

# Déformations lentes du béton observées au viaduc de Lessart

Autor(en): **Carpenter, L.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht**

Band (Jahr): **5 (1956)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-6078>

## **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.

# I a 1

**Déformations lentes du béton observées au viaduc de Lessart**

**Slow deformations of concrete observed on the Lessart viaduct**

**Langsame Formänderungen des Betons am Viadukt von Lessart**

**Deformações lentas do betão observadas no viaduto de Lessart**

L. CARPENTIER

*Chef de la Division Centrale des Ouvrages d'Art de la S. N. C. F.  
Paris*

Le Viaduc de LESSART, par lequel la voie ferrée Lison-Lamballe franchit la Rance, près de Dinan (Côtes du Nord) a été reconstruit en 1950. Le tablier métallique de 96 m de portée, qui constituait la travée principale du viaduc, a été remplacé par une arche en béton non armé, de 87,70 m d'ouverture à tympan élargis par voûtes en maçonnerie, du type SÉJOURNÉ <sup>(1)</sup> (fig. 1).

L'importance de cette arche qui constitue, croyons-nous, le record du monde des ponts de ce type sous voie ferrée normale (béton non armé ou maçonnerie) a conduit la SNCF à effectuer pendant la construction un certain nombre de mesures destinées à étayer les hypothèses de calcul et à entreprendre des observations sur les déformations lentes du béton, observations poursuivies régulièrement dans le temps.

La présente note donne les résultats relevés depuis six ans.

## **I. Description sommaire de l'arche principale du pont de Lessart**

### *a) Caractéristiques de l'ouvrage*

L'arche principale, de 29,36 m de montée et de 87,74 m de portée théorique (surbaissement 1/2,9) comporte un arc encastré à inertie variable, maximum aux naissances. Sa section varie de 2,00 m de hauteur et 5,40 m de largeur à la clef à 3,80 m de hauteur et 7,40 m de largeur à l'encastrement (fig. 2).

---

<sup>(1)</sup> Les détails concernant cette reconstruction ont fait l'objet d'un article de l'auteur paru dans la revue TRAVAUX d'Octobre 1951.

L'arc supporte la voie par l'intermédiaire de 6 voûtes en plein cintre, de 7,65 m d'ouverture, disposées de part et d'autre de la clef et par des tympanes pleins sur 36 m environ de longueur au centre de l'arche.

Le corps des tympanes et des voûtes, comme celui des pilettes qui les supportent, est en maçonnerie de béton, parementée en granit de même nature que celui des viaducs d'accès.

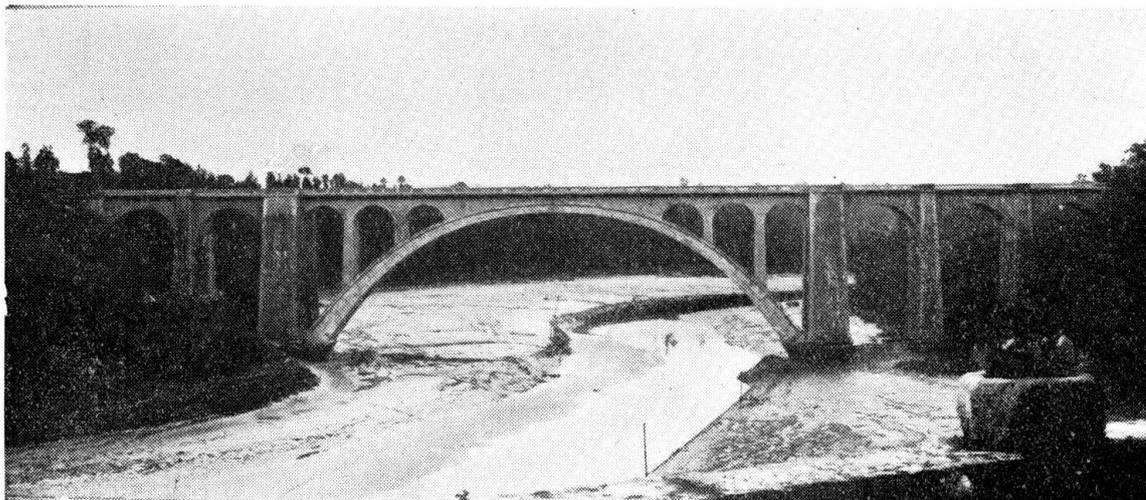


FIG. 1

Le couronnement de l'ouvrage est constitué par un encorbellement en béton armé, dégagant une largeur de 6,00 m entre garde-corps.

Les dispositions de détail des voûtes (écoulements d'eau, remplissage entre tympanes, etc.) sont celles des ouvrages-types en maçonnerie de la SNCF.

#### b) *Exécution de l'ouvrage*

Pour permettre l'allègement maximum du cintre, l'arc a été coulé en 3 rouleaux de 1,00 m d'épaisseur moyenne. En outre, chacun d'eux a été exécuté en 32 voussoirs indépendants de 2,00 m de longueur dans un ordre convenable pour éviter les efforts excessifs dans le cintre où dans les rouleaux déjà coulés. Des joints secs ont été ménagés pour limiter les efforts du retrait et matés successivement au mortier après achèvement de chacun des rouleaux de manière à les rendre porteurs. Le joint de clef, dans l'épaisseur totale des trois rouleaux, fut toutefois réservé et calé provisoirement en vue du décintrement et du réglage de l'arc.

Ces dernières opérations, réalisées le 27 décembre 1949, furent effectuées à l'aide de vérins disposés dans les niches ménagées à cet effet suivant la technique classique inaugurée par M. FREYSSINET au pont de VILLENEUVE-sur-LOT en 1914.

Après ces opérations, le joint de clé fut à son tour maté au mortier sec, et la construction achevée par celle des pilettes, voûtes d'élégissement et encorbellements en béton armé.

II. Mesures effectuées

Les déformations du béton de l'arc sont suivies à l'aide de 14 témoins Coyne de 19 cm de longueur, noyés au moment du coulage dans trois sections de l'arc (naissances, reins et clef) (fig. 3).

Un témoin a été fixé aux environs de la fibre inférieure et supérieure de chaque rouleau de manière à pouvoir déterminer la rotation de la

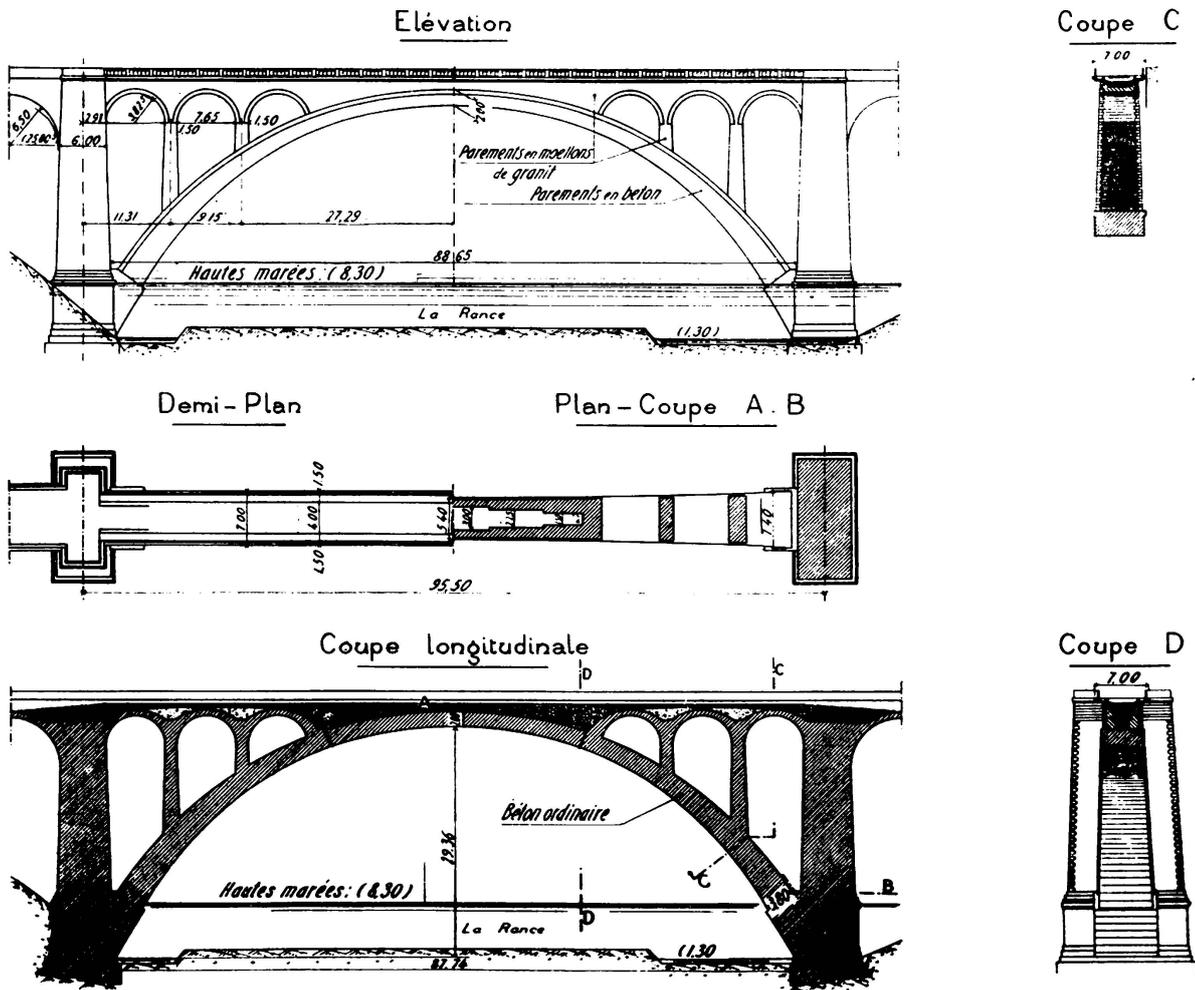


FIG. 2

section considérée. Un seul témoin a toutefois été posé dans le 3<sup>ème</sup> rouleau de chacune des sections et dans le 2<sup>ème</sup> rouleau de la section de clef en raison de la faible épaisseur de ces rouleaux.

Parallèlement, 2 autres extensomètres Coyne ont été noyés dans des blocs témoins coulés en même temps que le béton du 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> rouleau

de l'arc et de dimensions analogues à celles d'un voussoir ( $2,00 \times 1,00 \times 1,00$  et  $2,00 \times 1,00 \times 0,80$ ) pour suivre la déformation propre du béton non chargé (fig. 4).

En outre, on a noté pendant une année environ les variations de longueur des blocs ainsi que les modifications hygrométriques de l'atmos-

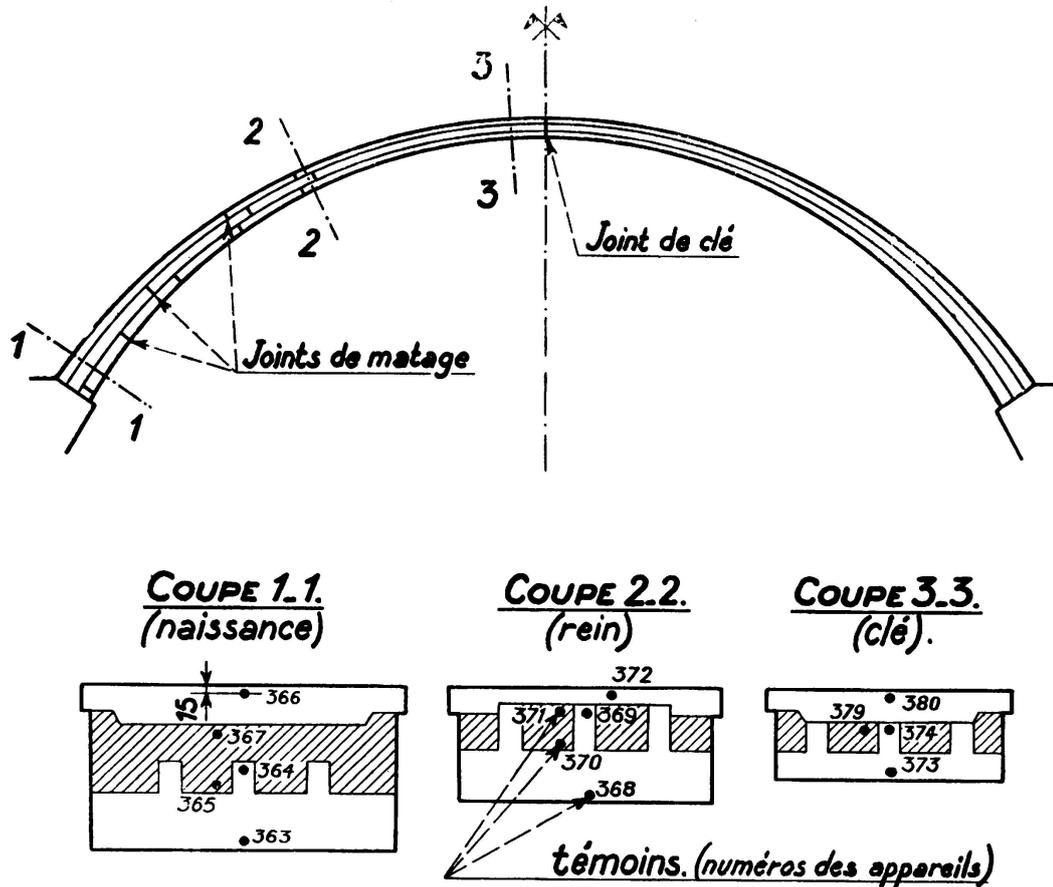


FIG. 3. Emplacements des appareils Coyne

phère, les variations de température, et la hauteur d'eau tombée de manière à rapprocher ces observations de celles faites sur les blocs et sur l'arc.

Depuis 1950, seuls les relevés des extensomètres sont poursuivis tous les 6 mois.

### III. Résultats des mesures

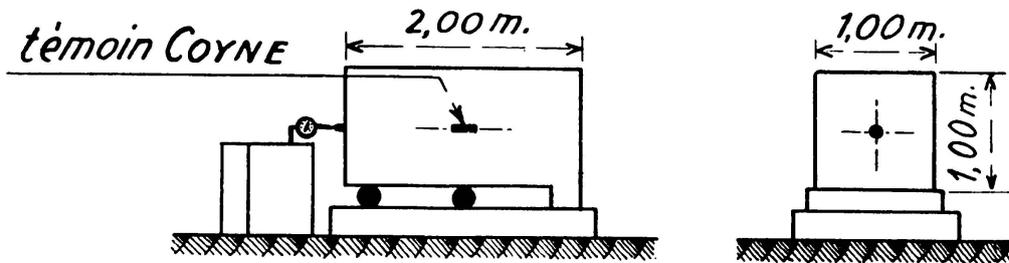
#### a) Déformations des blocs témoins

Comme il a été dit, les déformations des 2 blocs témoins ont été déterminées par la mesure au comparateur des variations de longueur de chaque bloc et par les indications données par le témoin Coyne noyé dans le centre des blocs.

1.°) *Mesures aux comparateurs*: Les mesures aux comparateurs ont été relevées dès qu'il a été possible de décoffrer les blocs, soit 10 heures après coulage pour le premier (température extérieure: 24°) et 24 heures après coulage pour le deuxième (température extérieure: 14.°). D'après les observations faites aux témoins Coyne, ces mesures ont eu lieu au moment où les blocs avaient atteint leur maximum de température intérieure (16° en dessus de la température extérieure). Les premières lectures, effectuées toutes les 3 heures, ont donc compris à la fois le raccourcissement thermique correspondant au retour des blocs à la température ambiante et l'influence du retrait.

Après dissipation de la chaleur de prise, les lectures ont été espacées et faites tous les mois, en même temps que l'on procédait au relevé des

BLOC I: *Coulé après exécution de la moitié du 1<sup>er</sup> rouleau.*



BLOC II: *Coulé après exécution de la moitié du 2<sup>eme</sup> rouleau*

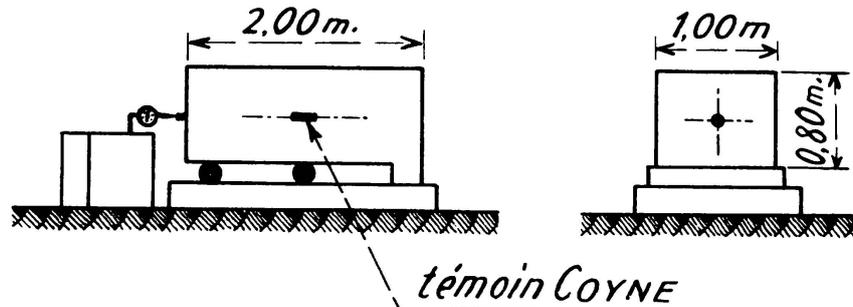


FIG. 4. Blocs témoins

indications des témoins Coyne. Elles ont dû toutefois être abandonnées au bout d'un an environ à la suite de la détérioration des appareils exposés aux intempéries.

La fig. 5 donne les résultats obtenus jusqu'au 19-6-50 (date de la mise en service de l'ouvrage). La courbe (trait pointillé, donne les lectures brutes. La courbe (trait plein) en a été déduite en les corrigeant de l'effet théorique des variations de température extérieure entre deux relevés successifs.

Sauf dans les toutes premières heures ayant suivi le coulage, la courbe en trait plein correspond donc sensiblement au retrait proprement dit.

Le raccourcissement relevé sur l'un et l'autre bloc atteint dans un délai extrêmement court (3 ou 4 jours) une valeur importante: 2,5/10 mm p. m. pour le bloc I, 1,7/10 mm p. m. pour le bloc II. Bien que le coefficient de dilatation du béton dans les premiers jours soit mal connu,

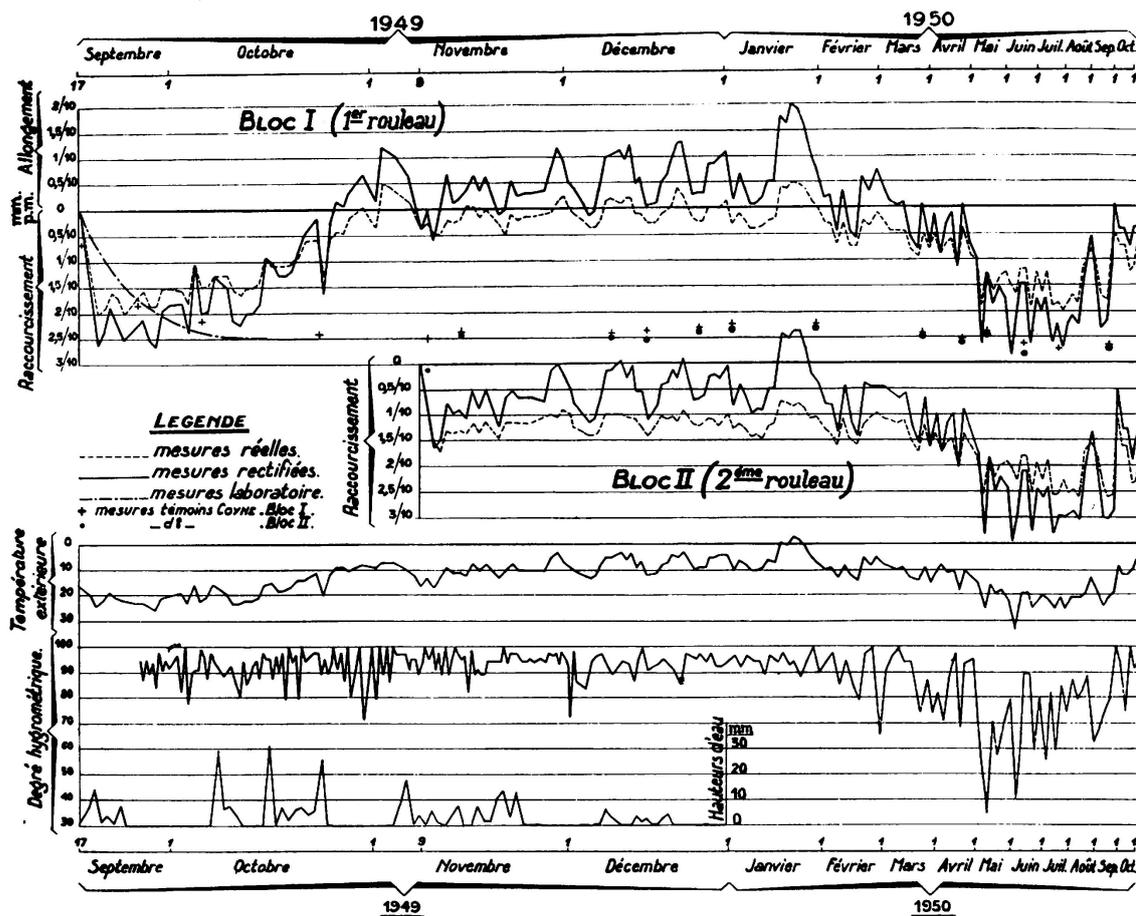


FIG. 5

on peut penser que le raccourcissement thermique est à lui seul de 1,3 à 1,5/10 mm. Il est donc supérieur à l'effet du retrait proprement dit.

Le comportement ultérieur de chacun des deux blocs est très comparable: le bloc I, coulé en Septembre, a subi, après raccourcissement initial, un allongement lui restituant sa longueur primitive et se traduisant même, au début Novembre, par un allongement absolu. La longueur du bloc subit ensuite des variations assez rapides, dont l'amplitude mensuelle atteint 2/10 mm p. m., pour reprendre approximativement au bout d'une année la valeur notée quelques jours après le coulage.

Les déformations du bloc II ont présenté le même caractère, mis à part le raccourcissement correspondant au retour à la température

ambiante après coulage. Dans la période de coexistence des blocs les courbes relevées sont presque superposables.

L'allure générale de la courbe de retrait des blocs épouse celle de la température, les raccourcissements maxima correspondant aux températures les plus hautes et vice versa. Il y donc *compensation au moins partielle des effets de la dilatation thermique et du retrait*, phénomène déjà signalé par M. FREYSSINET à la suite des expériences de Plougastel.

D'autre part, la courbe de retrait suit assez fidèlement les variations du degré hygrométrique de l'air, les raccourcissements correspondant à un abaissement du degré hygrométrique et vice versa. L'allongement de 3,5/10 mm p. m. d'amplitude totale ayant suivi le retrait initial de 2,5/10 mm p. m. du bloc I correspond vraisemblablement à l'influence de la période pluvieuse d'Octobre ayant maintenu pratiquement le bloc sous un film d'eau pendant plus d'un mois.

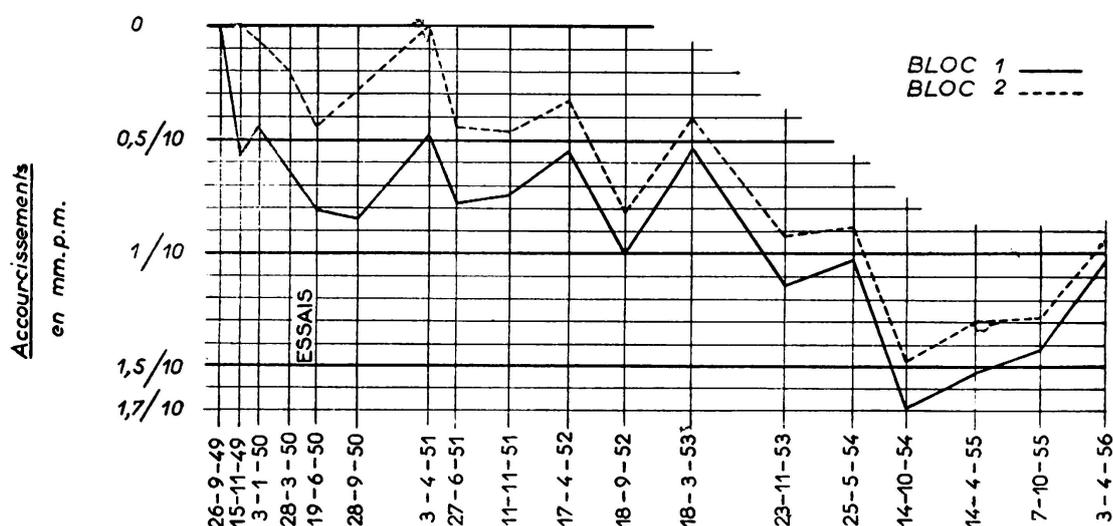


FIG. 6. Retrait des blocs témoins depuis le coulage (1949-1956)  
Mesures effectuées avec les appareils Coyne

2°) *Mesures aux extensomètres Coyne*: Les indications fournies par les appareils Coyne placés au milieu de chaque bloc sont plus surprenantes. Dans le bloc I, l'appareil Coyne a indiqué dès les premiers jours un retrait de 2 à 2,5/10 mm p. m. Dans le bloc II, c'est au contraire un allongement de 0,5/10 mm p. m. qu'il enregistre.

Ces divergences sont vraisemblablement dues à l'effet des chocs au coulage et à l'élévation de température du béton *mou* qui créent autant de déformations non réversibles des appareils.

On remarquera seulement que, sous cette réserve, les variations des Coyne sont pratiquement les mêmes dans la période de coexistence des blocs. En raison de la masse du béton et, contrairement à ce qui se passe pour les mesures de longueurs des blocs, les indications des Coyne sont *très peu* influencées par l'état hygrométrique ou la température extérieure. Elles affirment ainsi la présence de tensions impor-

tantes à l'intérieur de la masse par suite du gradient de déformation produit.

Les mesures faites depuis six ans montrent que le retrait continue à augmenter sans paraître prendre une allure asymptotique (fig. 6).

Rapportées à une date à laquelle on peut supposer que les phénomènes de prise et de retraction thermique avaient cessé de se manifester (8 à 10 jours après coulage pour chaque bloc) les déformations totales

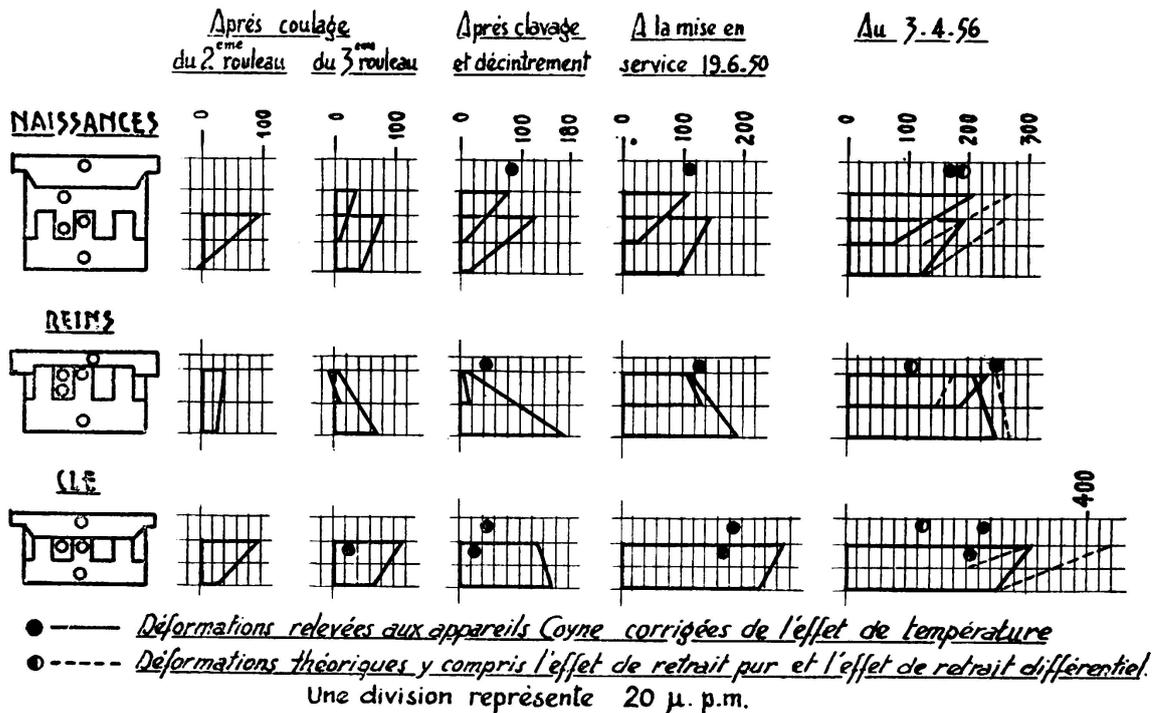


FIG. 7. Déformations des sections de l'arc

mesurées ont atteint au maximum 1,7/10 mm p. m. pour le 1<sup>er</sup> bloc et 1,5/10 mm p. m. pour le second.

Ces résultats confirment ainsi, dans l'ensemble, les connaissances habituelles sur le retrait.

#### b) Mesures des déformations dans l'arc

Les mesures ont été faites au fur et à mesure de l'avancement des travaux pour déterminer tout d'abord l'influence des diverses opérations successives de la construction. Elles ont été suivies par des observations régulières depuis l'achèvement de la construction pour relever les modifications de l'état initial.

L'examen des premières mesures ne rentre pas dans le cadre de la présente communication; elles ont été analysées en détail dans la revue «TRAVAUX» citée ci-dessus; sous les efforts *bien définis* (décintrement, réglage, surcharges) les observations correspondent de manière satisfaisante aux prévisions.

La figure 7 donne les déformations relevées aux étapes les plus importantes de la construction.

Deux constatations essentielles s'imposent :

- 1) Le diagramme des déformations en dents de scie, observé sur chacune des sections et conséquence du coulage par rouleaux est bien accusé par les appareils.
- 2) Les pointes de déformation ne «s'émousent» pas avec le temps comme il est habituel de le dire. Au bout de six ans les diagrammes conservent sensiblement la même forme.

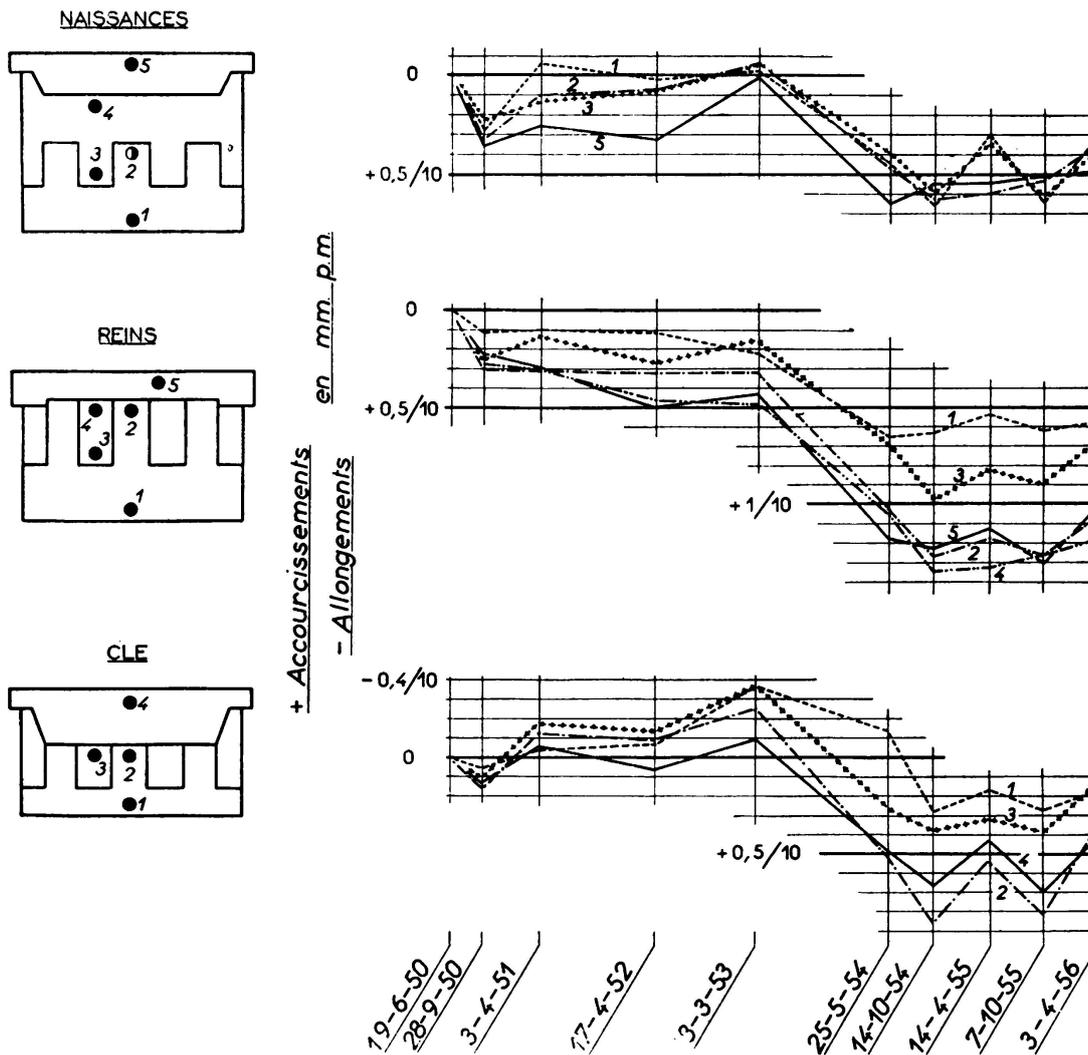


FIG. 8. Variations des déformations relevées aux appareils Coyne depuis la mise en service

Des «adaptations» sont possibles et sans doute probables mais seulement lorsque les contraintes atteignent dans le béton des valeurs beaucoup plus élevées que celles supportées sous les seules charges permanente ou de service.

Sur la fig. 8 l'on a porté pour chaque section auscultée et sur un même graphique, les déformations depuis la mise en service de manière à obtenir la représentation des effets du retrait et du fluage depuis cette date.

On constate tout d'abord que l'allure des déformations est assez analogue à celle des blocs témoins. On peut ainsi vérifier que la forme générale est imposée par l'effet du retrait.

Si l'on admet que celui-ci a été le même que le retrait moyen des

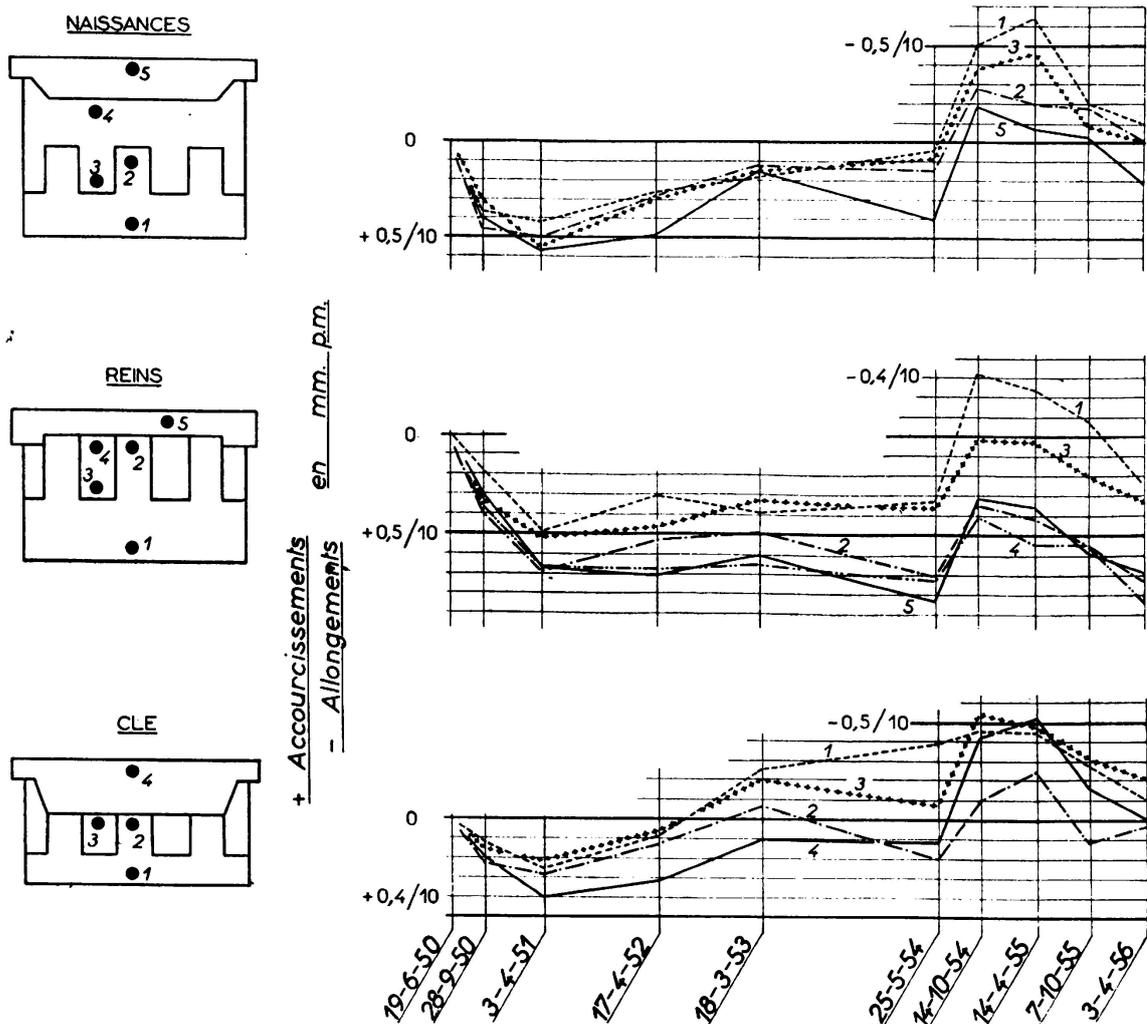


FIG. 9. Fluage depuis la mise en service - Variations des déformations relevées aux appareils Coyne corrigées de l'effet de température et de retrait

blocs témoins il est possible de corriger les courbes de déformation de l'influence de ce retrait.

La figure 9 donne alors les courbes correspondant, en principe, au seul fluage. Tenu compte des précisions des mesures et des hypothèses faites, ces courbes n'accusent pas un phénomène marqué. Les allongements trouvés pendant les années 1954-1955, période d'une pointe de

retrait marquée des blocs témoins, conduiraient à penser que le retrait de l'arc est moindre que celui des blocs.

En tout état de cause, le fluage sous des charges voisines de 50/60 kg/cm<sup>2</sup> apparaît comme faible, le phénomène essentiel étant le retrait.

Ce dernier correspond, d'ailleurs approximativement aux calculs usuels puisqu'il atteint 1/10 mm p. m. environ depuis le clavage de l'arc.

#### RÉSUMÉ

L'auteur rend compte des mesures effectuées sur une arche en béton non armé de 87,70 m d'ouverture en vue de déterminer l'allure des déformations lentes du béton sous les efforts permanents depuis la date de la construction (1950).

Les diagrammes de déformations en dents de scie relevés dans une même section et résultant du coulage par rouleaux conservent la même allure sans «adaptation» apparente entre les pointes de cette section.

La variation des déformations relevées en un même point de l'arc apparaît surtout influencée par le retrait, lui-même fonction étroite des conditions atmosphériques. Les valeurs finales de ce retrait sont de l'ordre de 1,6/10 mm par mètre au bout de cinq ans.

Le fluage sous 50/60 kg/cm<sup>2</sup> de contrainte permanente moyenne dans l'arc n'apparaît pas nettement et y est, en tous cas, peu important.

#### SUMMARY

The author describes the measurements carried out on a 87,70 m. span, non-reinforced concrete arch, in order to determine the form of slow deformations of concrete under permanent loads, since it was constructed (1950).

The «saw-toothed» deformation diagrams recorded along the same cross-section and resulting from the pouring of the concrete by layers, keep the same shape and show no apparent «adaptation» between the different parts of that section.

The variation of the deformations recorded at the same point of the arch seems to be mainly influenced by shrinkage, which in turn is a close function of the atmospheric conditions. The final values of the shrinkage are approximately 1,6/10 mm. per meter after a five years period.

The creep, under 50/60 kg cm<sup>2</sup> mean permanent stress in the arch, does not show very clearly and is of slight importance, in all cases.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Der Verfasser berichtet über die ausgeführten Messungen an einem unarmierten Betongewölbe von 87,7 Spannweite. Die Messungen bezwecken die Bestimmung des Verlaufes des Kriechens des Betons unter den ständigen Lasten seit dem Datum der Erstellung des Bauwerkes (1950).

Die Spannungs-Dehnungs-Diagramme eines bestimmten Ausschnittes ergeben sich nur infolge Verwendung von Walzen sägeförmig. Sie zeigen alle den gleichen Verlauf, ohne irgendwelchen merkbaren «Ausgleich» zwischen zwei Punkten des betrachteten Bereiches.

Die Streuung der gemessenen Deformation in Bezug auf einen einzigen Punkt des Bogens erscheint vor allem durch Schwinden beeinflusst zu werden. Dieses selbst ist wieder direkt abhängig von den atmosphärischen Bedingungen. Die endgültigen höchstens, nach 5 Jahren registrierten Werte des Schwindens betragen  $1,6/10$  mm/m.

Das Kriechen unter einer dauernden Last, die eine mittlere Spannung von  $50-60$  kg/cm<sup>2</sup> ergibt, erscheint nicht plötzlich und ist auf jeden Fall unwichtig.

#### RESUMO

O autor relata as medições que se efectuaram num arco de betão não armado, de 87,70 metros de vão, com o fim de determinar o aspecto das deformações lentas do betão, sob os esforços permanentes a que está sujeito, desde a data em que foi construído (1950).

Os diagramas de deformações em dentes de serra, registados numa mesma secção e resultantes da betonagem por camadas, conservam o mesmo aspecto, sem «adaptação» aparente, entre os pontos dessa secção.

A variação das deformações registadas num mesmo ponto do arco parece ser principalmente influenciada pela contracção que, por sua vez, é função das condições atmosféricas. Os valores finais da contracção são da ordem de  $1,6/10$  mm por metro ao fim de cinco anos.

A fluência sob  $50/60$  kg/cm<sup>2</sup> de tensão permanente média no arco, não aparece nitidamente e é, em todos os casos, de pouca importância.