

PROTECTION AU FEU DES CÂBLES EXTRADOSSÉS ET DES HAUBANS

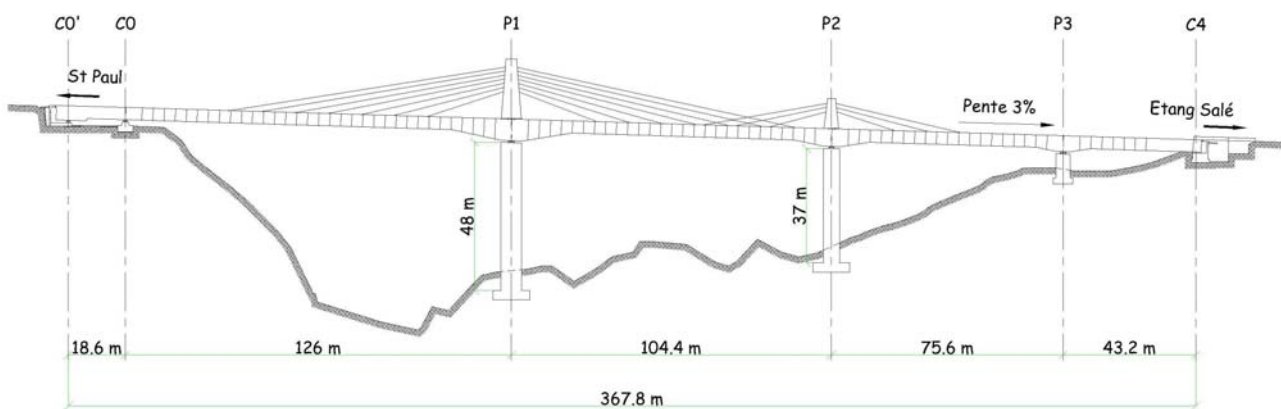
Patrick CHARLON, Jérémie BAUMGARTNER

Eiffage TP

Alain CHABERT

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC)

La réalisation du câblage extradossé du Viaduc de la Ravine des Trois Bassins, sur la Route des TAMARINS à LA REUNION a été l'occasion de mettre au point un système de protection au feu des câbles efficace, simple de mise en œuvre, économique, facile à remplacer en cas d'incendie et respectant les règles environnementales.



1. LES UNITÉS À PROTÉGER

Les câbles extradossés (3 unités sur la pile P2 ; 14 unités sur la pile P1 en double nappe), sont constitués de 37 torons T15S – 1860 MPa – TBR – galvanisés, cirés, gainés.

Aucune réglementation existant en France sur ce type de câbles, l'entreprise a préféré avoir recours à une technologie type HAUBANS en matière d'ancrage notamment (ancrage 37 T 15S de type DYNA GRIP® du système DYWIDAG), les haubans bénéficiant des recommandations du SETRA.

La partie supérieure des mâts de haubanage est équipée de selles de déviation propres au système DSI (double tubage galvanisé avec tenon de blocage) ; la partie du câble dénudée en partie supérieure est injectée au coulis de ciment Superstresscem (HOLCIM).

L'ancrage du câble dans la partie supérieure du caisson est prolongé vers l'extérieur par un tube galvanisé qui permet le transfert des efforts à la structure et le passage des torons au travers du tablier.

L'extrémité des tubes est munie d'une bride permettant la mise en place des pièces de transition à la partie courante du gainage PEHD qui va être décrit plus loin.

Un système d'amortisseurs est installé à la sortie de chaque câble au niveau du tablier.

2. LE CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Le cahier des clauses techniques particulières du marché prévoit qu'une température dans le câble de 100°C ne soit pas atteinte avant une heure, sous un feu extérieur de 1000°C.

Il est à noter que la résistance au feu des haubans et des câbles extradossés devient une préoccupation de plus en plus marquée chez les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre.

Cet aspect sécuritaire, s'inscrivant dans le cadre du développement durable, a motivé l'entreprise dans le sens de la recherche et de l'innovation vers le produit décrit dans cet article.

On notera également que les exigences architecturales et environnementales du projet ont aussi contribué au choix du système de protection (couleur blanche, faible diamètre des câbles).



3. DESCRIPTION DU SYSTÈME DE PROTECTION AU FEU DES CÂBLES

Le système de protection au feu mis en œuvre est protégé par un brevet EIFFAGE TP.

La protection au feu est réalisée par une double épaisseur d'un matelas isolant directement installé autour des torons. Les couches sont montées en décalant transversalement et longitudinalement les joints afin d'obtenir une protection homogène sans point faible.

Une fois cette protection installée, un gainage étanche en ½ coquille PEHD est mis en œuvre.

Le principe détaillé de la protection est décrit par la figure 2.

La protection étant souple, elle reste mécaniquement indépendante de la gaine PEHD et permet donc la dilatation de l'ensemble des composants.

La flexibilité du système de protection permet notamment une protection des organes de transition et de l'amortisseur en sortie de selle de tablier, la fabrication de matelas pouvant se faire sur mesure.

PROTECTION AU FEU - PRINCIPE

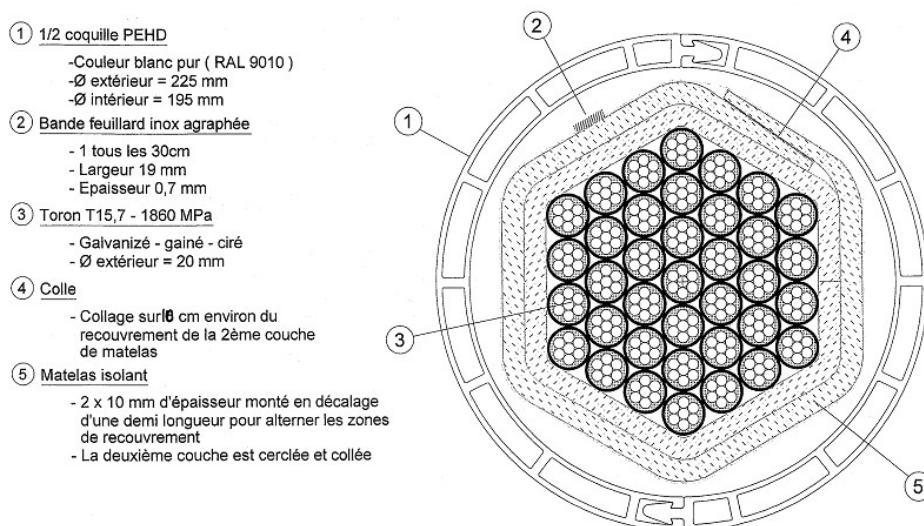


Figure 2

4. DESCRIPTION DES PRODUITS

4.1 Matelas isolant

C'est un produit directement issu de l'industrie de l'isolation thermique. L'isolant est une structure micro poreuse constituée de particules de silice, d'oxydes métalliques et de filaments de verre. L'isolant est placé dans une enveloppe en tissu de verre permettant notamment la fabrication des éléments sur mesure.

Il est conçu pour résister à 1000°C en régime continu et peut supporter 1200°C pour de brèves expositions au feu.

4.2 Gaine PEHD en demi-coquille

C'est une gaine alvéolaire de diamètre intérieur de 195 mm et de diamètre extérieur 225 mm avec des parois d'épaisseur 4 à 5 mm. Les tronçons sont fournis en longueur de 4 m, ils sont emboîtés, assemblés par soudure au miroir. Une fois montés ils sont étanches à 3 bars.

Ces gaines PEHD sont disponibles en couleur blanc pur (RAL 9010) et munies d'une protection UV qui répond aux spécifications des recommandations sur les Haubans.

Le principe de gaines en demi-coquilles a déjà été utilisé pour des haubans, par exemple, au pont de Normandie et au Stade de France.

5. MODE OPÉRATEIRE D'INSTALLATION

5.1 Installation des torons

L'installation des torons et leur mise en tension sont réalisées de manière habituelle, mais sans gaine PEHD. Les torons sont tractés à l'aide de treuils et tendus au fur et à mesure de leur installation selon le phasage prévu par le BE, avec une bonne visibilité lors de la mise en œuvre.

5.2 Installation des matelas de protection

L'installation est réalisée une fois l'ensemble des torons mis en place et tendus et les amortisseurs mis en place. Elle est réalisée le long du câble avec une nacelle par 2 ouvriers. Aucun matériel spécifique n'est nécessaire à l'installation des matelas.

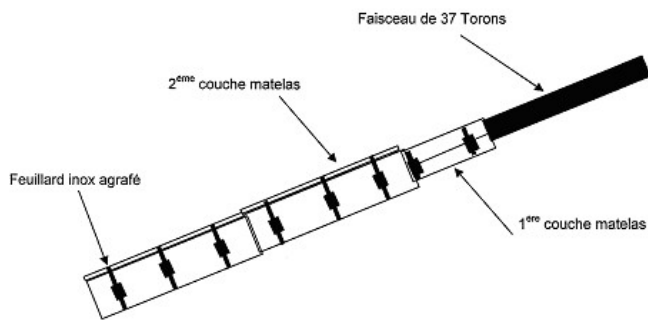
5.2.1 Installation de la 1^{ère} couche

A l'aide d'une nacelle, les matelas sont enroulés, fermés bord à bord et scotchés à l'aide d'un scotch en fibre de verre renforcé.

5.2.2 Installation de la 2^{ème} couche

La 2^{ème} couche est installée selon la même méthode mais avec un décalage d'une demi-longueur de matelas afin d'assurer un recouvrement correct des joints de montage. De plus le matelas est enroulé et collé sur lui-même avec un recouvrement de 10 cm. La colle permet d'assurer le maintien de la protection pendant l'incendie.

Les figures 3 et 4 décrivent cette mise en place des couches d'isolant.



Figures 3 et 4

5.3 Installation des demi-coquilles PEHD

Elles sont installées après mise en œuvre de la protection au feu. Les demi-coquilles sont soudées au miroir au tronçon précédent. L'ensemble est tracté le long du câble jusqu'au sommet du déviateur.

La soudure miroir permet d'obtenir un aspect continu de la gaine ; quant au joint longitudinal des demi-coquilles celui-ci est placé verticalement afin de limiter son impact visuel.

Des photos de montage sont données sur les figures 5, 6, 7, 8.



Figures 5 et 6



Figure 7



Figure 8

Des dispositions particulières sont prévues aux extrémités pour le raccordement de la selle de déviation et au niveau de l'ancrage coté tablier.

Il est à noter que le montage de la protection au feu peut se réaliser indépendamment du montage et de la mise en tension des câbles.

L'atelier de protection devient un chantier indépendant, décalé des autres opérations de haubanage ; ceci n'est par exemple pas le cas des protections par tubage métallique qui doivent être mises en œuvre en même temps que le câblage.

6. CALCULS THERMIQUES ET ESSAIS AU FEU

Ce système de protection tout à fait innovant ne pouvait être mis en œuvre sur chantier sans justification par des calculs complémentaires et des essais en laboratoire. C'est ce à quoi s'est employée l'entreprise sur une période d'environ un an.

6.1 Calculs thermiques

Des simulations ont été réalisées à l'aide de logiciels entreprise et de logiciels du fournisseur de matelas isolants.

En effet, aucun logiciel ne correspond actuellement exactement au type de protection au feu étudié.

Le tableau (figure 9) résume l'ensemble des résultats calculés par le fournisseur de matelas isolants dans le cas de l'isolation d'un tuyau.

Protection (mm)	Vent (m/s)	T° face chaude (C°)	T° face froide à $t=\infty$ (1)
20	0	1000	122
20	3	1000	89
20	0	1100	132
20	3	1100	95
30	0	1000	96
30	3	1000	69
30	0	1100	103
30	3	1100	74

Figure 9

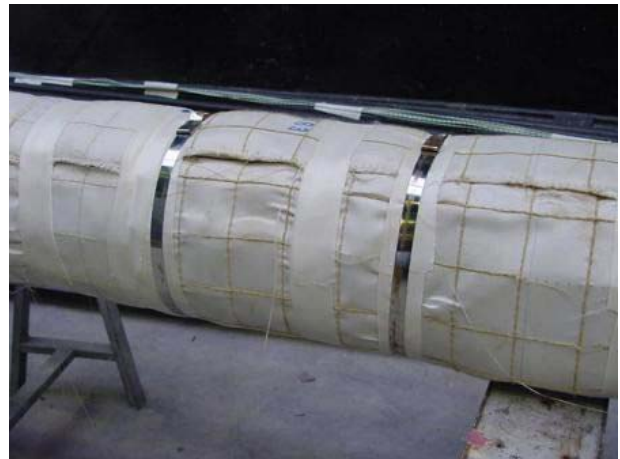
6.2 Essai au feu

Un essai au feu a été réalisé en grandeur nature dans le laboratoire du CSTB le 21 janvier 2006 à Marne la Vallée. Les essais ont porté sur des câbles protégés par 2 ou 3 couches d'isolant (épaisseur d'une couche : 10 mm).

L'essai au feu a été réalisé sur 3 échantillons de 4,6 ml : un échantillon avec 2 x 10 mm de protection et deux échantillons avec 3 x 10 mm. La protection a été installée sur un faisceau cerclé de 37 torons gainés cirés représentatifs du câble à protéger. Sept sondes de températures ont été installées sur un toron extérieur.

Sur l'échantillon à 2 couches un tube PEHD de diamètre 225 mm ép. 13,4 mm a été installé sur une demi longueur.

Les figures 10 à 14 montrent ces installations.



Figures 10 et 11



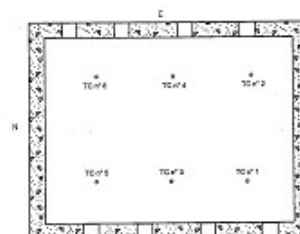
Figures 12 et 13

POSITION DES PRISES DE TEMPERATURE ET DE PRESSION

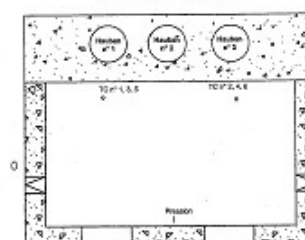
1 à 6 : Température du four

P1 : Prises de pression

VUE DE DESSUS



COUPE DU FOUR



Figures 14 et 15

La figure 15 montre le descriptif schématique des prises de températures.

Le hauban n° 2 est équipé de deux couches d'isolant ; les haubans n° 1 et 3 sont équipés de 3 couches d'isolant.

L'essai a été réalisé avec un feu d'hydrocarbure normalisé ayant une valeur maximale de 1100°C et dont la montée en température est donnée par la formule :

$$T = [1 - 0,325 e^{-0,167t} - 0,67 e^{-2,5t}] + 20.$$

Les figures 16, 17, 18 montrent la conduite du four et l'évolution de la température en différents points des haubans n° 2 et 3.

L'essai prévu initialement pendant 1h00 a été prolongé jusqu'à 1h45 à la vue des bons résultats observés.

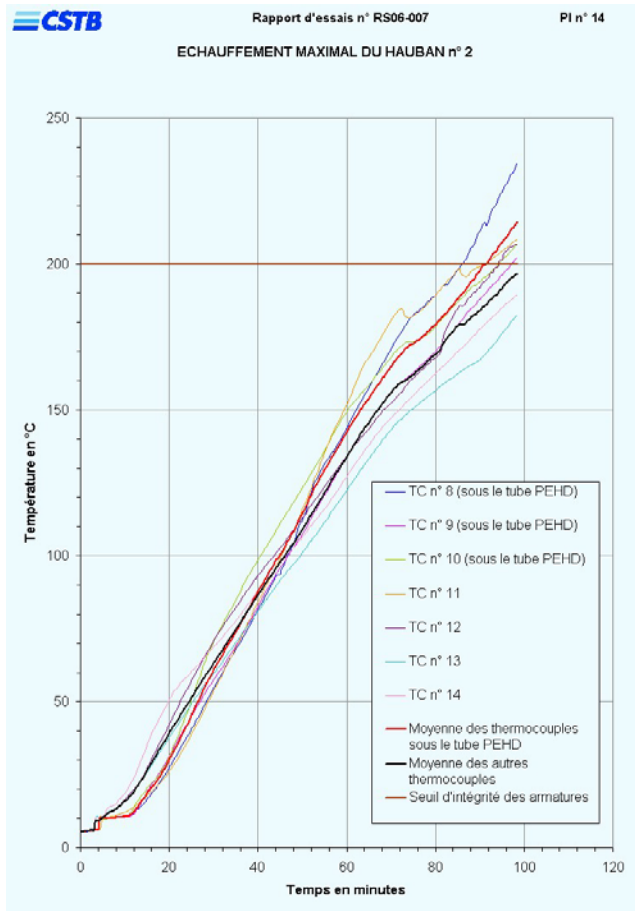
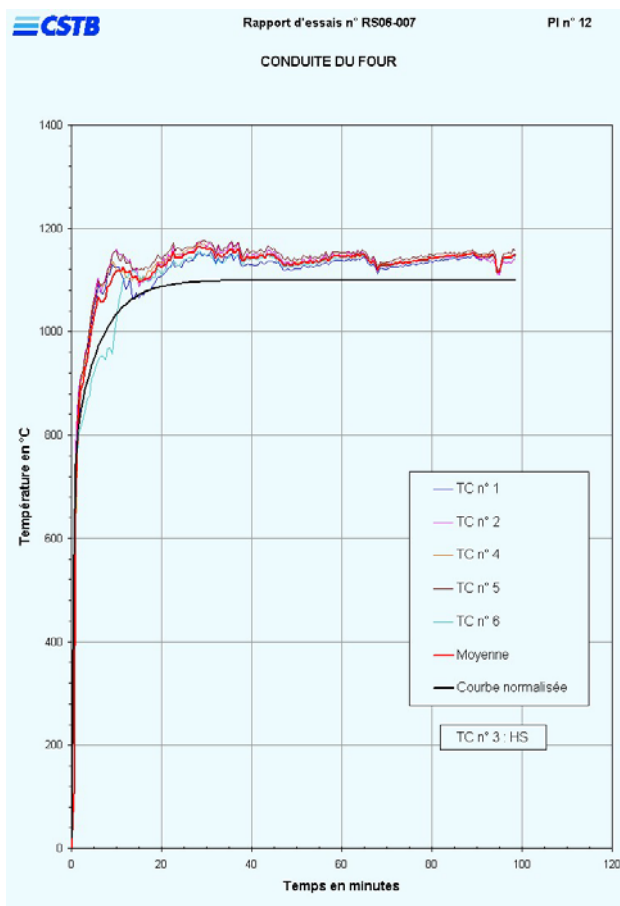
7. RESULTATS DES ESSAIS

L'ensemble des essais et des résultats sont décrits dans le rapport CSTB n° RS 06.007.

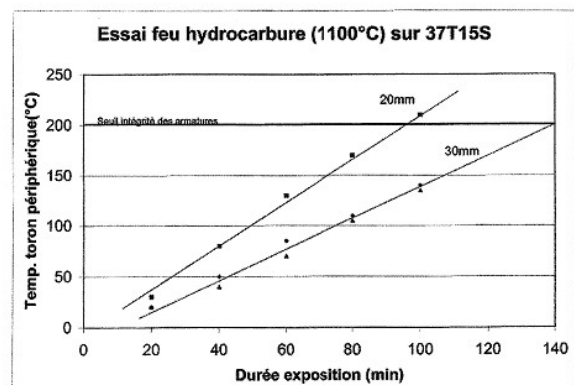
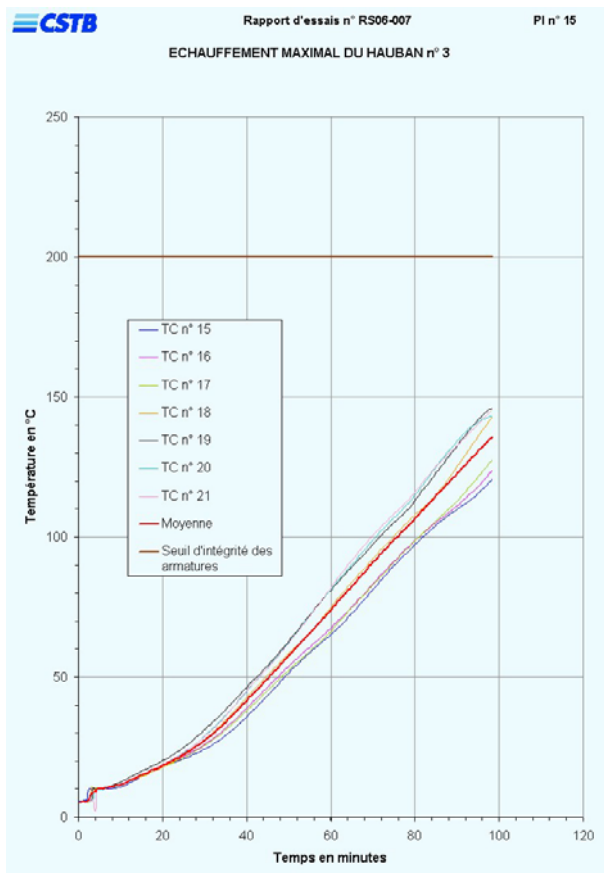
Le graphique ci-dessous (fig. 19) résume l'ensemble des valeurs importantes observées.

On peut noter que la protection a un comportement relativement linéaire qui permet de bien définir la T° quelque soit le temps d'exposition ; il permet même une relativement bonne extrapolation des résultats à 2h00.

On note sur le graphique que l'élévation de température est de l'ordre de 2,30°C/min pour 20 mm de protection et 1,3°C /min pour 30 mm.



Figures 16 et 17



Figures 18 et 19

Observations après essai

Après démontage du banc d'essai les observations suivantes ont été faites :

Aspect extérieur

les protections sont toujours en place ; seuls quelques écartements de joints entre matelas de la couche externe sont observés.

la couche externe est vitrifiée ; la protection se casse en morceau lorsqu'on essaie de la retirer.

les cerclages en feillard sont en place et les zones de recouvrement sont toujours collées.

Aspect intérieur

la protection à 2 couches, se désagrège complètement jusqu'à l'apparition des torons ; on constate que la gaine PEHD des monotorons a disparu.

Les échantillons à 3 couches se désagrègent jusqu'à la 3^{ème} couche mais la face intérieure de cette dernière reste collée sur le PEHD des monotorons partiellement fondus.

Les photos des figures 20 et 21 illustrent ces résultats.



Figures 20 et 21

8. CONCLUSION

La protection montre un bon comportement dans le temps, avec une montée régulière des températures. L'essai a été réalisé par feu d'hydrocarbure pour une température plus élevée que celle de l'essai demandé au CCTP.

Le seuil d'intégrité des armatures (200°C) a été atteint au bout de 1h40 pour la protection 2 couches et, par extrapolation, au bout de 2h30 pour la protection 3 couches.

Le CCTP prévoit une température de 100°C au bout d'une heure sous un feu de 1000°C ; la protection à 2 couches permet d'obtenir 135°C au bout d'une heure sous 1100°C ce qui correspond à un niveau de protection sensiblement équivalent.

Toutefois, le critère le plus significatif reste le seuil d'intégrité des armatures périphériques à 200°C qui, lui, est assuré pendant plus de 1h30 avec la protection 2 couches, ce qui est sécuritaire pour la protection des câbles extradossés et des haubans.

Au-delà du critère de température demandé, ce principe de protection apporte les avantages suivants :

- **Poids diminué** : par rapport à une solution type "mortier réfractaire + tube inox", une telle protection permet d'économiser un poids linéaire de 25 à 30 kg au ml soit 40 à 50 T pour l'ensemble de l'ouvrage Viaduc de la Ravine des Trois Bassins (tonnage des câbles : 94 T)
- **Entretien facilité** : l'utilisation d'une gaine PEHD pour le gainage extérieur ne nécessite pas d'entretien et évite tout risque de corrosion dans le temps. De plus le matelas est un produit minéral qui possède une grande durée de vie.

- **En cas d'incendie** : le matelas étant un produit conçu pour fonctionner en régime permanent à 1000°C, il reste donc très stable dans le cas d'un feu moins important.
De plus, ses caractéristiques font qu'il change de couleur au-dessus de 800°C, ce qui facilite l'inspection et le diagnostic de la zone exposée après un incendie.
- **Facilité de montage** : ce système de protection est facile à mettre en œuvre à la fois dans la phase de construction mais également lors d'une éventuelle opération d'entretien ou de réparation.
Son montage se dissocie totalement de lui des câbles extradossés ou des haubans.
- Cette protection s'inscrit dans le cadre du développement durable, de la protection de l'environnement, de la sécurité des usagers et du personnel de mise en œuvre.