

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

Band: 13 (1988)

Artikel: Utilisation des torons gainés graissés/cirés en précontrainte extérieure

Autor: Chabert, Alain / Jartoux, Pierre / Villette, Pierre

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-13048>

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: 19.02.2026

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

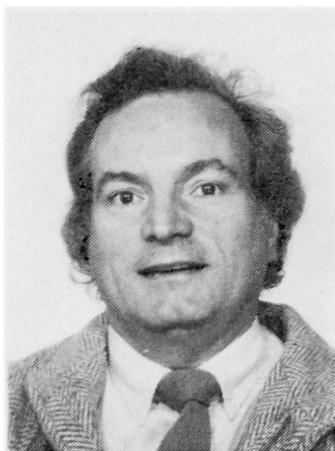
Utilisation des torons gainés graissés/cirés en précontrainte extérieure

Verwendung aussenliegender ummantelter Spannglieder mit Fett/Wachs Schutz

Introduction of unbonded, greased or waxed, tendons in external prestressing

Alain CHABERT

Chef, Techn. et Equi.
LCPC
Paris, France



Pierre JARTOUX

Chef, Dép. Précontrainte
Freyssinet International
Coignières, France



Pierre VILLETTÉ

Chef, Dép. Précontrainte
CITRA
Vélizy-Villacoublay, France



RÉSUMÉ

Traditionnellement employé dans le domaine du bâtiment, le toron gainé graissé/ciré est utilisé depuis peu en France en précontrainte extérieure. Compte tenu du contexte économique actuel, deux détenteurs de procédé de précontrainte avec la participation d'un organisme de recherche, ont proposé des solutions originales et audacieuses pour la réparation d'ouvrages d'art en béton précontraint, le renforcement de structures cylindriques (silos), la construction d'ouvrages d'art, grâce aux performances du toron gainé graissé/ciré (protection – faible frottement).

ZUSAMMENFASSUNG

Spannlitzen mit Korrosionsschutzmasse (Fett/Wachs) und PE-Ummantelung, die bisher auf dem Gebiet des Bauwesens Anwendung gefunden haben, werden seit kurzer Zeit in Frankreich in der Spannbetonbauweise mit aussenliegenden Spanngliedern verwendet. Trotz der schwierigen Wirtschaftslage haben zwei franz. Spannverfahrenshaber mit der Hilfe eines Forschungsinstitutes originelle Vorschläge zur Verstärkung zylindrischer Strukturen (Silos) und zur Sanierung von Spannbetonbrücken unter Ausnutzung der besonderen Eigenschaften der korrosionsgeschützten und ummantelten Spannlitzen (Schutz – niedriges Reibungsverhalten) unterbreitet.

SUMMARY

Traditionally used in building construction, sheathed tendons, already greased or waxed, have recently been introduced in external prestressing in France. Thanks to this procedure, and in the light of the present economic situation, two prestressing manufacturers, backed by a research institute, have proposed original and daring solutions for the construction and repair of prestressed bridges and for the strengthening of silos.



1. GENERALITES

La mise en œuvre de la précontrainte extérieure, pratiquée en FRANCE à très grande échelle depuis cinq ans, a fait apparaître des difficultés liées à la manutention des vérins destinés aux unités de 19T15 et au-delà (masse des vérins supérieure à : 1000 kg).

Indépendamment des travaux de recherche d'allègement des vérins, FREYSSINET INTERNATIONAL puis CITRA, avec la collaboration technique du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées ont développé chacun un système de précontrainte extérieure utilisant des torons gainés graissés/cirés qui permettent de mettre en tension toron par toron, les câbles des grosses unités avec un vérin monotoron dont la masse est de 30 kg environ.

L'utilisation du toron gainé graissé/ciré met en jeu les propriétés suivantes:

- double protection [graisse/cire - polyéthylène haute densité] à la corrosion,
- faible coefficient de frottement : ~ 0.05 .

Ces deux nouvelles techniques, différentes dans leur conception, semblent bien adaptées :

- au renforcement des structures par précontrainte extérieure lorsque l'accès aux gros vérins est impossible (caissons de ponts) ou lorsque le tracé des câbles comporte de grandes déviations (renforcement de structures cylindriques telles que des silos...),
- à la réalisation de structures nouvelles avec câbles longs et très déviés (précontrainte de continuité, continue d'un bout à l'autre du pont - gros réservoirs circulaires) ou lorsque la petite taille de l'ouvrage s'accorde mal avec de gros moyens de construction.

Quelle que soit la technique employée (FREYSSINET INTERNATIONAL ou CITRA) les câbles sont : pesables, ajustables, retendables, détendables et remplaçables.

2. SYSTEME DE PRECONTRAINTE FREYSSINET

2.1 Description

La difficulté essentielle rencontrée dans les premières tentatives d'utilisation est la destruction de la gaine PEHD lorsque les torons sont regroupés en paquet, sans précautions particulières.

Pour que les torons se trouvent dans des conditions d'enrobage analogues à celles pour lesquelles le produit a été créé, FREYSSINET a introduit l'injection avant mise en tension du groupe de torons gainés graissés/cirés enfilés préalablement dans une gaine en polyéthylène continue (Fig. 1).

Parallèlement à des applications réelles sur des ouvrages, ce système de précontrainte a été testé en laboratoire sur les installations de FREYSSINET INTERNATIONAL avec la participation de l'administration des PONTS ET CHAUSSEES (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées et Laboratoire Régional de BORDEAUX). Le suivi de l'évolution du coefficient de transmission, toron par toron, dans toutes les phases de l'essai, a montré que les caractéristiques du toron seul, étaient conservées pour un paquet de torons utilisés dans les conditions ci-dessus [1]. L'indépendance des torons, à l'intérieur de ce type de câble, permet de pratiquer la mise en tension toron par toron. Bien évidemment, les vérins classiques pour tirer simultanément sur tous les torons

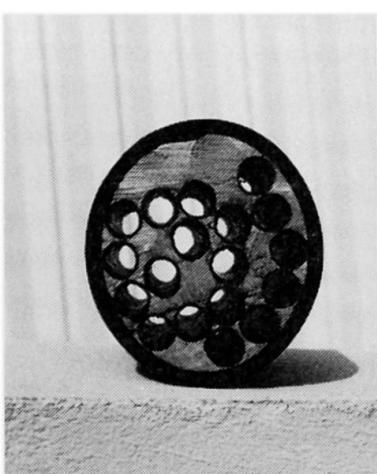


Fig. 1 Section droite d'un câble avec toron gainé graissé (toron enlevé)

sont utilisables avec ce type de câble. Celui-ci est parfaitement protégé (4 barrières). Il est protégé contre les autres agressions (choc, feu,...) grâce à la présence du coulis de ciment. Ce système fait l'objet du brevet n° 85 15030.

2.2 Applications récentes de cette technique

2.2.1 Renforcement du pont de CASSENEUIL (1986)

C'est un pont à 3 travées, construit par encorbellement, coulé en place en 1972. Il s'agissait de remettre l'ouvrage en conformité avec les règlements actuels (surcharges, gradient de température).

Le câblage additionnel comportait sur chaque âme 3 câbles de voussoir (2 câbles de 19T15, 1 câble 12T15). Sur proposition de FREYSSINET, le maître d'oeuvre a accepté, avec l'avis favorable du SETRA (Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes) et du LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées), de mettre en oeuvre des câbles en toron gainé-graissé au lieu et place de toron galvanisé.

La mise en oeuvre de la précontrainte a mis en évidence les problèmes liés à l'enfilage d'un toron gainé de PEHD dans une gaine elle-même en PEHD. L'enfilage a été finalement réalisé au treuil. Avec ce type de précontrainte, la gaine doit être posée de façon à éviter que des contraintes parasites dues au redressement se produisent à la mise en précontrainte. Pour cet ouvrage on a utilisé, soit des supports accrochés aux âmes du caisson lorsque le câble était très éloigné du houard inférieur, soit des calages lorsqu'il en était proche.

La mise en tension des câbles de 140 m de longueur a été faite au vérin monotoron, avec mesure systématique des coefficients de transmission effectuée par le Laboratoire Régional de BORDEAUX. Ces mesures ont mis en évidence l'homogénéité du comportement des divers torons des câbles, confirmant ainsi les résultats des essais et le coefficient de frottement 0.05 du toron gainé graissé.

2.2.2 Renforcement du pont de LANGON (1987)

L'ouvrage est à 3 travées, à section droite à 2 voussoirs coulés en place par encorbellement.

Le câblage additionnel comportait pour chaque caisson 2x2 câbles 11T15 ancrés en rive et sur voussoir de pile.

La mise en oeuvre a bénéficié de l'expérience précédente et des essais réalisés chez FREYSSINET INTERNATIONAL pour diminuer le frottement PEHD/PEHD. Les dispositions du câblage étaient différentes de celles du pont de CASSENEUIL, ce qui rendait plus difficile l'enfilage. Il a été cependant réalisé, sans difficultés, grâce à l'utilisation d'un lubrifiant.

2.2.3 Renforcement des silos

Le système FREYSSINET s'applique aussi aux câbles extérieurs ne comportant qu'un seul toron. Ainsi, pour renforcer les structures cylindriques, le toron gainé graissé/ciré permet, grâce au faible frottement d'obtenir une précontrainte presque uniforme en disposant les ancrages sur une seule génératrice. Exemples : le renforcement du silo à ciment PA.AN en Birmanie (1986) et celui du silo à céréales SAFI au Maroc (1987). (Fig. 2).

2.2.4 Précontrainte des OA 18.21 STRASBOURG (1987)

Il s'agit de deux ouvrages réalisés récemment par l'entreprise CAMPENON BERNARD, en variante de la solution de base. Ces ouvrages sont intéressants à beaucoup de points de vue (voussoirs préfabriqués - assemblage sur bancs - précontrainte extérieure - lancement et ripage) compte tenu du mode de réalisation, la précontrainte de ces

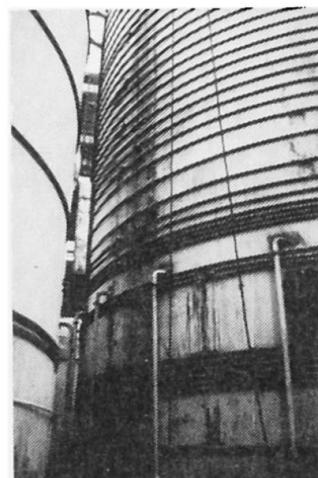


Fig. 2 Silo de PA.AN
Renforcement par
cerces monotoron



ouvrages se présente sous 3 formes : (Fig. 3)

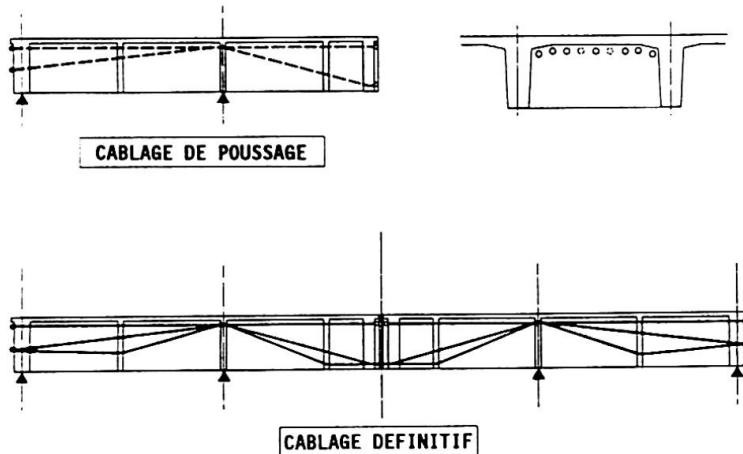


Fig. 3 Schémas de câblage

jectée au coulis de ciment et la mise en tension est faite ensuite toron par toron lorsque le coulis atteint 15 MPa (24 h).

- précontrainte extérieure provisoire pour le lancement réalisée en câbles ordinaires 12T15, démontés après lancement.
- précontrainte extérieure de continuité réalisée en câbles de 19T15 de 70 m de longueur mis en oeuvre exactement dans les mêmes conditions que les câbles 12T15 ci-dessus.

Les mesures de coefficients de transmission, réalisées par le Laboratoire Régional de STRASBOURG, ont montré le très bon comportement du toron.

3. PROCEDE MTP (MULTI-TORONS PARALLELES) CITRA

3.1 Description

Le câble est constitué de torons T15 graissés ou cirés sous gaine polyéthylène.

Chaque toron est isolé dans les traversées du béton par un bariquet de tubes minces, cintrés, solidaires du béton de l'ouvrage (Fig. 4).

Chaque toron constitutif du câble est tendu individuellement au vérin monotoron sur un ancrage standard. La zone d'ancrage est protégée par injection de graisse ou de cire (Fig. 5).

Les avantages du procédé sont :

- la mise en oeuvre des grosses unités avec de faibles moyens.
- la géométrie transversale des torons identiques le long du câble.
- l'absence d'angles parasites et aléatoires à l'ancrage.
- l'efficacité maximale des torons.

- précontrainte extérieure d'assemblage des demi-poutres caisson en câble 12T15. Cette précontrainte est réalisée par torons gainés graissés regroupés dans une gaine injectée préalablement à la mise en tension. La gaine est supportée par un monotoron de 15 mm tendu, fonctionnant en funiculaire. Le câble court (35 m) est préfabriqué à l'extérieur de l'ouvrage et enfilé par traction au treuil. La gaine est in-



Fig. 4 Déviateur

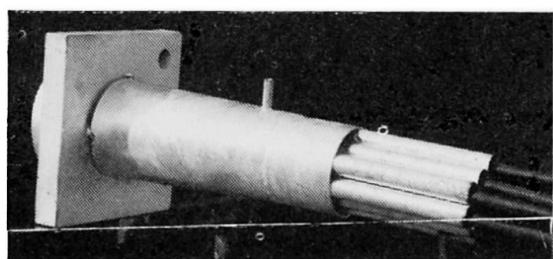
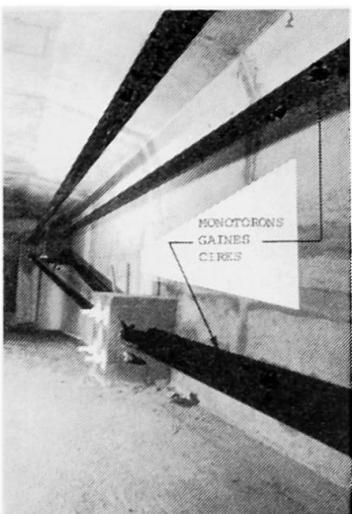


Fig. 5 Anchrage câble 12T15
Torons gainés cirés

- l'égalité parfaite des efforts dans chaque toron .
- l'économie de matière
 - . frottement très faible
 - . excentricité maximale de l'armature
 - . rayon de courbure très réduit

Ce procédé a fait l'objet d'une demande de brevet enregistrée sous le n° 87 01692.

3.2 Réalisation



Des essais, conduits avec l'aide du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées et du Laboratoire Régional de TRAPPES, ont montré un bon comportement de la gaine PEHD du toron dans les déviateurs.

Une première application du procédé a donc pu être réalisée grâce à l'appui de M. FAURE de la DDE (Direction Départementale de l'Équipement) du Vaucluse, à l'occasion de la réparation du pont de CADENET (Fig. 6).

La précontrainte de renfort a consisté à mettre en œuvre quatre câbles de 12 torons T15.7 gainés cirés de plus de 250 mètres de longueur, déviés sur chacun des quatre appuis intermédiaires et dans chacune des cinq travées [2]. Le contrôle technique a été réalisé conjointement par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées et le Laboratoire Régional d'AIX en PROVENCE.

Fig. 6 Renforcement du pont de Cadenet

3.3 Particularités de mise en œuvre

En raison de la fragilité de la gaine polyéthylène du toron, il a été nécessaire de chemiser chaque tube déviateur par un fourreau plastique.

En outre, un dévidoir à "coils" a été spécialement mis au point pour la circonsistance. Il permet un dévidage du toron par l'extérieur du coil, donc sans torsion du toron et sans brutalité.

Chaque toron treuillé doit être guidé dans chaque déviateur. L'enfilage de la totalité des torons gainés cirés n'a posé aucun problème particulier.

Des dispositions particulières sont prises au niveau des ancrages, de sorte que la gaine PEHD entraînée par le toron dans la partie libre contiguë à l'ancrage ne vienne pas polluer la zone des clavettes. La partie dégainée des torons, dans la zone d'ancrage, est protégée par une injection de cire de même qualité que celle qui protège le toron. Un capot étanche vient coiffer la surlongueur, permettant la reprise de tension, des torons dépassant de l'ancrage.

3.4 Leçons de cette expérience

Les opérations de mise en œuvre sur le chantier ont montré :

- l'importance capitale du bon positionnement des déviateurs, notamment dans le cas de déviations concomitantes en élévation et en plan.
- le soin tout particulier à apporter aux conditionnement, stockage et enfilage des torons gainés. Pour éviter toute blessure de la protection, il faut : tendre les torons à chaque extrémité en raison du grand allongement induit et que la tension soit assez forte pour bloquer la gaine (du toron gainé ciré) dans le déviateur.



4. CONCLUSIONS

Les deux techniques, trop brièvement évoquées, montrent que le toron gainé graissé/ciré permet :

- une grande souplesse d'utilisation : gros câbles ou petits câbles peu déviés ou très déviés pouvant être mis en tension toron par toron ou simultanément,
- un excellent rendement de la précontrainte, ce qui permet d'envisager des câbles très longs ou des câbles très déviés,
- une excellente protection du câble :
 - . double dans le cas du procédé MTP et correspondant à celle du toron gainé graissé/ciré (graisse/cire - PEHD).
 - . quadruple dans le cas du système FREYSSINET. On ajoute au toron gainé graissé/ciré auto-protégé, une protection contre les agressions mécaniques extérieures (choc - feu).
- une surveillance de la tension des câbles par pesage périodique, sous réserve de conserver la surlongueur de prise pour le vérin.

Pour ces deux techniques, il importait de disposer de torons gainés graissés/cirés de haut de gamme et de fabrication particulièrement soignée. A cet effet, le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées a établi pour la FRANCE de nouvelles spécifications sur les matériaux de base (lubrifiant, enveloppe) et, notamment, sur le produit fini après extrusion [3].

BIBLIOGRAPHIE

1. CHABERT A., AMBROSINO R., LAVIGNE J., REMY A., FARGEOT B., JARTOUX P., Amélioration des connaissances sur la mise en oeuvre de la précontrainte, 10^è Congrès de la FIP, New Delhi, 1986, Supplément à la revue TRAVAUX - n° de Janvier 1986.
2. FAURE P., CHABERT A., GUERIN P., VILLETTTE P., Innovations dans le domaine de la réparation du Pont de Cadenet [Torons gainés cirés - Multidéviateurs], Revue TRAVAUX, à paraître.
3. CHABERT A., Sheathed stands, FIP Symposium, Israël 1988, à paraître.