

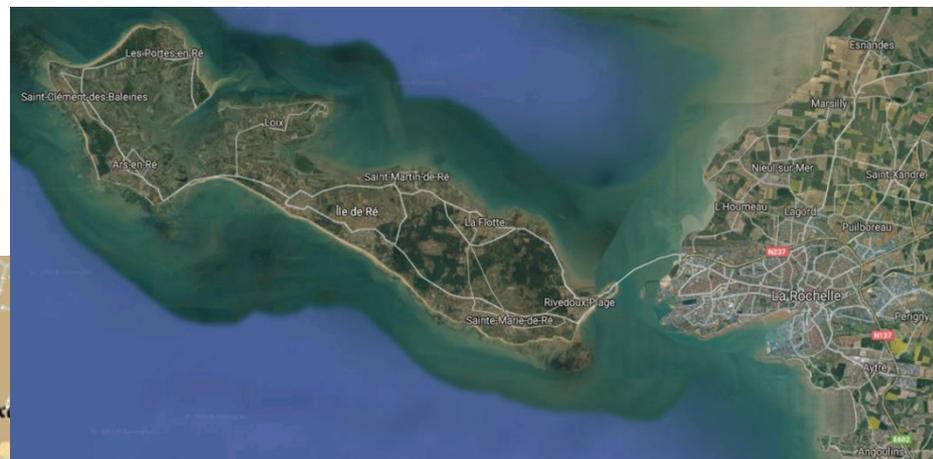


**REX « PRÉCONTRAINTÉ EXTÉRIEURE »
AIPCR, webinar 2 novembre 2020**

**RD 735 – PONT DE L'ILE DE RE
RUPTURE D'UN CÂBLE DE PRÉCONTRAINTÉ
DANS LE CAISSON DE L'OUVRAGE**

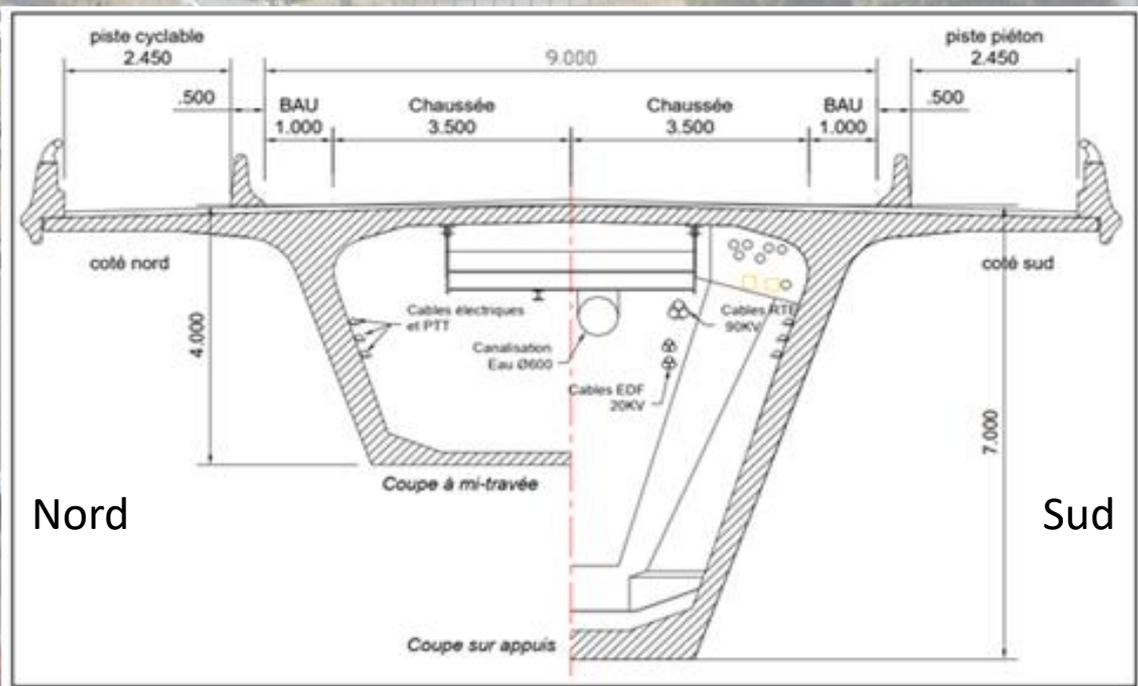
**Pierre-Marie AUDOUIN-DUBREUIL (CD 17)
Bruno GODART (UGE)**

I. PRÉSENTATION GÉNÉRALE



Un ouvrage d'importance stratégique à 2 voies, supportant la Route Départementale n°735, seul accès à l'île de Ré :

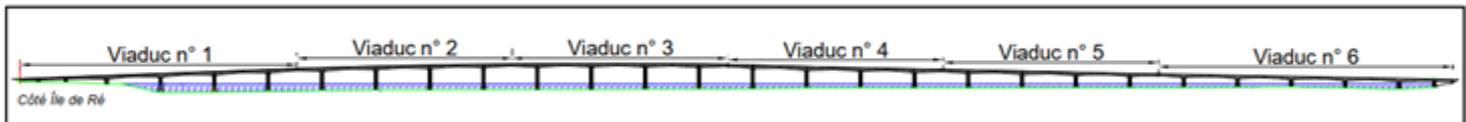
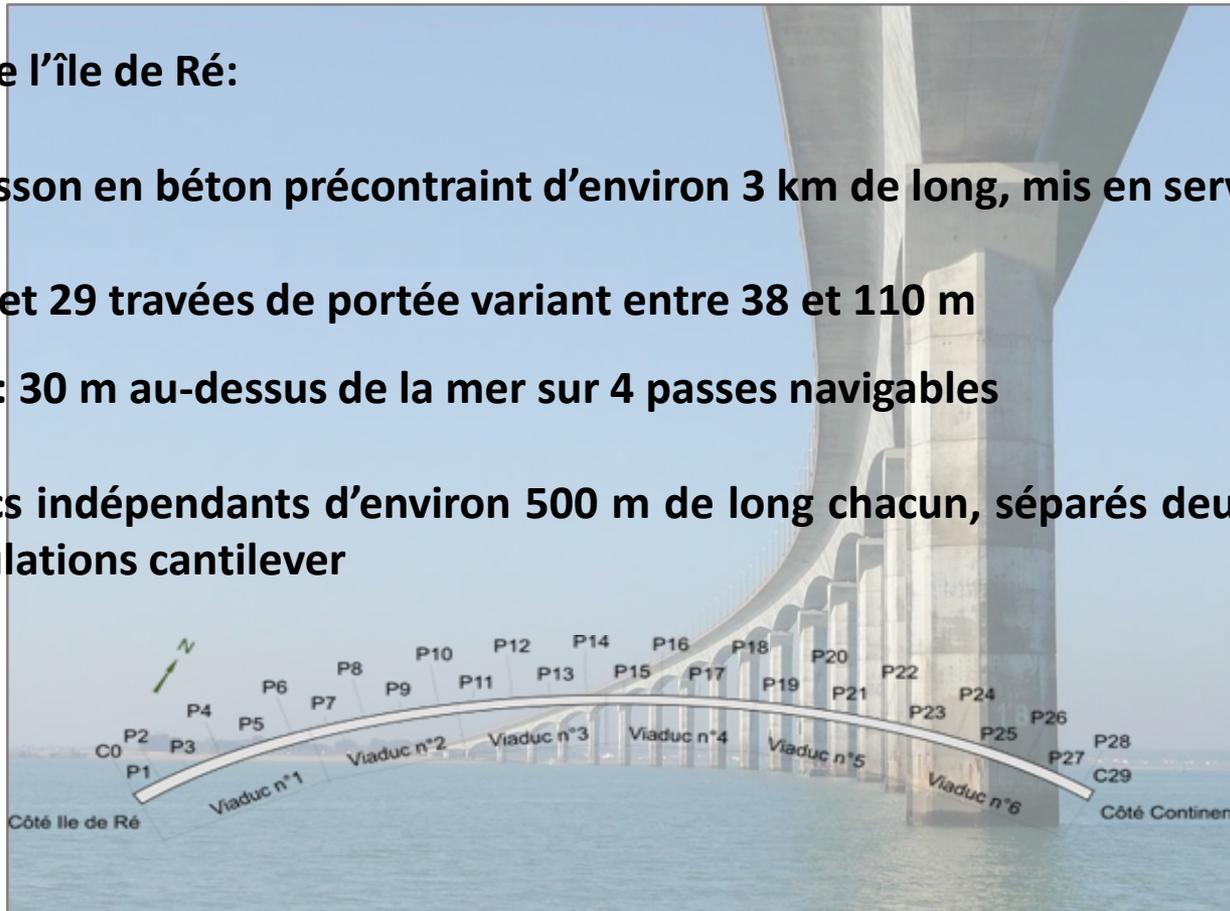
Environ 17 000 véhicules par jour en TMJA, avec environ 5% de Poids Lourds et pointe estivale enregistrée à 27 000 véhicules dans une journée.



II. PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE

Le pont de l'île de Ré:

- Pont caisson en béton précontraint d'environ 3 km de long, mis en service en 1988
- 28 piles et 29 travées de portée variant entre 38 et 110 m
- Gabarit : 30 m au-dessus de la mer sur 4 passes navigables
- 6 viaducs indépendants d'environ 500 m de long chacun, séparés deux à deux par des articulations cantilever



A l'intérieur du caisson :

- une conduite \varnothing 600 d'alimentation en eau potable
- des réseaux haute tension, HTA Enedis de 20 000 V et HTB RTE de 90 000 V
- téléphone, fibre optique, éclairage public, alimentation interne,...



Nord

Sud

III. RUPTURE D'UN CÂBLE DE PRÉCONTRAINTE EXTÉRIEURE

Le 13 septembre 2018 : constat de la rupture d'un câble de précontrainte à l'intérieur du caisson, le 9.3 Sud dans le viaduc 2, entre les piles P7 et P9.



Aussitôt, le Département :

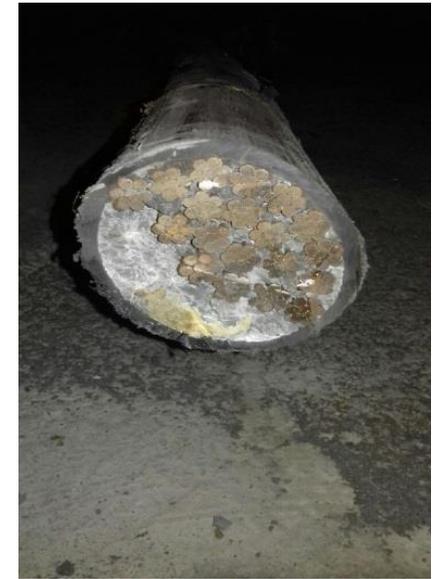
- diligente une expertise technique auprès du Réseau Scientifique et Technique (RST – IFSTTAR et Cerema)
- lance une consultation en procédure d'urgence impérieuse afin de remplacer le câble de précontrainte défectueux.

Un comité technique d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage a été immédiatement mis en place entre le Département de la Charente-Maritime, le Cerema et l'Institut « Gustave Eiffel », formalisé par une convention de R&D.

- Très rapidement, le Département a mis en place une restriction de trafic, validée par le RST :

- limitation de tonnage à 38 T
- limitation de vitesse à 50 km/h
- distance d'au moins 200 m entre 2 PL successifs

- L'expertise technique a conclu que la rupture a eu lieu au niveau de l'ancrage de P7, par corrosion des fils de torons, due principalement à la présence de mousse de polyuréthane humide, sans venue d'eau extérieure.



IV. EXPERTISE DE LA RUPTURE DU CÂBLE

Observations avant extraction de la tête rompue



Ancrage rompu à l'intérieur du caisson
Présence de mousse de polyuréthane.
(Photo UGE)

Observations après extraction de la tête rompue



Câble 19T15
Torons sains,
Présence de
mousse de
polyuréthane
(Photo UGE)

Observations après extraction de la tête rompue



Zone corrodée :

Présence de mousse de polyuréthane et de coulis fragmenté ou ségrégé.

La mousse épouse parfaitement les torons.

(Photo UGE)

Observations après extraction de la tête rompue



Zoom sur la zone
de rupture
corrodée :
Dissolution de fils
et fils rompus
Ruptures
réparties depuis
quelques
centimètres
jusqu'à environ un
mètre de la
plaque d'ancrage.

(Photo UGE)

Observations après extraction de la tête rompue



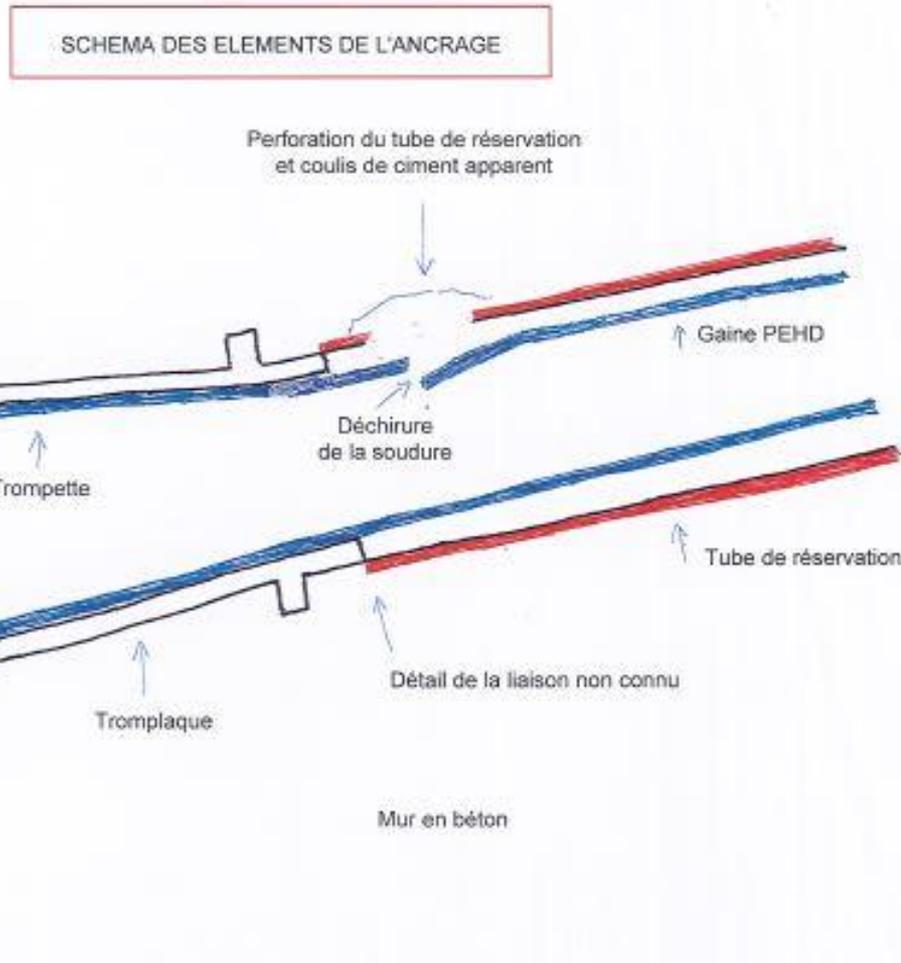
Ruptures majoritairement anciennes avec un taux qui avoisine les 60%.

Absence de chlorures provenant de l'extérieur.

La mousse contient des chlorures.

(Photo UGE)

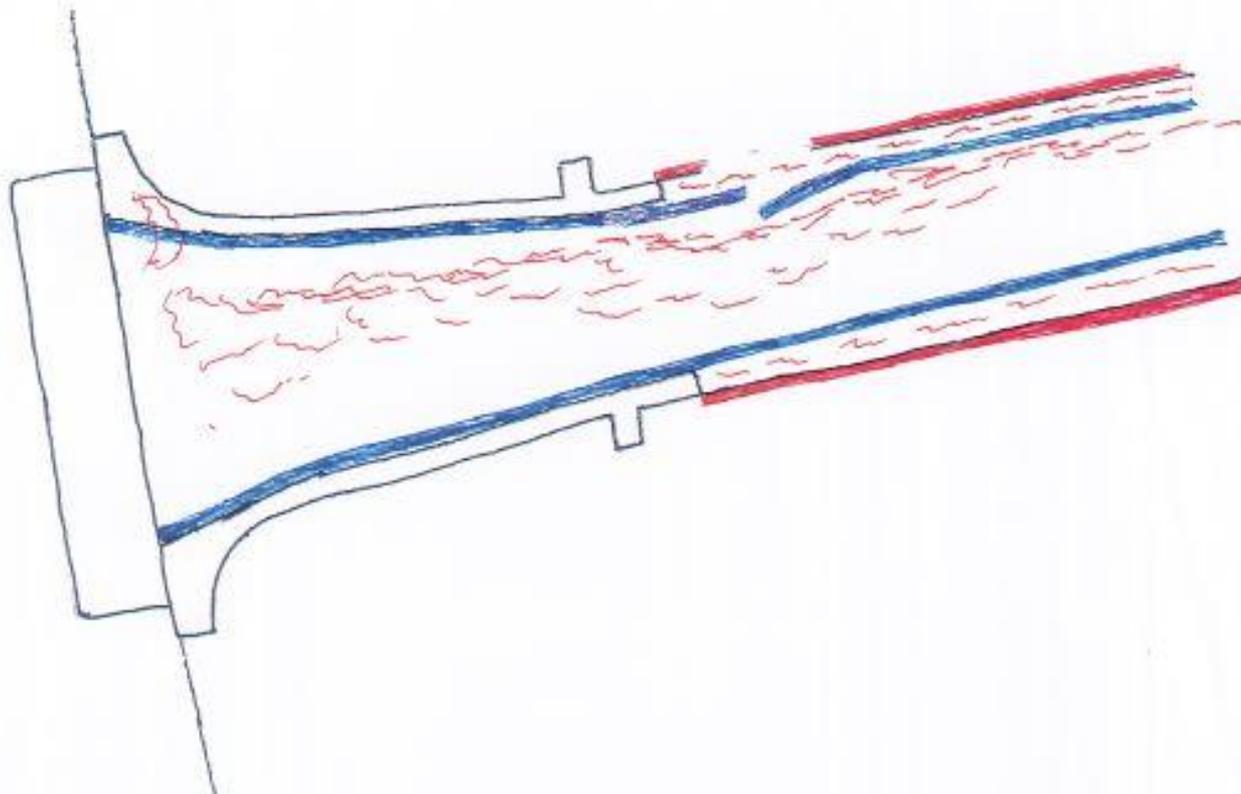
Observation et explication



Déchirure de la soudure entre trompette et gaine PEHD.
Fuite de coulis ...

Observations après extraction de la tête rompue

LOCALISATION DE LA MOUSSE



Localisation de la mousse humide trouvée à l'autopsie, mélangée avec le coulis. Absence de venue d'eau extérieure.

Analyse du phénomène

1. Déchirure de la soudure entre trompette et gaine PEHD, vraisemblablement lors de la mise en tension du câble...
2. Fuite de coulis et impossibilité de remplir la gaine...
3. Décision d'injecter de la mousse de polyuréthane via l'espace entre le tube et la gaine opposé à l'ancrage, et depuis le trou d'évent de la tromplaque, pour colmater la fuite au niveau de l'ancrage ; pénétration de la mousse à l'intérieur de la gaine et de la trompette
4. Injection du coulis de ciment sous pression.
5. Le coulis pénètre et repousse la mousse en formant un amalgame de mousse et de coulis qui reste humide pendant des années...
6. Absorption de l'eau du coulis par la mousse et absence de prise du coulis...
7. Milieu propice à la corrosion (milieu très basique et humidité permanente)
8. Ruptures de fils par corrosion, avec et sans dissolution importante, puis rupture brutale des fils sains par surcharge finale des torons résiduels.

V – TRAVAUX DE REPARATION D'URGENCE

- Sanglage des nappes des câbles de précontrainte (contenant 1 à 6 câbles) dans le viaduc 1 (accès) et le viaduc 2 (accès + travaux), afin de limiter les conséquences d'une éventuelle rupture de câble.
- Contrôle par ultrasons sur les têtes d'ancrage des câbles de précontrainte afin d'évaluer leur état de dégradation (procédé « USCAN »[®]).
- Mise en place d'un système de suivi acoustique de la précontrainte dans les viaducs 1 et 2.



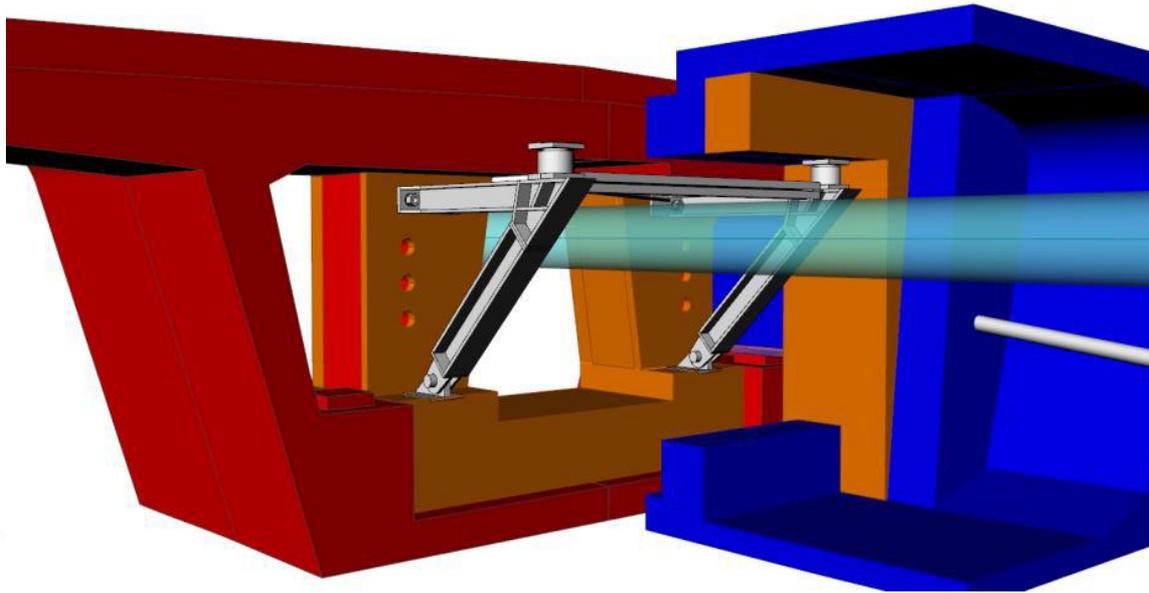
VI. CHANTIERS COMPLÉMENTAIRES AUX TRAVAUX D'URGENCE

Lors des travaux d'urgence, les contrôles USCAN ont révélé :

- que des câbles dont les têtes d'ancrage ne présentaient aucun indice visuel de présence de mousse de polyuréthane, pouvaient se révéler dans un état de corrosion significatif (d'où la décision d'effectuer les contrôles sur l'ensemble des ancrages, à l'avancement)
- que trois câbles dans le viaduc 1, dont un câble allant jusqu'au cantilever et un câble à proximité de la première articulation cantilever, présentaient un état de dégradation préoccupant et nécessitaient un remplacement rapide.
- Par ailleurs, il est apparu que les déviateurs inférieurs pouvaient céder en cas de blocage d'un câble lors d'une rupture spontanée et nécessitaient un renforcement par barres de précontrainte.

Afin de procéder au changement des câbles ancrés en extrémité de cantilever, il est nécessaire de conforter le viaduc mâle à l'aide :

- d'une chèvre métallique auxiliaire avec vérinage, afin de transférer les réactions d'appui en service à partir du nez du cantilever,
- d'une précontrainte intérieure provisoire de brêlage, afin d'apporter la compression nécessaire en partie basse de caisson sur les derniers voussoirs de la travée cantilever du viaduc 1.



VII - STRATÉGIE DE SUIVI DE LA PRÉCONTRAINTÉ DANS LE PONT DE RÉ

Sécurité des personnes et de la structure :

- Sanglage des câbles de précontrainte dans les 4 autres viaducs de l'ouvrage (viaducs 3 à 6)
- Contrôles non destructifs exhaustifs des têtes d'ancrage afin de connaître l'état de dégradation des câbles dans les 4 autres viaducs
- Suivi acoustique de la précontrainte.

Robustesse de l'ouvrage :

- Remplacement de tous les câbles de nez de cantilever
- Renforcement de tous les déviateurs inférieurs.

Puis :

- Remplacement des câbles de précontrainte « à la demande » en fonction de l'avancement de la corrosion.

Remerciements à Laurent Gaillet,
Michel Grasset et Christelle Herbin,
laboratoire SMC de l'UGE.