

IMGC

LA DURABILITÉ DE LA PRÉCONTRAINTE EXTÉRIEURE

Journée Technique
Vendredi 27 septembre 2019
FNTP – 3 Rue de Berri, 75 008 PARIS

AFGC
Association Française de Génie Civil

De l'inspection visuelle au diagnostic

Etude de cas: câbles de précontrainte extérieure de viaducs à tabliers en caissons préfabriqués

Sites
VEILLE SUR VOS STRUCTURES

Bertrand Collin

SOMMAIRE

Contexte et objectifs

Méthodologie

Inspection : résultats et préconisations

Diagnostic : programme et résultats

Conclusion de l'étude de cas

Sites
VEILLE SUR VOS STRUCTURES

Bertrand Collin

Contexte et objectifs

Caractéristiques principales

Nouvelle infrastructure construite entre 2008 et 2012

- **Ouvrages d'art et tunnels de tous types**
- **9 660 mètres en viaduc (17 viaducs)**
- ***Deux viaducs à tabliers construits par encorbellements successifs - Linéaire cumulé = 1 078 mètres***
- **11 viaducs à tabliers en caissons préfabriqués**

  Linéaire cumulé = 7 900 mètres

Contexte et objectifs

Caractéristiques principales

Viaducs à tablier en caissons préfabriqués

- **Longueur des viaducs: de 174 à 3280 mètres**
- **Travées-type: de 22 à 54 mètres (de 10 à 22 éléments)**
- **Précontrainte intérieure et extérieure**

Précontrainte extérieure

- **Gaines PEHD**
- **Torons insérés individuellement dans la gaine**
- **Injection au coulis de ciment**
- **4 à 8 câbles par travée, soient plus de 1000 câbles…**

Contexte et objectifs

Vues générales



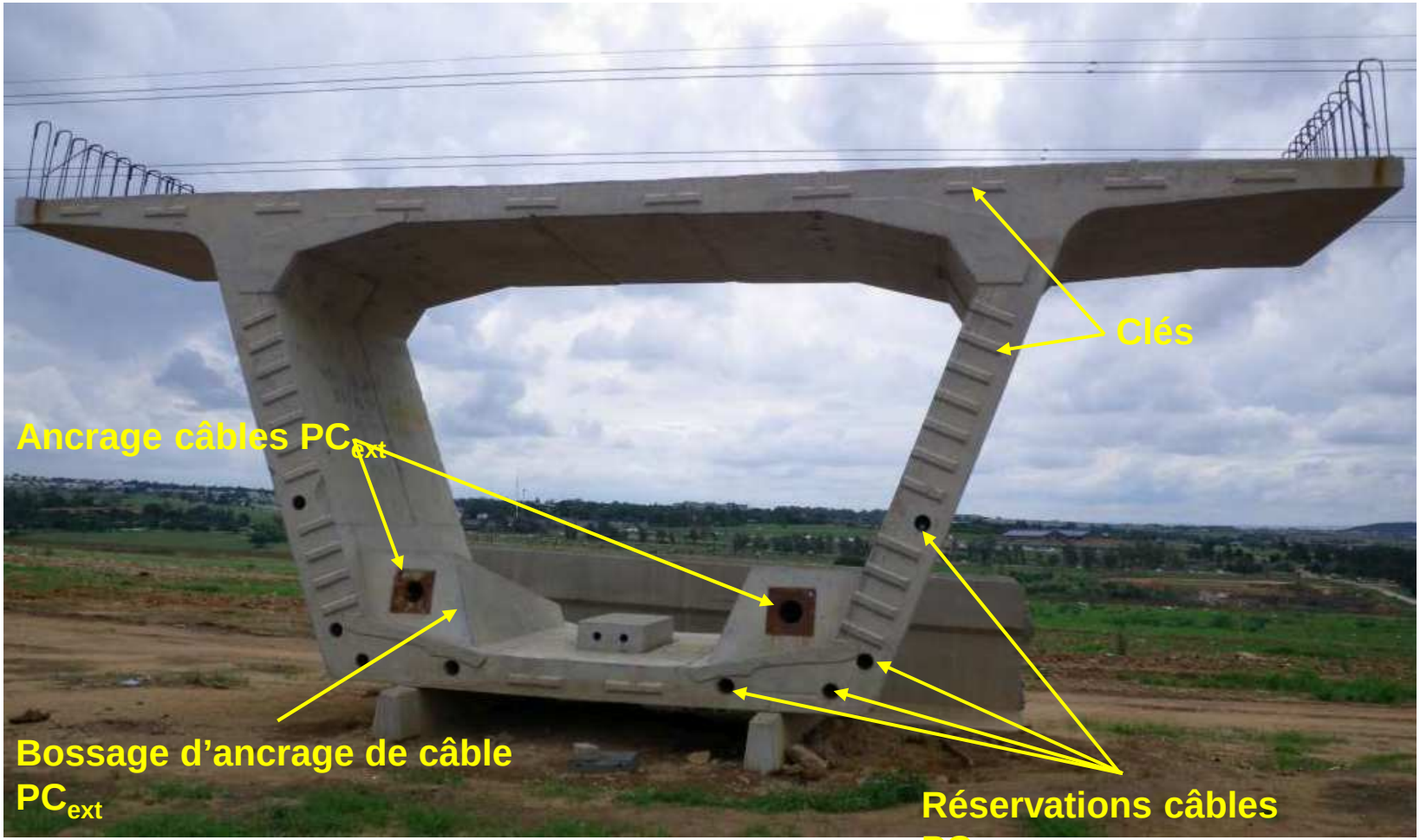
Contexte et objectifs

Vues générales



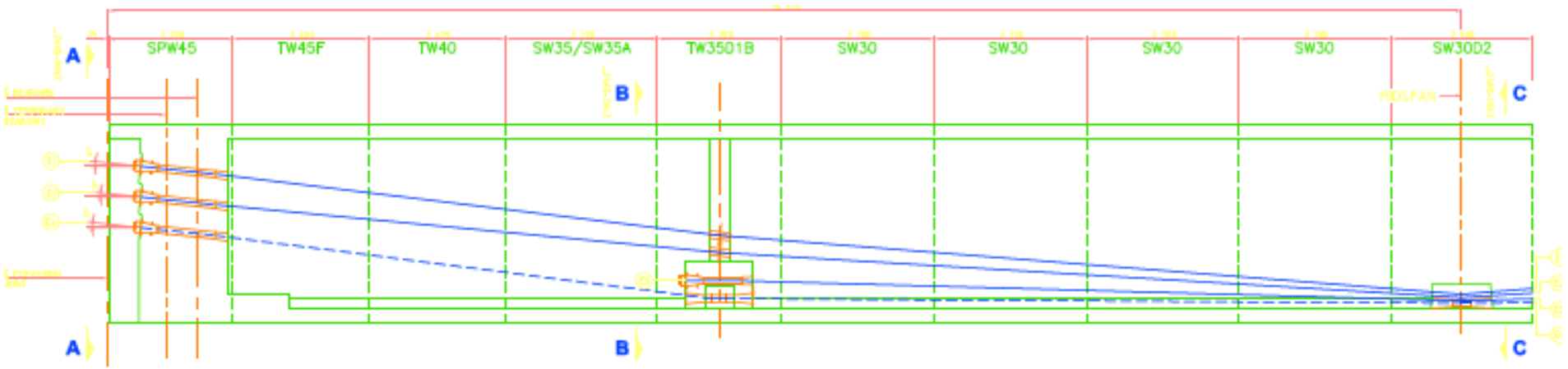
Contexte et objectifs

Voussoir témoin

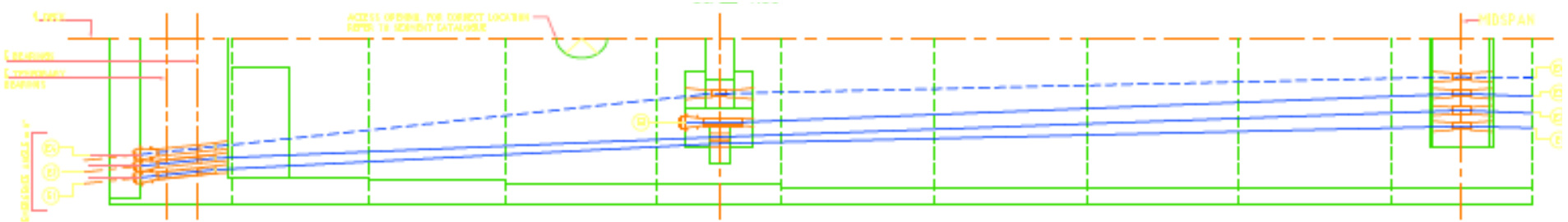


Contexte et objectifs

Caractéristiques générales



½ Elévation – Echelle 1 /50



½ Vue en plan – Echelle 1 /50

Précontrainte extérieure – Elévation et vue en plan (4 à 8 câbles par travée)

Contexte et objectifs

Intérieur d’un tablier



Vue générale de l’intérieur d’un caisson

Contexte et objectifs

Evaluation de l'état initial des ouvrages

Enjeux

→ **Donnée d'entrée de base de la surveillance préventive**

→ **Aspects contractuels: ouvrages sous garantie**

→ **Ouvrages exceptionnels « iconiques »**

→ **Durée de vie attendue: 100 ans**

Méthodologie

Inspection Détaillée Initiale

Focus sur la précontrainte extérieure

- Analyse documentaire
- Examen visuel : ancrages, déviateurs, gaines
- Sonnage des gaines: détection des « sonne creux »
- 176 travées indépendantes (7 900 mètres de tablier)
- Plus de 1000 câbles…

Résultats

Dégradation des gaines – Parties courantes



Défauts de raccordement d'éléments de gaine

Résultats

Dégradation des gaines - Déviateurs



Entrée de câble dans déviateur
Déformation de la gaine et finition rapide du déviateur

Résultats

Dégradation des gaines - Déviateurs



Entrée de câble dans déviateur
Déformations et déchirures de la gaine

Résultats

Dégradation des gaines - Déviateurs



Entrée de câble dans déviateur
Déformation de la gaine, fissuration et épaufrures sur déviateur

Résultats

Dégradation des gaines - Déviateurs



Entrée de câble dans déviateur - Déchirures de la gaine

Résultats

Dégradation des gaines - Déviateurs



Entrée de câble dans déviateur - Déchirures de la gaine

Résultats

Déformations anormales des câbles



Festonnage

Résultats

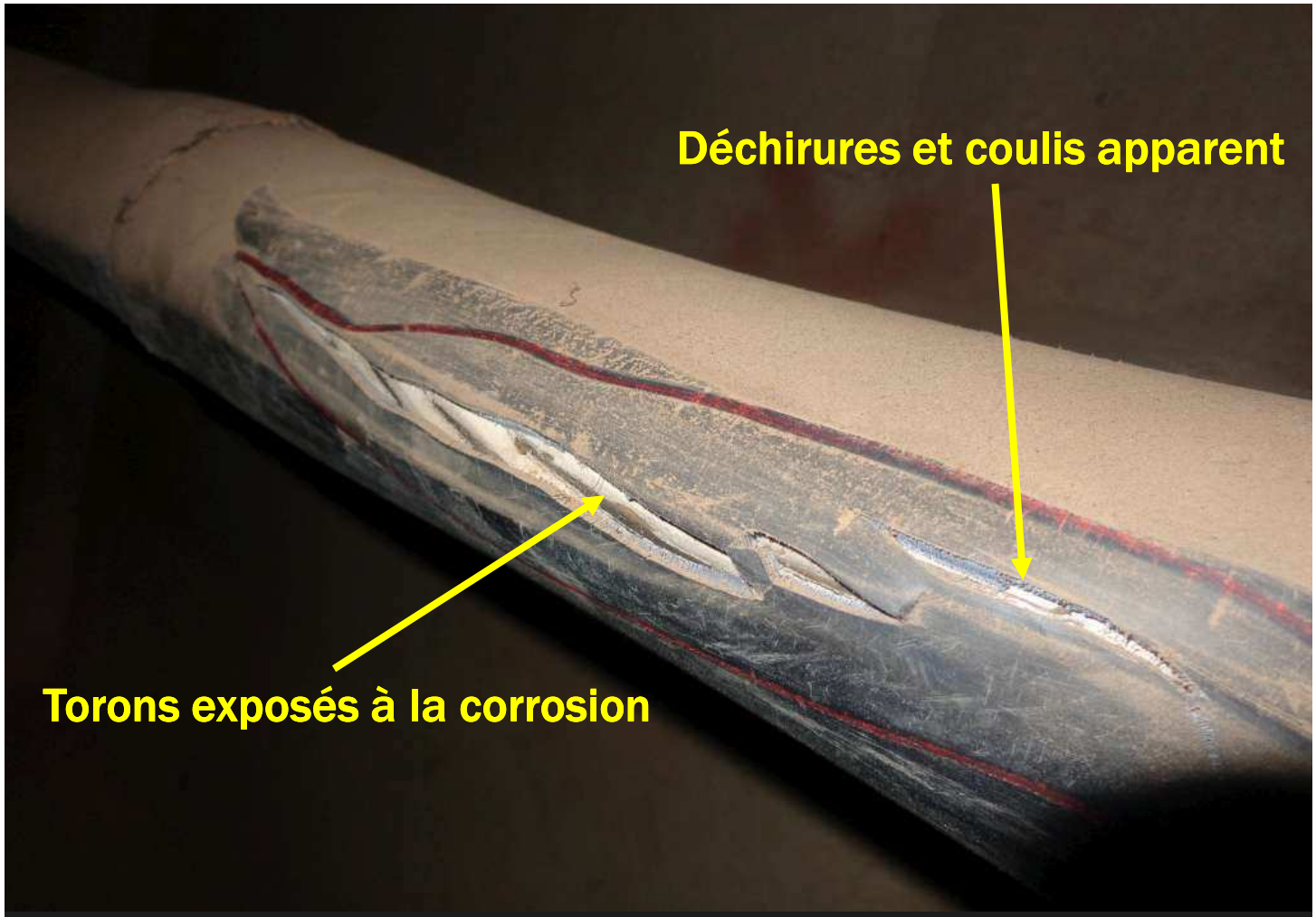
Déformations anormales des câbles



Festonnage avec déchirures des gaines

Résultats

Dégradation des gaines – Déchirures



Déchirure à proximité d'une zone festonnée

Analyse

Vides entre éléments de gaine

Causes probables

- **Mauvaise réalisation des joints**
- **Ouverture des joints lors de la mise en tension**

Conséquences: création de zones vulnérables

Recommandations

- **Réfection des joints entre éléments**
- **Vérification de la durabilité des réparations**

Analyse

Zones de « sonne creux »

Cause probable: manque de coulis d'injection

Conséquences: création de zones vulnérables

Recommandations: investigations complémentaires

Analyse

Fissures et épaufrures en entrée de déviateur

Causes probables

- **Défauts de réalisation des déviateurs**
- **Mise en œuvre de la précontrainte**

Conséquences: fragilisation du déviateur et du câble

Recommandations

- **Réfection des déviateurs**
- **Vérification de la durabilité des réparations**

Analyse

Déchirures des gaines en entrée de déviateur

Causes probables

- Mise en œuvre de la précontrainte
- Défauts de réalisation des déviateurs

Conséquences

- Fragilisation du câble en zone sensible
- Corrosion des torons apparents

Recommandations

- Réfection de la gaine et du déviateur
- Vérification de la durabilité des réparations

Analyse

Festonnage des câbles

Causes probables

- Existence de torons non tendus ou rompus
- Mise en œuvre de la précontrainte

Conséquences

- Mauvaise répartition des efforts de précontrainte
- Fragilisation du câble en zone sensible

Recommandations: investigations complémentaires

Analyse

Festonnage, déchirures gaine, torons apparents

Causes probables

- Existence de torons non tendus ou rompus
- Mise en œuvre de la précontrainte

Conséquences

- Mauvaise répartition des efforts de précontrainte
- Fragilisation du câble
- Corrosion des torons apparents

Recommandations

- Investigations complémentaires
- Etude de réparation

Synthèse

Recommandations

Réparations

- Joints entre éléments de gaine
- Déviateurs

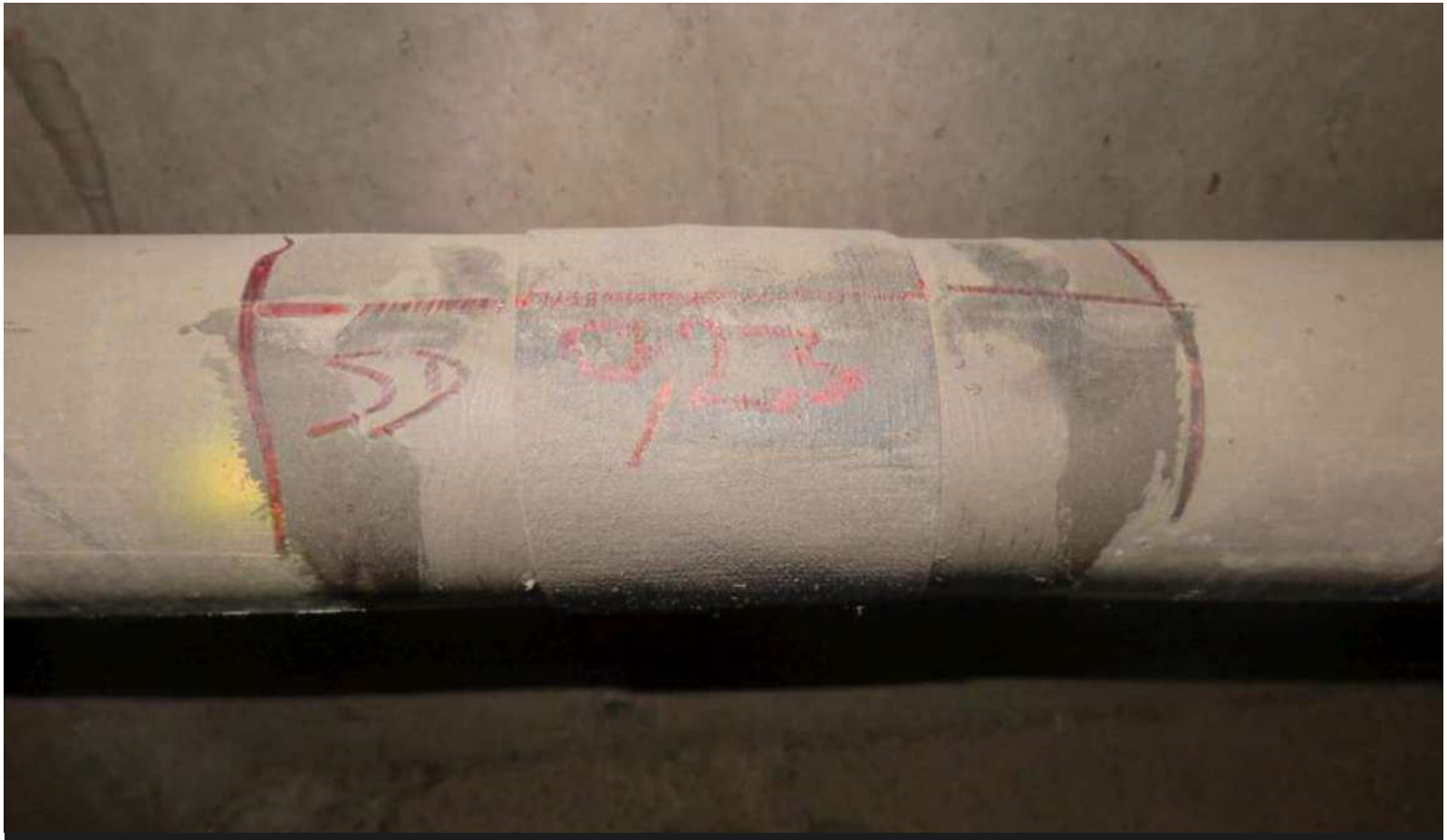
Investigations complémentaires

- Etude documentaire
- Sondages sur zones « sonne creux »
- Auscultation des zones festonnées

Surveillance: efficacité et durabilité des réparations

Réparations

Joints entre éléments de gaines PEHD



Réparation-type d’un joint (« patch »)

Réparations

Déviateurs



Réparation de la zone d’entrée de câble dans le déviateur

Investigations complémentaires

Programme

- **Analyse documentaire**
- **Sondages destructifs: vides d'injection**
- **Gammagraphie Iridium: tension / rupture de torons**
- **Sondages destructifs: ouverture des gaines**

Investigations complémentaires

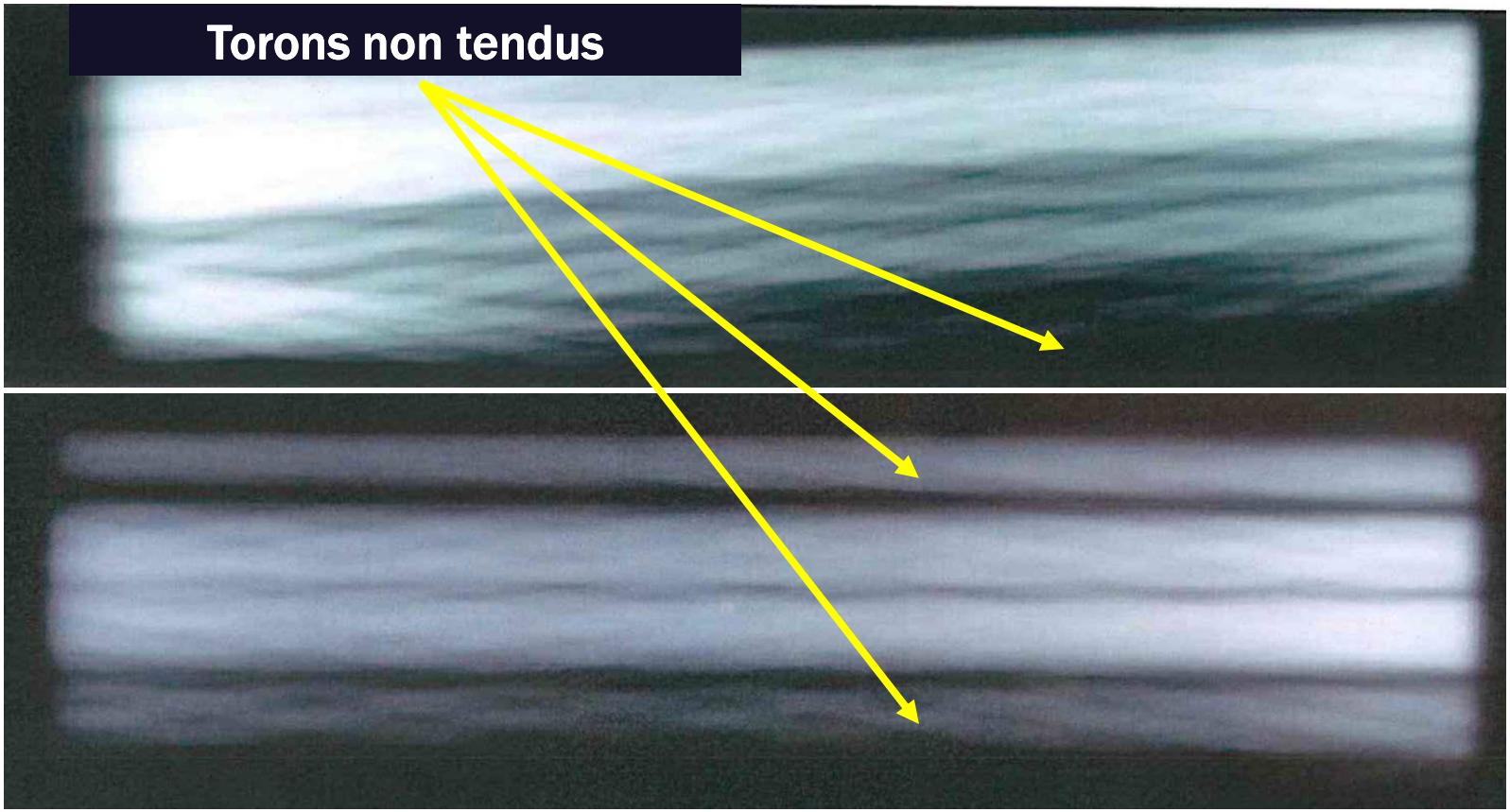
Résultats – Sondages destructifs



Sondages destructifs sur certaines zones « sonne creux »

Investigations complémentaires

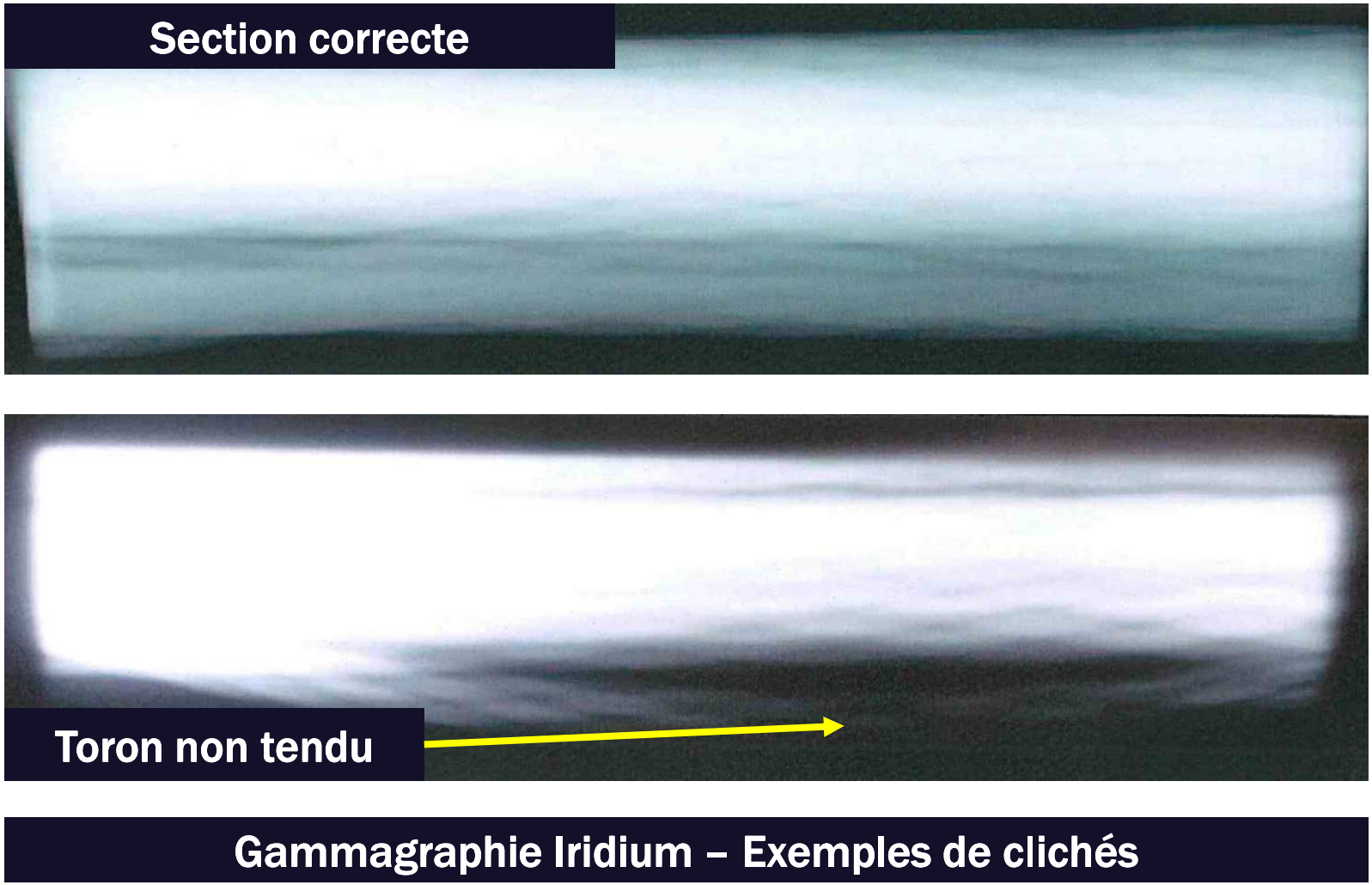
Résultats – Gammagraphie Iridium



Gammagraphie Iridium – Exemples de clichés

Investigations complémentaires

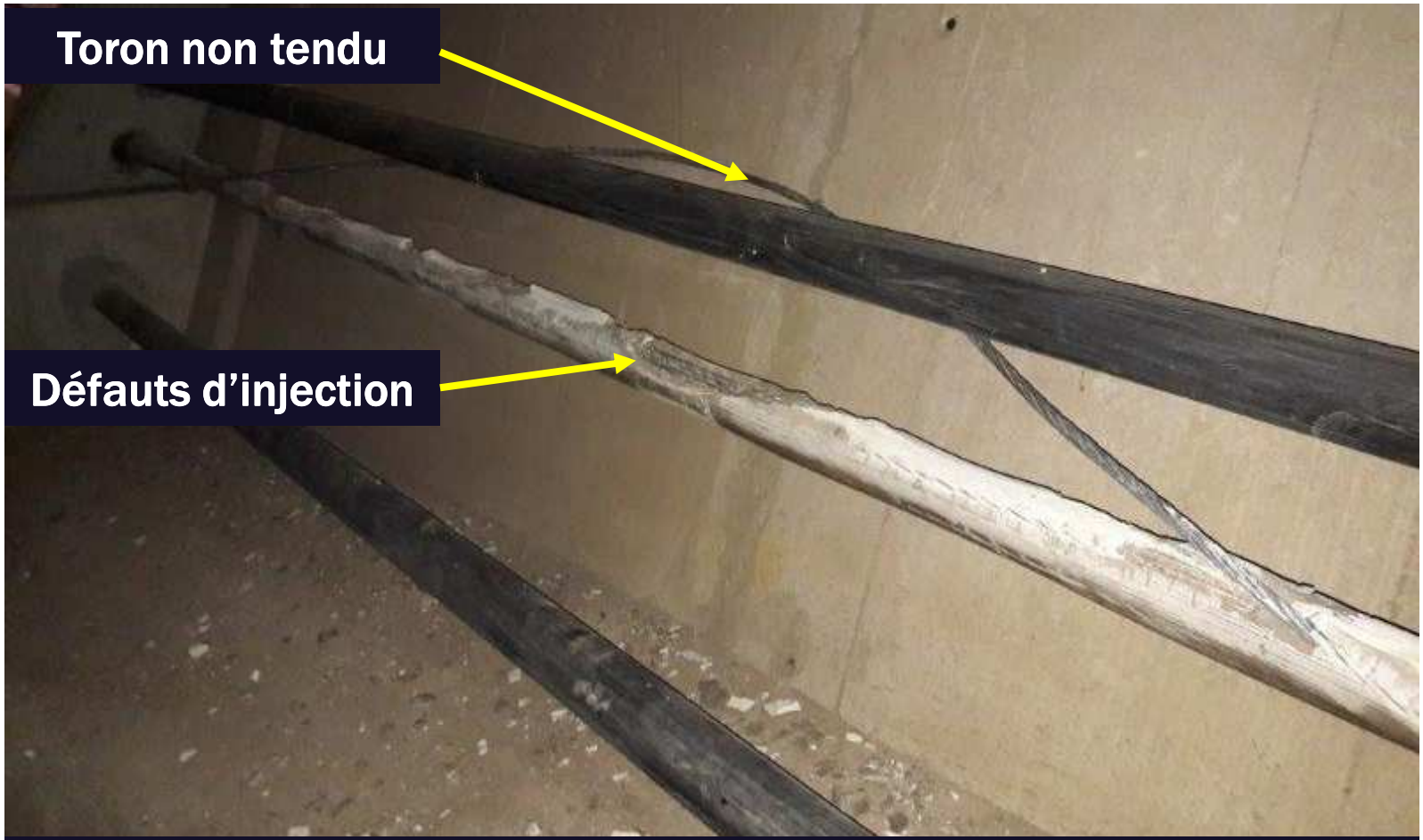
Résultats – Gammagraphie Iridium



Gammagraphie Iridium – Exemples de clichés

Investigations complémentaires

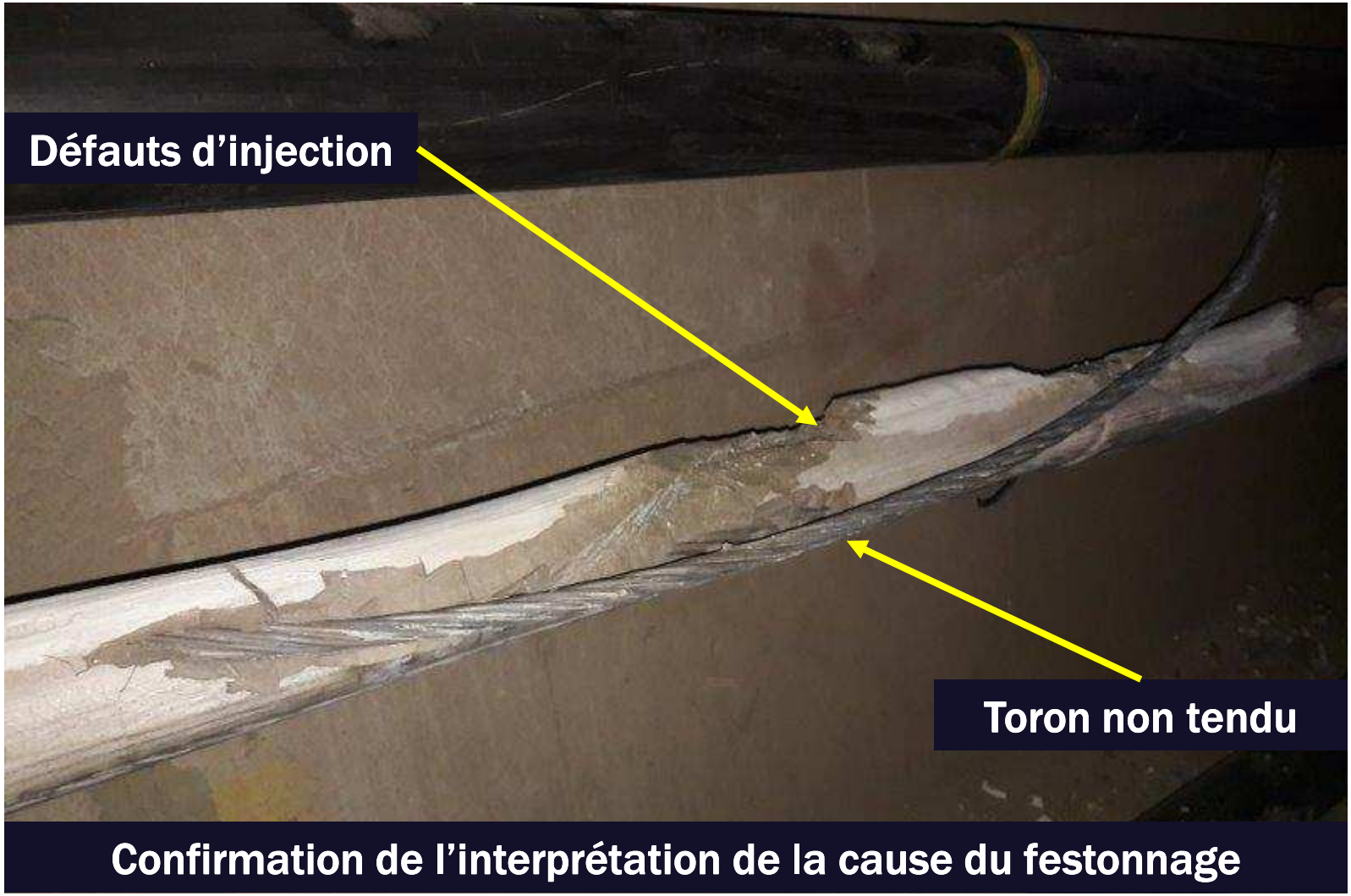
Résultats – Ouverture des gaines



Confirmation de l'interprétation de la cause du festonnage

Investigations complémentaires

Résultats – Ouverture des gaines



Confirmation de l'interprétation de la cause du festonnage

Suites

Application des garanties constructeur

Etude de réparation

- Quantité et localisation des câbles défectueux (< 5 %)
- Modélisation / Rétro-engineering
- Remplacement ou ajout de câbles

Surveillance particulière après réparation

- Inspections ciblées fréquentes (câbles et déviateurs)

CONCLUSIONS

Etude de cas

- **Grand projet : risques importants (échéances & volume)**
- **Importance de l'Inspection Détaillée Initiale**
- **Importance du positionnement « tierce partie », notamment pour justifier « sur pièces » l'applicabilité des garanties**
- **Concordance entre**
  - **Contraintes « publiques » (inauguration, mise en service, garanties)**
  - **Contrôle extérieur et suivi du chantier**
  - **Evaluation correcte, complète et objective de l'état initial**
  - **Actions nécessaires pour garantir la durée de vie (100 ans)**

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Sites
VEILLE SUR VOS STRUCTURES

Bertrand Collin