

# Fissuration et durabilité du béton partiellement précontraint

Autor(en): **Tache, Guy / Trinh, Jacques**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte**

Band (Jahr): **55 (1987)**

PDF erstellt am: **02.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-42726>

## **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.

## Fissuration et durabilité du béton partiellement précontraint

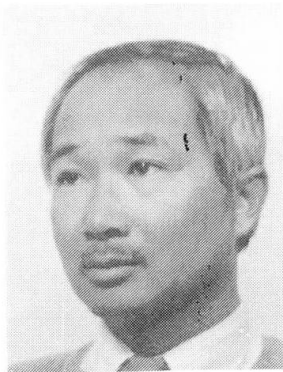
Rissbildung und Dauerhaftigkeit beim teilweise vorgespannten Beton

Cracking and Durability of Partially Prestressed Concrete

**Guy TACHE**  
Ingénieur CNAM  
SCAC CEBTP  
Paris, France



**Jacques TRINH**  
Ingénieur ENPC, Dr. ing.  
SES CEBTP  
Paris, France



### RÉSUMÉ

La question de corrélation de la durabilité des armatures de précontrainte ou passives, avec la fissuration du béton d'enrobage, soulève encore bien des débats. Cette communication présente les résultats d'observations faites sur 2 poutres, qui étaient soumises pendant 2 ans à une atmosphère corrosive simultanément à une déformation imposée laissant les fissures ouvertes. Leur comportement fut ensuite examiné dans un essai de chargement jusqu'à rupture.

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Frage des Zusammenhanges zwischen der Dauerhaftigkeit der Vorspannbewehrung bzw. schlaffen Bewehrung mit der Rissbildung in der Betonüberdeckung erregt noch manche Debatte. Dieser Beitrag berichtet über Versuche mit zwei Betonbalken, welche während zwei Jahren mit einer vorgegebenen Verformung und offenen Rissen einer korrosiven Umgebung ausgesetzt waren. Anschliessend wurde das Verhalten der Balken bis zum Bruch beobachtet.

### SUMMARY

The question of the relationship of the durability of prestressing and non-prestressed reinforcement to the cracking of concrete cover still raises much debate. The paper presents results of observations done on 2 beams, which were subjected, during a 2 year period, to a corrosive atmosphere simultaneously to an imposed deformation, letting the cracks continuously open. Their actual response was then examined in a loading test up to failure.



## 1. INTRODUCTION

La prévention de la corrosion des armatures dans le béton a une importance évidente d'une part pour l'esthétique des parements, et d'autre part pour la pérennité même des ouvrages. A cet égard, la question de la corrélation de la durabilité des armatures passives et de précontrainte, avec la fissuration de leur béton d'enrobage soulève encore bien des débats, notamment dans l'actuelle recherche des exigences pour les états-limites de service du béton partiellement précontraint (b.p.p.). [1.2] Des observations ont été effectuées, durant 2 ans, sur 2 poutres partiellement précontraintes identiques, exposées à une atmosphère corrosive tout en étant soumises à une déformation de flexion imposée en stade fissuré.

## 2. ÉTUDE RÉALISÉE

### 2.1 Corps d'épreuve

La figure 1 présente les caractéristiques principales de coffrage et de ferrailage des corps d'épreuve, ainsi que le schéma mécanique d'application des charges. On a employé comme armature passive : 2 barres TORSID Ø 16 mm ( $f_{sy} = 490$  MPa ;  $f_{sr} = 580$  MPa) ; pour celle de la post-contrainte : un câble 3 T 13 ( $\sigma_{po} = 1000$  MPa ;  $f_{po, 1} = 1690$  MPa, et  $f_{pr} = 1900$  MPa). Le câble est disposé dans une gaine souple en feillard métallique, remplie par un coulis de ciment après la mise en précontrainte de la poutre.

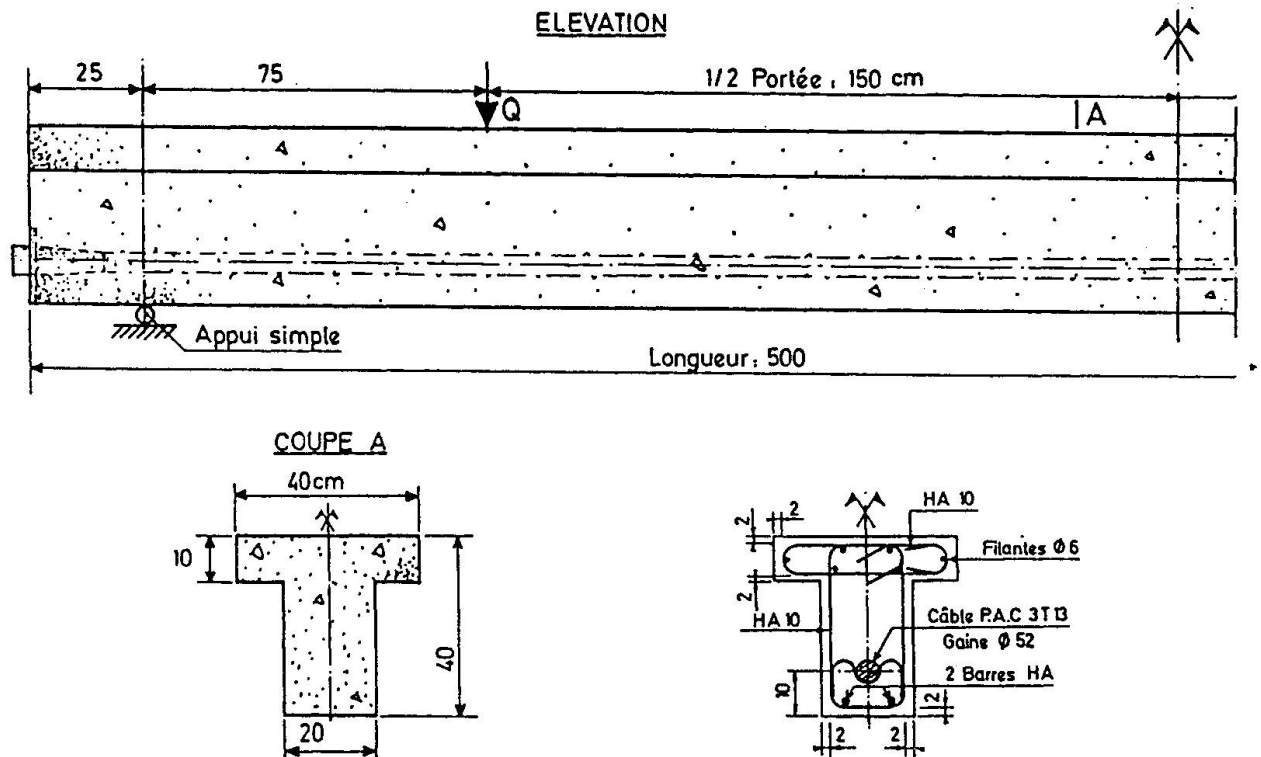


Fig. 1 – Poutres d'essai 1 et 2

Le béton ayant servi à confectionner les 2 corps d'épreuve, a la composition suivante :

- |  |                        |
|--|------------------------|
| – graviers silico-calcaires de Seine (5/12,5 mm) | 1080 Kg/m <sup>3</sup> |
| – sable silico-calcaire de Seine (0/5 mm)        | 720 kg/m <sup>3</sup>  |

- ciment CPA-HP
- eau

350 kg/m<sup>3</sup>  
environ 190 litres

La résistance (à environ 2 mois d'âge) atteint en moyenne 50 MPa en compression, et 3,7 MPa en traction (par fendage).

## 2.2 Étude préliminaire sous chargement mécanique [3]

Le comportement des deux poutres est auparavant examiné sous un chargement mécanique. Celui-ci est appliqué par paliers successifs de valeurs croissantes des charges  $Q$ , cela jusqu'à un niveau maximal  $Q_M$  ( $0,53 Q_r$ ,  $Q_r$  étant la charge ultime calculée = 280 kN). Cette charge  $Q_M$  est un peu supérieure à la limite de la classe 3, le b.p.p. tel qu'il est défini dans le règlement français de calcul BPEL 83.

Poutre	$A_p$		$A_s$	
	$W_m$	$W_M$	$W_m$	$W_M$
1	0,06	0,10	0,08	0,12
2	0,08	0,12	0,10	0,15

Au niveau du chargement  $Q_M$ , la fissuration de flexion a dépassé la hauteur du câble de précontrainte ( $A_p$ ). Les ouvertures moyenne ( $W_m$ ) et maximale ( $W_M$ ) – des fissures alors relevées, ainsi que celles lues à la hauteur de l'acier passif ( $A_s$ ) sont portées au tableau 1. Par ailleurs, les allongements mesurés indiquent que l'acier passif a atteint – en tenant compte de la précompression – une tension d'environ 240 MPa sous la charge  $Q_M$ .

Tableau 1 – Ouverture  $W$  (mm) des fissures en surface

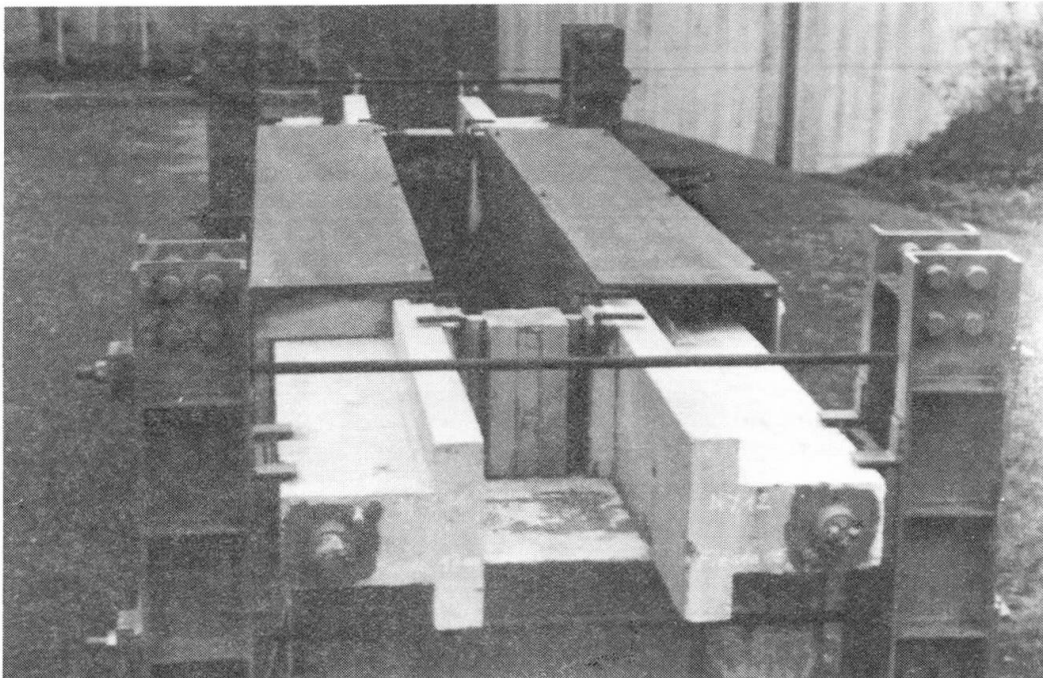


Fig. 2 Essai de durabilité – Montage expérimental

## 2.3 Essai de durabilité

Chacune des poutres est ensuite conservée, durant 2 ans, dans une enceinte contenant une atmosphère corrosive, en même temps qu'elle est maintenue en permanence dans l'état fléchi



atteint initialement sous la charge  $Q_M$  (Fig. 2). Les fissures ont donc une ouverture permanente. Les deux environnements retenus pour ces essais sont :

- pour la poutre 1, en atmosphère constituée d'un mélange gazeux à 50 % d'air et 50 % de  $CO_2$  ;
- et dans le cas de la poutre 2, une aspersion intermittente (1/4 d'heure à chaque heure) d'une solution à 35 g de NaCl/litre.

Les conditions thermiques sont celles normales extérieures de Saint-Rémy-les-Chevreuse.

Le comportement des aciers, au point de vue de la corrosion, est suivi par la mesure de leur potentiel électrochimique par rapport à une électrode de référence au calomel saturé [4]. Les diagrammes de la figure 3 montrent l'évolution observée durant les 2 années d'examen.

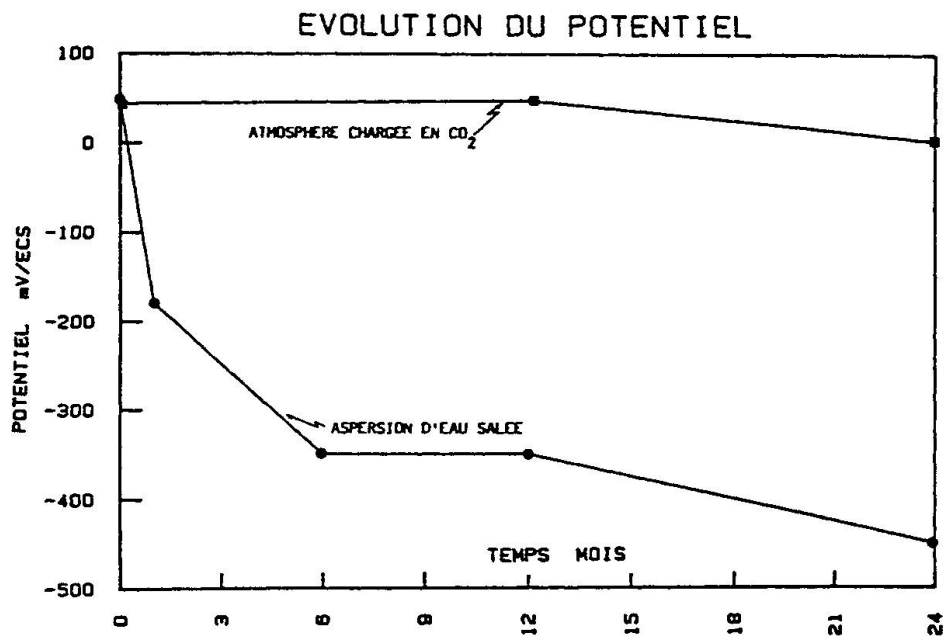


Fig. 3 Évolution du potentiel électrochimique des armatures

On y constate qu'en exposition saline, la dépassivation des aciers survient très vite ; de même que des gradients locaux importants, attestent une initiation rapide de la corrosion (couleur de rouille). Par la suite, l'ensemble de la poutre 2 se trouve dépassivé. L'examen après la rupture de cette poutre, a montré que si les points d'attaque des aciers passifs se situent effectivement dans les sections droites fissurées, le degré – encore minime – ne paraît pas dépendre de l'ouverture  $W$  des fissures. Quant à l'armature active, seule la gaine a présenté une corrosion superficielle dans certaines sections fissurées. En revanche, les aciers de la poutre 1 exposée en atmosphère chargée en  $CO_2$  sont restés passifs au bout de 2 ans. Cela est confirmé par l'absence de points corrodés sur les 2 armatures à l'examen final.

#### 2.4 Rupture finale des corps d'épreuve

Les poutres sont finalement soumises à un chargement jusqu'à rupture (avec toujours le même schéma mécanique). Elles ont péri en flexion par épuisement de la capacité portante des armatures, présentant des déformations ultimes importantes et des fissures verticales largement ouvertes (Tableau 2). Les résistances obser-

Poutre	1	2
$Q_U$ (kN)	295	288
$Q_U/Q_r$	1,05	1,03
Ductilité	≈ 10	≈ 6

Tableau 2 Caractéristiques de rupture des corps d'épreuve

vées ont dépassé légèrement celle calculée  $Q_f$  (280 kN).

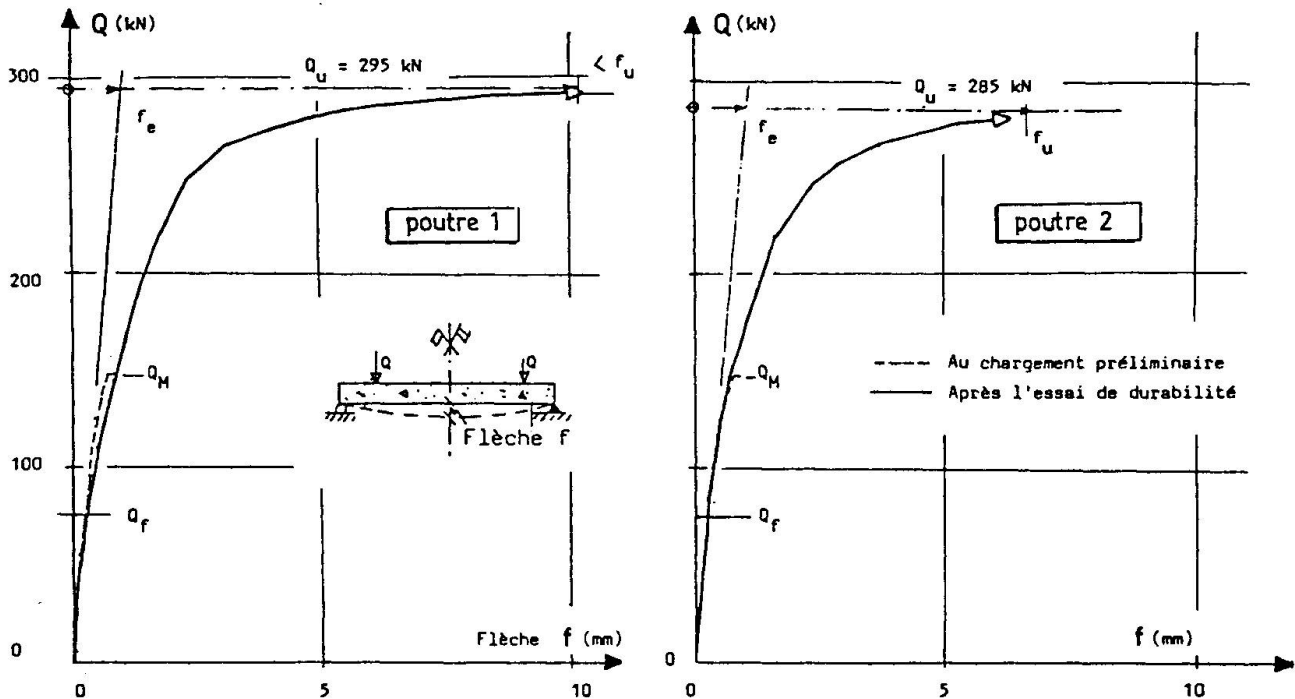


Fig. 4 Diagrammes "flèche  $f$ -charge  $Q$ "

Sur la figure 4, sont comparés les diagrammes de la flèche  $f$  en fonction de la charge  $Q$  acquis initialement et après l'essai de durabilité. On y remarque une réduction de rigidité de la poutre 1 dans le domaine des charges de service, alors qu'au contraire la poutre 2 est apparue, elle, légèrement plus rigide, cela s'explique par le colmatage des fissures comme c'est généralement observé en atmosphère saline [5]. Ce fait est confirmé par les mesures de déformation de la membrure tendue des poutres.

### 3. PREMIÈRE CONCLUSION

En atmosphère naturelle exempte de chlorures, les résultats précédents laissent présager une bonne durabilité du b.p.p. (avec fissuration de flexion), du moins avec la qualité normalement requise à l'exécution. En atmosphère chargée en chlorures (milieu marin), l'initiation de la corrosion se produit donc en une période très courte. Il convient alors de discerner l'endommagement local aisément visible, de la durabilité structurale. Par suite de phénomènes physico-chimiques, les fissures tendent à s'autocolmater et limitent l'endommagement local à un niveau tel que la conséquence sur la durabilité structurale reste nulle. Le problème est de savoir jusqu'à quel seuil d'endommagement local peut-on raisonnablement aller [6].

Par ailleurs, ces essais apportent des exemples de durabilité de câbles dans un béton d'enrobage fissuré, pour le cas de la post-tension avec injection de coulis de ciment. Toutefois, il est souhaitable de disposer de résultats d'observations à plus longue durée (que 2 ans).



## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à exprimer leurs remerciements au MRT\* et à la FNTP\*\* qui ont assuré le financement de cette étude ; au Groupe de travail AFPC de M. LACROIX pour l'intérêt accordé à ce travail ; et au personnel du CEBTP pour l'appréciable concours apporté à l'exécution des essais, et Madame CHAUVÉAU, pour avoir assuré la première mise en page de ce texte.

\* MRT : Ministère de la Recherche et de la Technologie (FRANCE)

\*\* FNTP : Fédération Nationale des Travaux Publics (FRANCE)

## BIBLIOGRAPHIE

1. COHN M. , Partial prestressing – From theory to practice. Vol. 1 et 2, Martinus Nijhoff Publishers, DORDRECHT, 1986.
2. Journée d'Étude AFPC, Précontrainte partielle. Annales de l'I.T.B.T.P. , février 1987.
3. LACROIX R. et TRINH J. , Étude expérimentale du béton partiellement précontraint. Xème Congrès de la F.I.P. New-Delhi, Travaux, janvier 1986.
4. LEMOINE L. et TACHE G. , Utilisation des méthodes électrochimiques pour l'étude et le contrôle de la corrosion des armatures dans le béton armé. Symp. Int. Corrosion et protection offshore, Paris, 1979.
5. TRINH J. et PEYRONNET J.P., Étude expérimentale du comportement des éléments en béton en milieu marin. Annales de l'I.T.B.T.P., avril 1978.
6. Draft CEB – Guide to durable concrete structures. Bulletin d'information CEB n° 166, mai 1985.