



Association Française
de Génie Civil

La Pérennité du béton précontraint

Assemblée générale de l'AFGC du 26 mars 2015

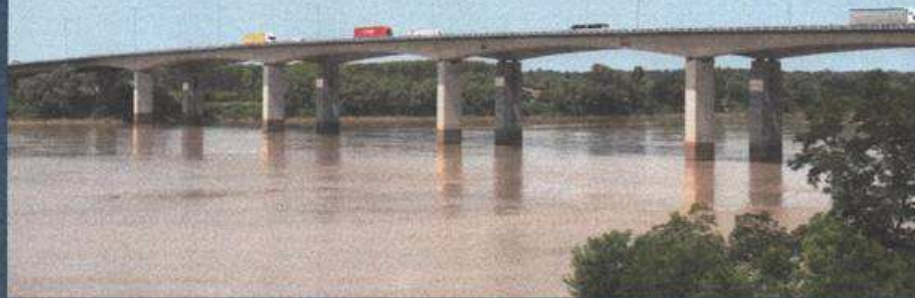


Association Française de Génie Civil **AFGC**



Sous la direction de Bruno GODART

LA PÉRENNITÉ DU BÉTON PRÉCONTRAIT





Association Française de Génie Civil

Quelques dates...

1992 : le Ministère Anglais des Transports pose un moratoire sur la construction de nouveaux ponts comportant une précontrainte intérieure par post-tension injectée au coulis de ciment (suite à l'effondrement de quelques ponts - pont de Ynys-y-Gwas)

1992 : Effondrement du pont à béquilles de Melle sur l'Escaut en Belgique (par corrosion des câbles dans les contre-béquilles)

Pourquoi la situation en France, pays précurseur de la précontrainte, semblait bonne dans la mesure où nous n'avions rencontré aucun effondrement de structure ?

1993 : Pierre Xercavins décida de réagir et réunit un groupe sous l'égide de l'AFGC



Association Française de Génie Civil

Quelques dates...

De 1994 à 1999 : un **premier groupe de travail** composé de Charles Baloché, Christian Bousquet, Bruno Godart, Daniel Poineau, Daniel Renault se réunit sous la direction de Pierre Xercavins : Rédaction de morceaux de textes sans toutefois arriver à une structure de document qui puisse faire l'objet d'une publication...

En 1998 : une **Directive du Ministère Allemand des Transports interdit** (suite à un certain nombre de problèmes de durabilité rencontrés auparavant) la mise en oeuvre de câbles de précontrainte intérieure dans les âmes des caissons et prescrit l'utilisation de la précontrainte extérieure pour la construction des nouveaux ponts caissons.

En 2003 : **après une mise en sommeil du groupe**, le Comité Scientifique de l'AFGC décide de confier à Bruno Godart la reprise et l'animation du groupe de travail



Association Française de Génie Civil

Quelques dates...

De 2004 à 2012 : second groupe de travail composé de Charles Baloche, Jeremy Baumgartner, Lucien Boutonnet, Jacques Combault, Bernard Datry, Bernard Fargeot, Patrick Guiraud, Christian Lenoir, Gérard Mathieu, Eric Mellier, Daniel Poineau, André Raharinaivo, Nicolas Raudin, Alain Roussin, Pierre Xercavins et Ivica Zivanovic, et avec l'aide de Daniel Collet et de Jean-Paul Persy.

De 2013 à 2014 : travail d'harmonisation, recherche d'un éditeur et mise en forme du document par Christine Felce avec l'aide de plusieurs relecteurs (Patrick Guiraud, Christian Lenoir, Daniel Poineau et Claude Servant) et une relecture finale par Jocelyne Jacob.

Un seul regret : que Pierre Xercavins, décédé en décembre 2008, n'ait pu voir l'achèvement du présent ouvrage qui lui est dédié.



Association Française
de Génie Civil

Les 6 chapitres du Livre...

- 1. Historique de la précontrainte : L'apport décisif d'Eugène Freyssinet**
(P. Xercavins)
- 2. Historique de la construction des ponts en béton précontraint**
(J.M. Lacombe, D. Poineau)
- 3. La post-tension : Etat du patrimoine en France**
(B. Fargeot, B. Godart, G. Mathieu)
- 4. La pré-tension dans le bâtiment** (C. Baloché)
- 5. La réparation des ponts en béton précontraint** (D. Poineau)
- 6. La maîtrise de la durabilité** (Jean-Bernard Datry, Bruno Godart, André Raharinaivo, Nicolas Raudin, Ivica Zivanovic)

1 Historique de la Précontrainte...

L'apport décisif d' **Eugène Freyssinet**



Arche d'essai du
Veudre (1907)



Brevet (1928)
Sauvetage de la gare transatlantique du Havre
Acier à HLE – cône d'ancrage des fils
Qualité du béton (résistance et compacité)
Etude du Fluage du béton



Pont de Luzancy
(1941-1946)



Association Française
de Génie Civil

2 Historique de la construction des ponts en BP...

LES DÉBUTS DE LA PRÉCONTRAÎNTE (AVANT 1940)

LA PÉRIODE DE 1940 À 1945

LA PÉRIODE DE 1946 À 1952 (absence de règles de calcul officielles)

LA PÉRIODE DE 1953 À 1964 (les premières règles de calcul de 1953)

LA PÉRIODE DE 1965 À 1982 (les secondes règles de calcul : IP1 (1965) et IP2 (1973))

LA PÉRIODE DE 1983 À NOS JOURS (les règles de calcul aux états limites : BPEL, puis Eurocodes)

+ Les problèmes rencontrés durant ces périodes...



Association Française de Génie Civil



Pont de Villeneuve St-Georges (1952)



Pont St-Michel à Toulouse (1958)



VIPP de St-Nazaire (1975)



Viaduc de l'Arrêt-Darré (1987)



Viaduc de Sylans et Glacière (1989)



3 La post-tension : Etat du patrimoine...

1. Les ponts

1. Quelques problèmes avec certains types de ponts (VIPP, Pont-caisson d'avant 1975, injection de coulis,...)
2. Etat du parc de ponts en BP

2. Les ouvrages contenant des liquides

1. Réservoirs, châteaux d'eau, canaux, tuyaux, etc...
2. Résultats d'enquête et évaluation patrimoniale

3. Les ouvrages en milieu maritime

Sur la base d'exemples (un appontement, un quai, le phare de Berk,...)

4. Les Plateformes offshore

1. Les 2 grands types de plateformes gravitaires : Doris et Sea Tank Co,
2. la barge NKP...

(Structures non traitées : parkings, enceintes nucléaires,...)



3 La post-tension : Etat du patrimoine...

Classe IQOA	1	2	2E	3	3U
Ponts en béton précontraint	8	35	35	16	6
Ensemble des ponts	11	37	32	15	5

Comparaison de la distribution de l'état des ponts (pourcentage en surface)

Bon comportement des réservoirs d'eau sans doute imputable, pour une bonne part, au fait que ces constructions sont dues à quelques entreprises très expérimentées, peu nombreuses, mais très spécialisées.

Le comportement des structures maritimes précontraintes est globalement bon, et seules les structures dont le béton est poreux ou dont les règles d'enrobage n'ont pas été respectées sont en mauvais état.

Les structures offshore en béton précontraint qui sont dans des environnements extrêmes se comportent également bien.



Association Française de Génie Civil



Câbles corrodés (VIPP)



Rupture de câble en biseau
derrière une tête d'ancrage



Pâte blanchâtre



Montigny-Le-Bretonneux



Berck



Ekofisk (Doris)



4 La pré-tension dans le bâtiment

1. Les divers éléments de structure préfabriqués

2. Les problèmes résolus

Glissement des armatures, fendage longitudinal, corrosion...

3. Les pathologies éventuelles

Déformations initiales des produits, déformations différées,
Déformations gênées, cas des dalles de parking terrasse,...

4. Conclusion

« La technique de la précontrainte par pré-tension, bien que faisant appel à une technologie délicate et sensible au défaut de par sa nature, est une technique complètement fiabilisée et présentant de grandes performances de durabilité moyennant la combinaison d'une certification de produits et d'une utilisation scrupuleuse des avis techniques ou des normes qui précisent ses conditions d'emploi. »



Association Française de Génie Civil



Banc de préfabrication



Poutrelles



Pré-dalles



Dalles alvéolées



Association Française
de Génie Civil

5 La réparation des ponts en BP

1. Les réparations des insuffisances structurales
2. Les réparations des pathologies affectant les matériaux
3. Le choix des techniques de réparation
4. La précontrainte : une technique de renforcement à part entière



6 La Maîtrise de la durabilité

1. La conception du béton précontraint

Choix du type de précontrainte

Choix du degré de précontrainte (totale, partielle)

Mise en œuvre de la précontrainte (intérieure, extérieure)

Condition de non fragilité des pièces

Sécurité à rupture

Zones d'introduction des efforts de précontrainte

Dispositions constructives

Références réglementaires

2. Les matériaux et produits de la précontrainte

Armatures de précontrainte en acier

Armatures de précontrainte en composite

Ancrages, Conduits, Accessoires

Produits d'injection ou de protection des armatures



6 La Maîtrise de la durabilité

3. La mise en œuvre de la précontrainte

Qualification de l'entreprise distributrice spécialisée et de son personnel

Conditionnement, stockage, transport, et manutention

Mise en place des armatures

Mise en tension des armatures

Injections

4. La maintenance

Méthodes opérationnelles pour ausculter la précontrainte

Monitoring de la précontrainte

Méthodes en cours de développement (ruptures de fils...)

Stratégie d'auscultation des ouvrages en béton précontraint

Entretien

Traitement électrochimique

6 La Maîtrise de la durabilité

5. LA STRATEGIE DE DURABILITE

Choix de la durée de vie

Conditions environnementales et principales altérations

Choix des indicateurs de durabilité et spécifications associées

Stratégie de durabilité des bétons et des armatures passives

Stratégie de durabilité des armatures de précontrainte de pré-tension

Stratégie de durabilité des armatures de précontrainte de post-tension

Agressivité \ Qualité de la protection structurale	Qualité de la protection structurale		
	Faible	Moyenne	Forte
Faible : X0, XC1 sec, XC3	NP 2	NP 1	NP 0
Moyenne XC1 humide, XC2, XC4, XD1, XF1, XF3	NP 2	NP 2	NP 1
Forte : XD2, XD3, XS1 , XS2, XS3, XF2, XF4	NP 3	NP 2	NP 2



6 La Maîtrise de la durabilité

NP 0 : conduit rempli par un produit assurant une protection durable et simple cachetage des ancrages

NP 1 : conduit rempli par un produit assurant une protection durable avec capots permanents aux ancrages

NP 2 : NP 1 + une barrière supplémentaire étanche et durable
(galvanisation, gaine souple, inox, composites,...)

NP 3 : Surveillance permanente de l'intégrité ou possibilité de remplacement aisé du câble

- utilisation de câbles électriquement isolés dont la variation de résistance électrique est contrôlée au cours du temps ;
- câbles extérieurs injectés à la cire et bénéficiant de surlongueurs aux extrémités pour faciliter leur pesage et leur remplacement éventuel.



6 La Maîtrise de la durabilité

5. LA STRATEGIE DE DURABILITE : Exemples d'application...

Exemples	Niveaux de protection	Observations
Poutres précontraintes à l'intérieur d'un bâtiment d'habitation	NP 0	Dans un environnement sec
Poutres ou dalles précontraintes à l'intérieur d'un bâtiment d'habitation ou de stationnement. Ponts courants dans un environnement non agressif	NP 1	Dans un environnement humide
Réservoir d'eau avec ou sans membrane intérieure d'étanchéité	NP 1 ou NP 2	Voir CCTG 74 ou Eurocode 2 Partie 3.
Structure précontrainte en contact avec des eaux agressives (stations de traitement des eaux, piscines,...)	NP 2	
Tunnels en éléments préfabriqués précontraints par post-tension (traversée sous-fluviale)	NP 2	Durée d'utilisation souhaitée >100 ans Soin à apporter au niveau des joints
Pont soumis à des courants vagabonds Structures soumises à des attaques chimiques	NP3	



Les annexes

ANNEXE A : Evolution des règles de charges et de calcul

ANNEXE B : Evolution de la qualité des armatures et des procédés de précontrainte et aspects réglementaires

ANNEXE C : Généralités sur le projet de réparation ou de renforcement d'un ouvrage en béton précontraint

ANNEXE D : Exemples de désordres liés à la corrosion des armatures de précontrainte dans les ponts à poutres préfabriquées post-contraintes de type VIPP

ANNEXE E : Problèmes d'injection des conduits de précontrainte avec certains mortiers adjuvantés et conséquences sur la durabilité des câbles