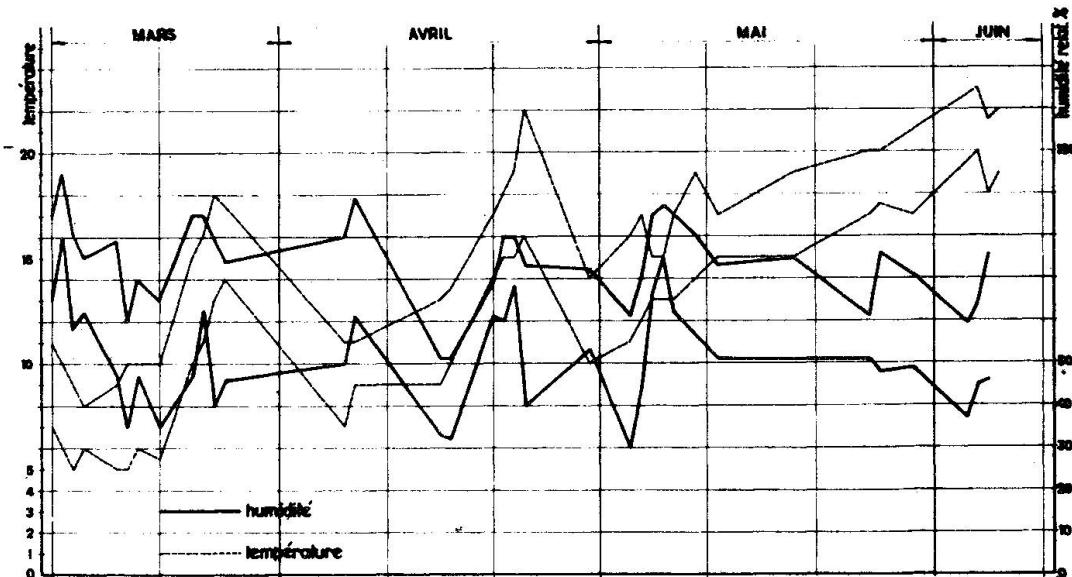


Fig. 5 – Température et humidité relative maxima et minima journalières de l'air à l'intérieur de l'ouvrage

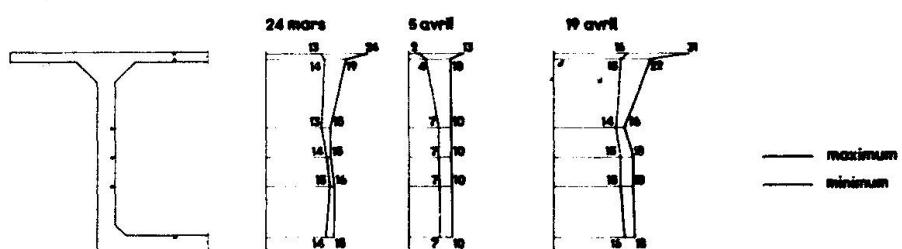
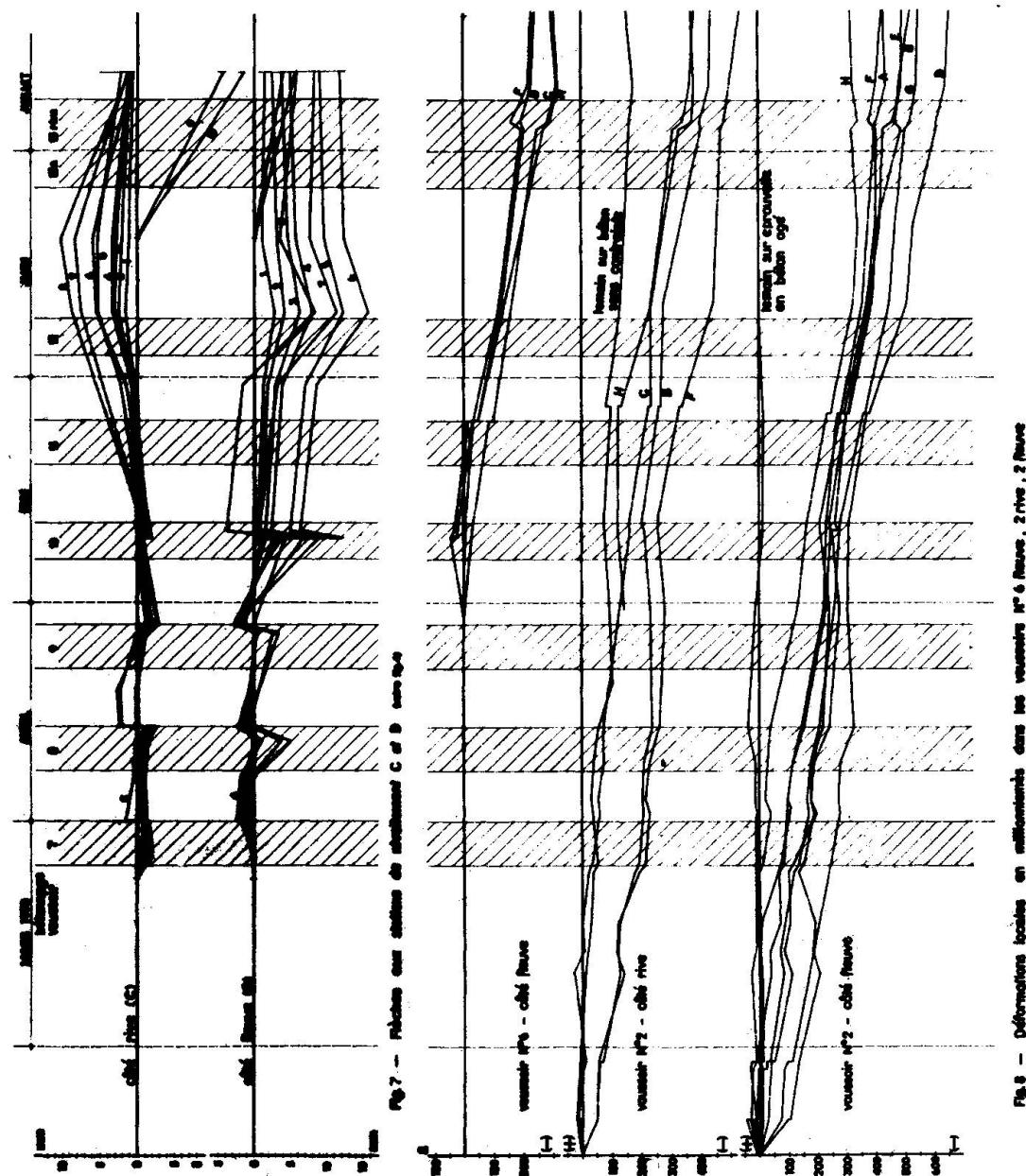


Fig. 6 – Températures maxima et minima dans un jour, à l'intérieur du béton



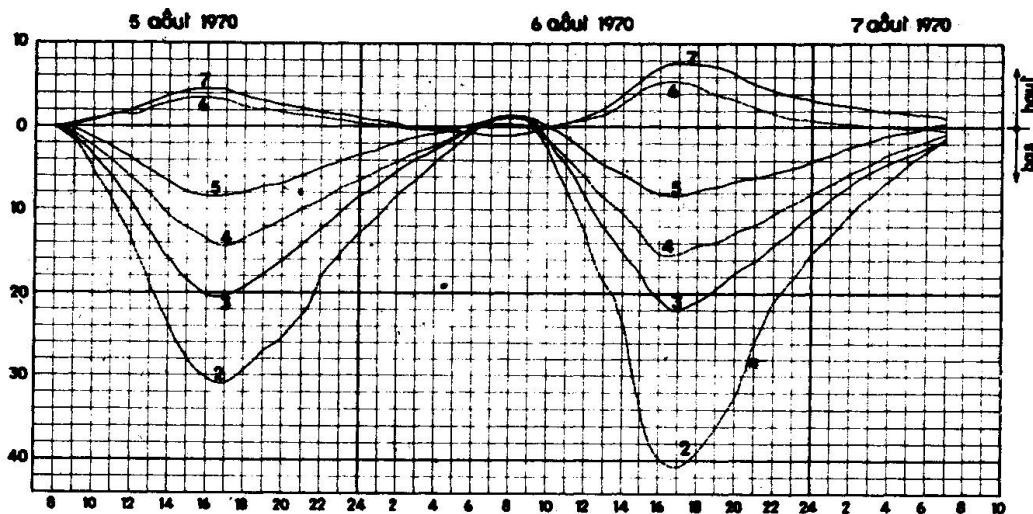


Fig. 9 – Flèches dues à la température les jours 5, 6 et 7 août 1970, enregistrées avec nivelles à mercure. (voir Fig.11)

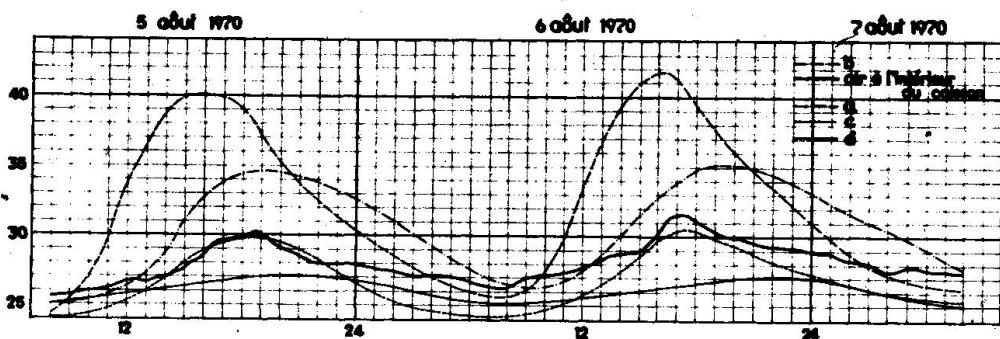
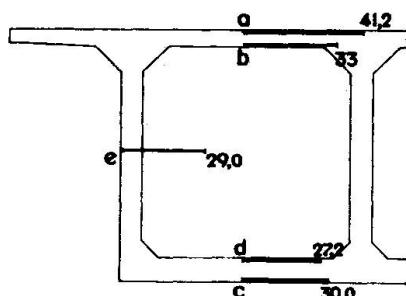


Fig. 10 – Températures à l'intérieur du béton les jours 5, 6 et 7 août (voir Fig.11)



– Distribution de la température
Fig.11 à 16^h15 du 6 août

– Disposition des nivelles à mercure et flèches
dues à la température (à 16^h15 du 6 août)

Les mesures de tension dans les câbles ont montré des pertes par frottement très élevées, dues surtout aux irrégularités de mise en oeuvre, conséquentes au système de construction; on a mesuré les valeurs suivantes:

- Câble longeur 74 m, tangente finale 5° : les pertes par frottement au milieu sont 17% respect au valeur de mise en tension;
- Câble longeur 90 m, tangente finale 0° : les pertes sont 19%;
- Câble longeur 90 m, tangente finale 7° : les pertes sont 25%.

RESUME

On a mesuré les déformations unitaires, les déplacements verticaux, les températures à l'intérieur du béton pendant les premiers six mois de construction d'un pont en béton précontraint, sur le schéma de poutre continue à trois travées, bâti en encorbellement. Les déformations unitaires dues au rétrait et au fluage sont un peu plus grandes que celles prévues. On a remarqué la grande sensibilité de la structure aux distributions non uniformes de la température sur la hauteur de la section.

On décrit l'appareillage qui a été étudié pour ces mesures.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden die Dehnungen, die vertikalen Verschiebungen und die Temperaturen im Beton während der ersten sechs Monate nach Fertigstellung einer im Freivorbau erstellten Spannbetonbrücke mit drei Feldweiten gemessen. Die Dehnungen, die durch das Kriechen und Schwinden verursacht werden, waren etwas höher als vorgesehen. Es wurde eine bedeutende Empfindlichkeit gegenüber nicht gleichmässigen Temperaturänderungen über den Querschnitt festgestellt.

Es werden im einzelnen die eigens für diese Forschungen entwickelten Instrumente beschrieben.

SUMMARY

Measurements of strain, temperature and vertical deflection were carried out for six months after the construction of a three span, prestressed concrete, cantilever constructed bridge. Strains resulting from creep and shrinkage of the concrete were slightly larger than the design values. The measurements were found to be particularly sensitive to non-uniform variations in temperature over the cross section.

Details of the special instrumentation are given.