



**PIPELINE SUD-EUROPÉEN :
LA NOUVELLE VIE D'UN
OLEODUC PRECONTRAIT DES
ANNÉES 60**

**REHABILITATION PAR
PRECONTRAINTE ADDITIONNELLE
ET RENFORCEMENT PAR
COMPOSITE CARBONE**



SOMMAIRE

1. Le contexte du projet
2. La phase “diagnostic”
3. La phase “études”
4. La phase “chantier”
5. Synthèse

1. Contexte

2. Diagnostic

3. Etudes

4. Travaux

5. Synthèse

PRESENTATION DU PROJET

CONTEXTE

- ✓ Remise en service de l'oléoduc assurant l'approvisionnement de raffineries et sites pétrochimiques de l'axe FOS-SUR-MER / LYON / KARLSRUHE.
- ✓ Mission de maîtrise d'œuvre complète de réhabilitation/renforcement de la passerelle permettant le franchissement du lit majeur de la Durance au Sud d'Avignon, assurée par Diadès pour le compte de SPSE



1. Contexte

2. Diagnostic

3. Etudes

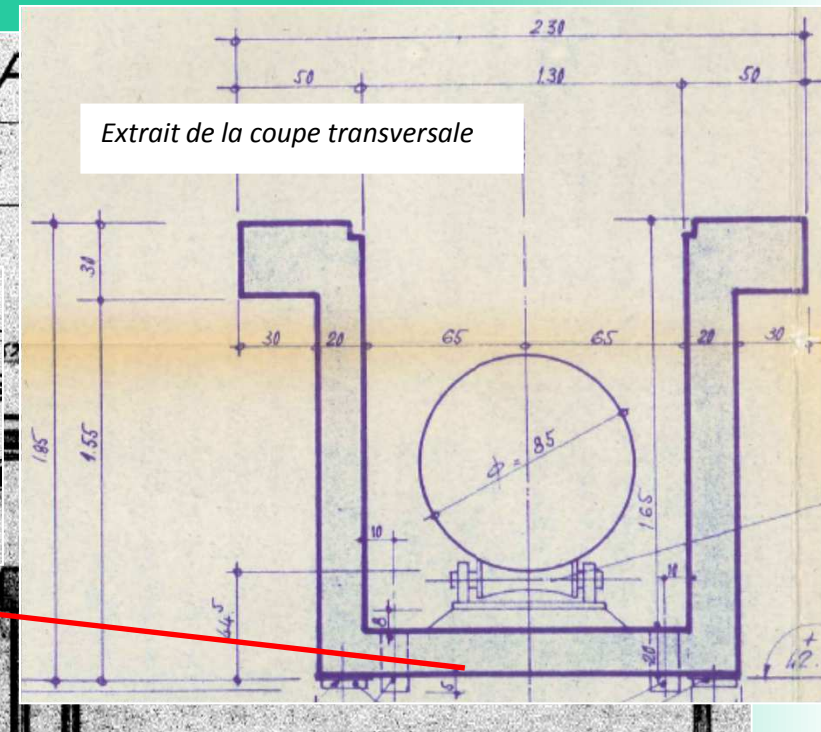
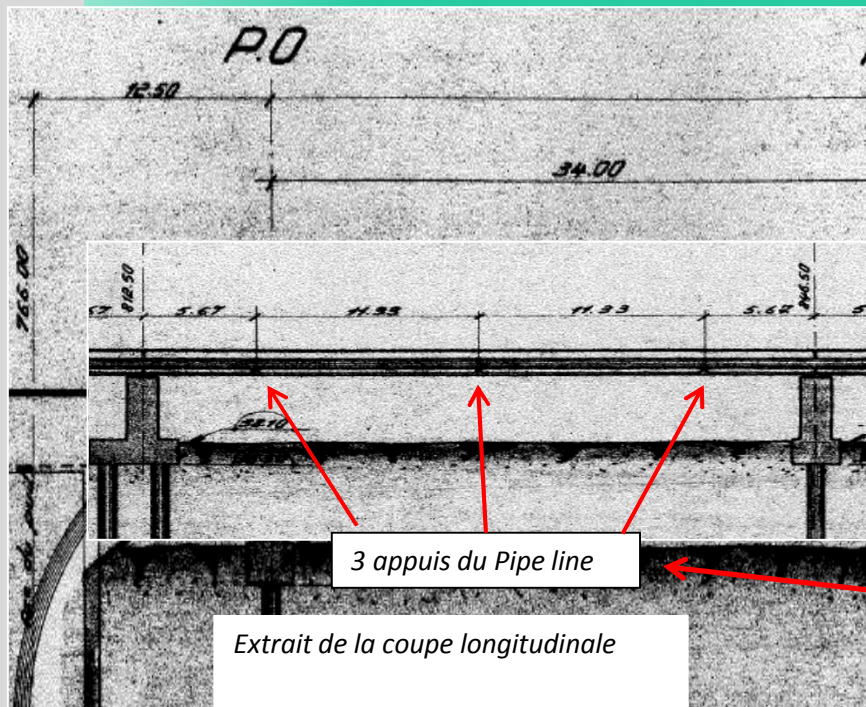
4. Travaux

5. Synthèse

PRESENTATION DU PROJET

✓ PRESENTATION DE L'OUVRAGE

✓ Il s'agit d'un ouvrage aérien, construit en 1962, en béton précontraint, d'une longueur de 280 m de 8 travées indépendantes de 34.



1. Contexte

2. Diagnostic

3. Etudes

4. Travaux

5. Synthèse

PRESENTATION DU PROJET

Type de structure	:	Pont Bâche en U isostatique précontraint
Longueur totale de l'ouvrage	:	284 m
Nombre de travées	:	8 travées isostatiques
Portée des travées	:	8 x 34.00 m
Largeur utile entre les âmes	:	1.30 m
Largeur totale	:	1.70 m
Épaisseur de l'âme	:	0.20 m
Hauteur utile	:	1.60 m
Hauteur totale	:	1.85 m
Épaisseur de la dalle	:	0.20 m
Type de fondations	:	Chaque travée est fondée : - d'un côté par un appui simple (1 seule ligne de pieux) - de l'autre côté par un appui double (2 lignes de pieux)
Type de précontrainte	:	Armatures GTM type CO2

PRESENTATION DU PROJET

1. **Contexte**
2. Diagnostic
3. Etudes
4. Travaux
5. Synthèse

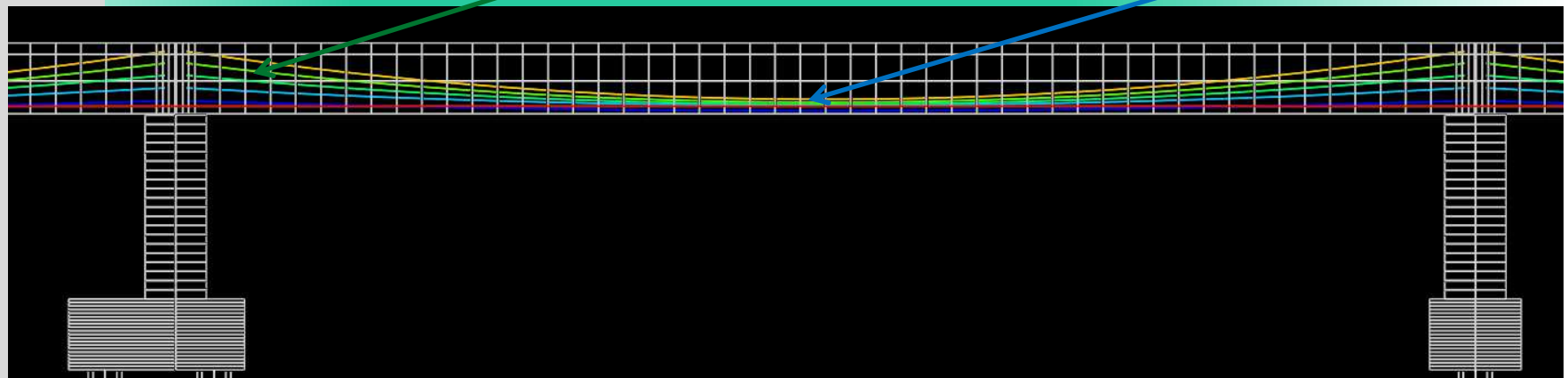
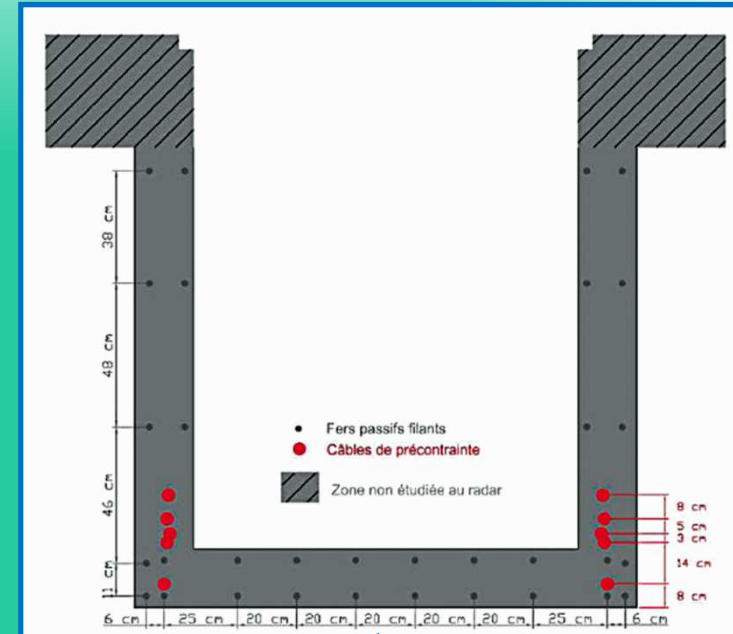
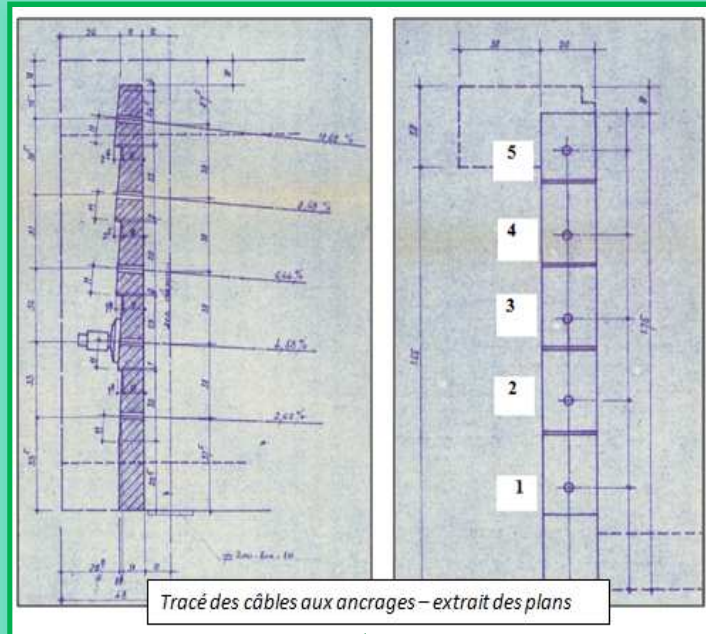
✓ OBJECTIFS DU RENFORCEMENT

La réhabilitation de cette passerelle avait pour principaux objectifs :

- la pérennisation de la structure,
- la mise en conformité sismique,
- la garantie d'un "libre" accès au pipeline, pour la maintenance.

1. Contexte
2. Diagnostic
3. Etudes
4. Travaux
5. Synthèse

PRESENTATION DU PROJET



1.	Contexte
2.	<u>Diagnostic</u>
3.	Etudes
4.	Travaux
5.	Synthèse

DIAGNOSTIC

✓ L'INTERET DU DIAGNOSTIC

La phase de diagnostic est **indispensable**, en amont des études. Elle permet :

- d'identifier l'état pathologique de l'ouvrage,
- de définir les hypothèses de base conformes aux résultats des investigations,
- de déterminer la capacité portante résiduelle de l'ouvrage,
- d'orienter la suite des études en identifiant les causes et les conséquences des désordres.

1.	Contexte
2.	<u>Diagnostic</u>
3.	Etudes
4.	Travaux
5.	Synthèse

DIAGNOSTIC

✓ DIAGNOSTIC DE LA PRECONTRAINTE EXISTANTE

Les **investigations** envisageables sur la précontrainte existante restent **limitées** et ne permettent pas à ce jour une caractérisation parfaite et **exhaustive de son état**.

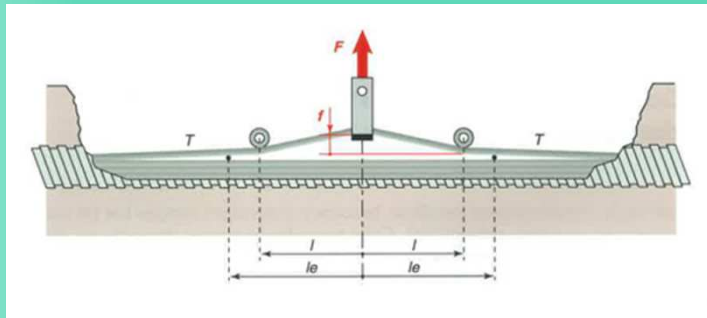
Les principales investigations fiables possibles sont :

- inspection visuelle (parement, gaines , torons),
- clichés par gammagraphie (injection et intégrité des câbles),
- implantation des fenêtres en fonction des analyses et gaines,
- ouvertures de fenêtres (prélèvements liquide éventuel et coulis),
- contrôles endoscopiques,
- essai à l'arbalète.

Ces investigations sont généralement complémentaires et fonction du niveau d'analyse nécessaire.

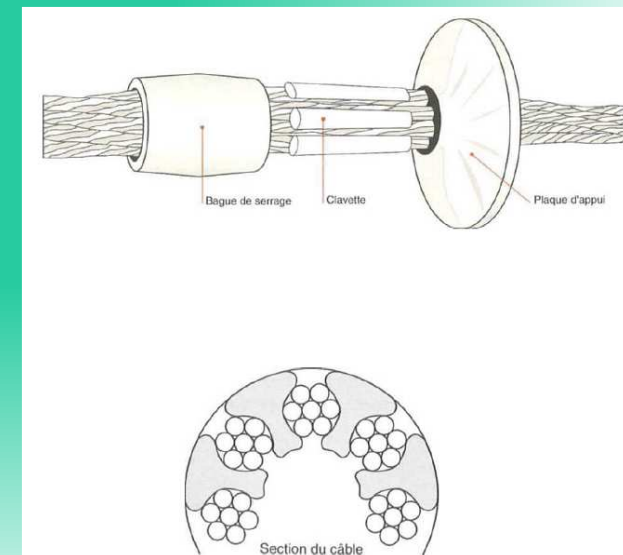
1. Contexte
2. **Diagnostic**
3. Etudes
4. Travaux
5. Synthèse

L'ESSAI A L'ARBALETE



Principe de l'essai à l'arbalète
($f = f(T_{\text{résiduelle}}, F)$)

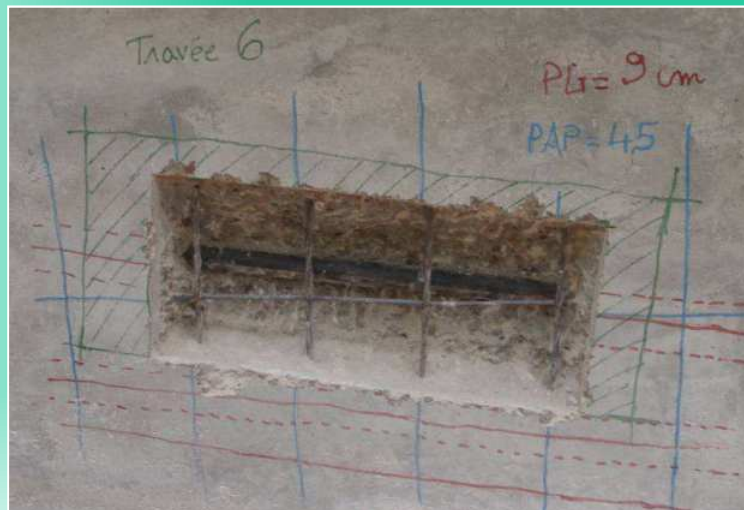
L'essai à l'arbalète, pour déterminer la tension résiduelle, nécessite de connaître le type de câble existant et une phase d'étalonnage en laboratoire (GTM type CO2 ici).



1. Contexte
2. **Diagnostic**
3. Etudes
4. Travaux
5. Synthèse

DIAGNOSTIC DE LA PRECONTRAINTE

**Détermination des tracés de câbles
et des aciers passifs par radar
(positionnement, profondeur)**



**Ouverture de fenêtre (sans
coupure d'aciers passifs si possible)**

1. Contexte
2. **Diagnostic**
3. Etudes
4. Travaux
5. Synthèse

DIAGNOSTIC DE LA PRECONTRAINTE

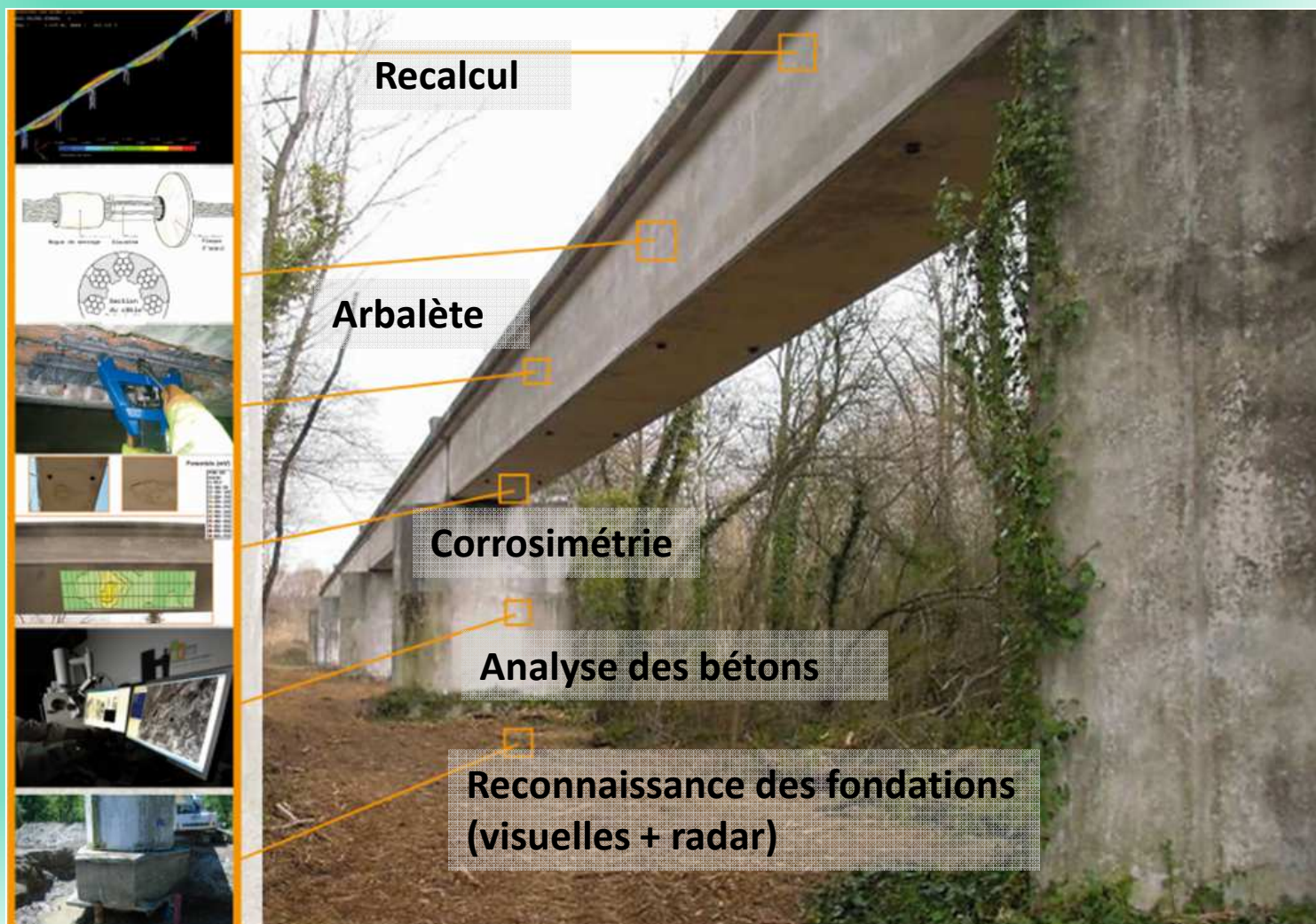
Réalisation des essais à l'arbalète



Fermeture de la fenêtre
(après passivation)

1. Contexte
2. **Diagnostic**
3. Etudes
4. Travaux
5. Synthèse

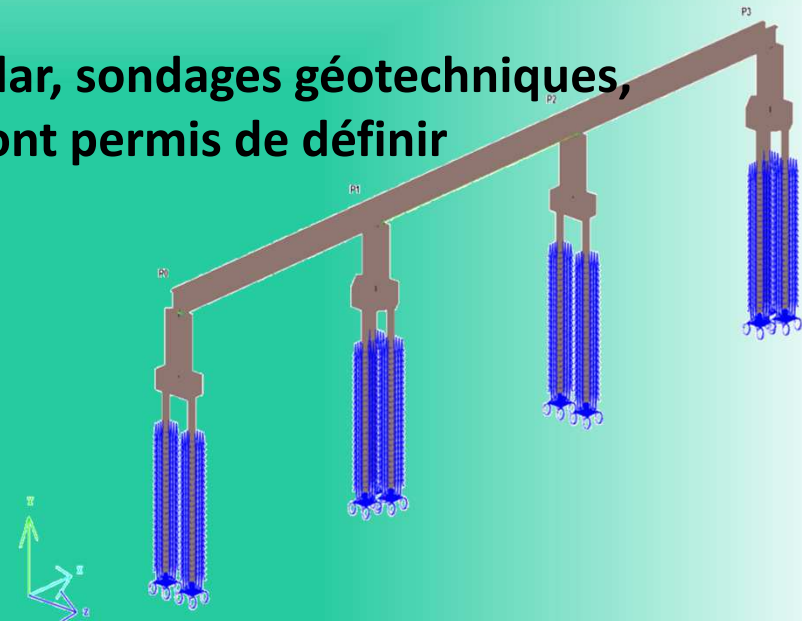
PRINCIPALES INVESTIGATIONS



1. Contexte
2. **Diagnostic**
3. Etudes
4. Travaux
5. Synthèse

MODELISATION DE LA STRUCTURE

Les différentes investigations (radar, sondages géotechniques, carottages et essais à l'arbalète) ont permis de définir les hypothèses de modélisation, et notamment celles liées aux interactions **sol/structure**.



Ces investigations permettent une **fiabilisation** du diagnostic, et l'optimisation des préconisations.

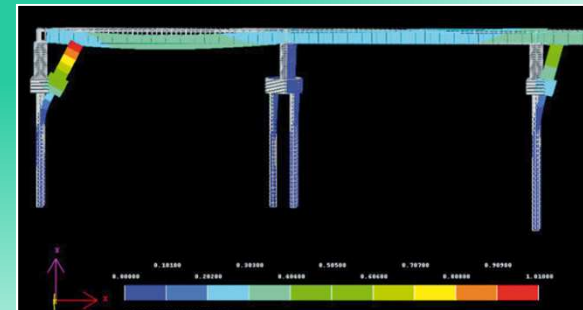
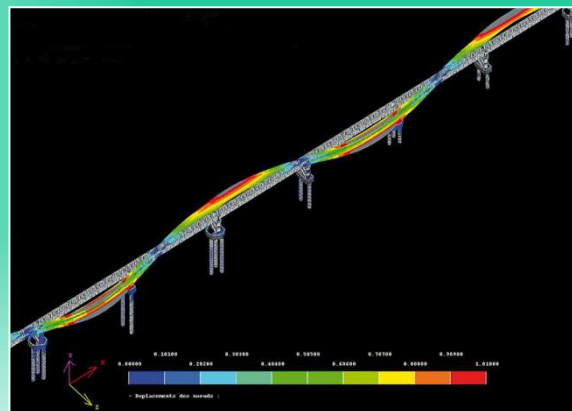
La problématique de surcompression du béton par précontrainte additionnelle nécessite un diagnostic précis (détermination de la tension résiduelle, approche par calculs en fourchette).

1. Contexte
2. Diagnostic
3. **Etudes**
4. Travaux
5. Synthèse

RESULTATS DE L'ANALYSE STRUCTURELLE

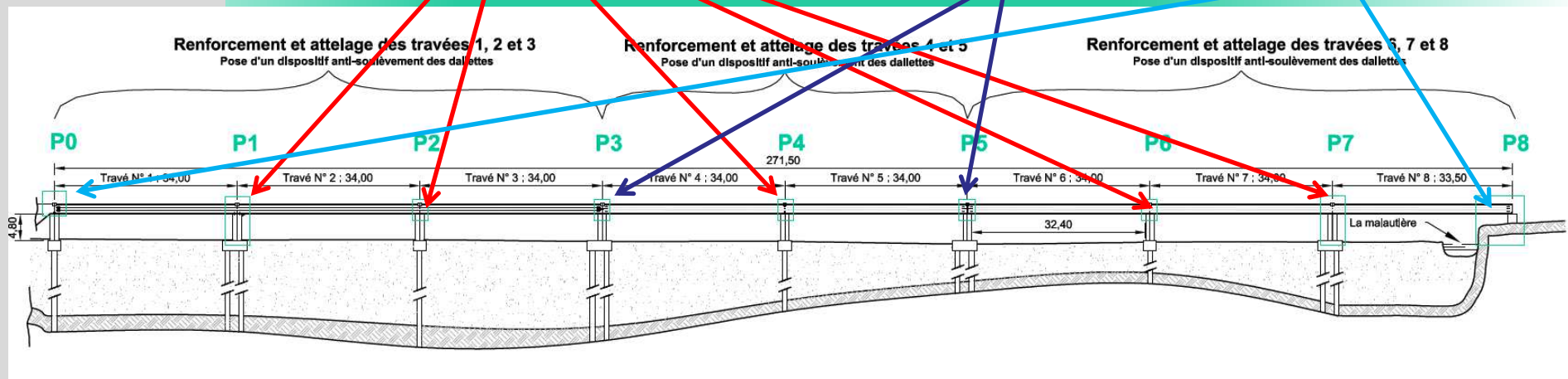
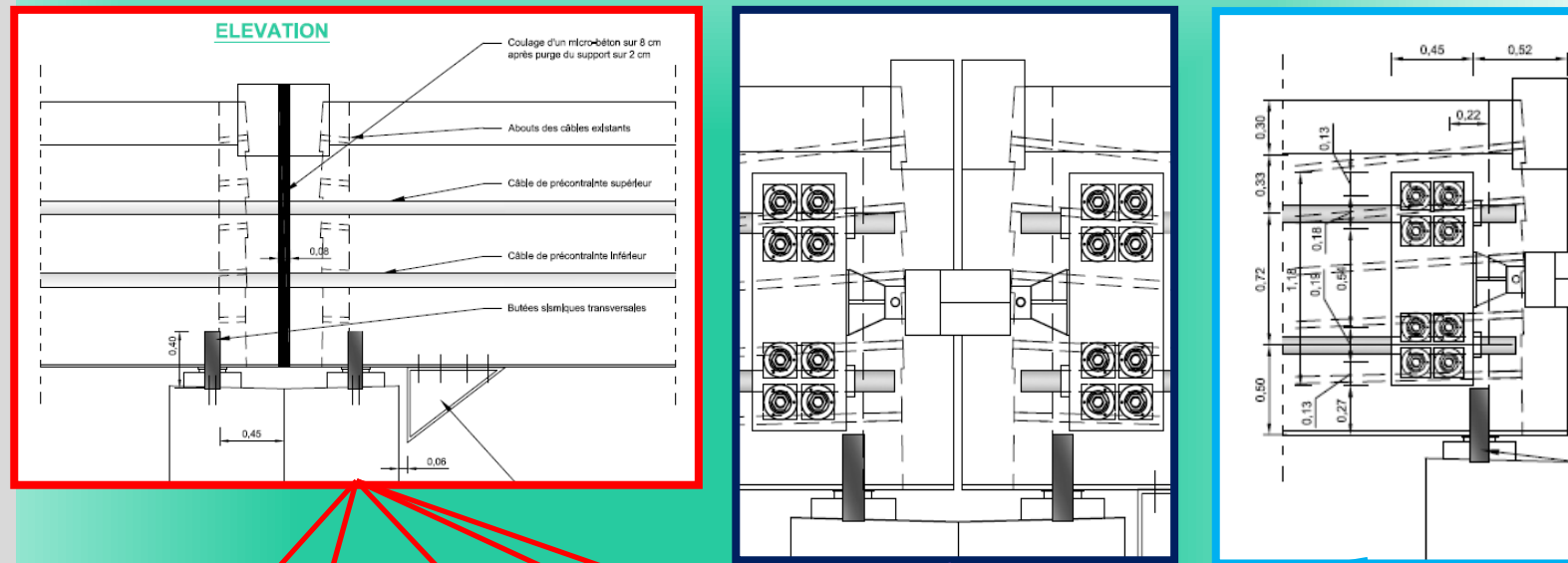
Le diagnostic a montré que la structure devait faire l'objet des interventions suivantes :

- renforcement en flexion par précontrainte additionnelle,
- limitation des déplacements horizontaux des travées,
- renforcement des pieds de pile « rigides »,
- remplacement des appareils d'appui,
- réfection de l'étanchéité,
- purge, passivation et ragréage des bétons.



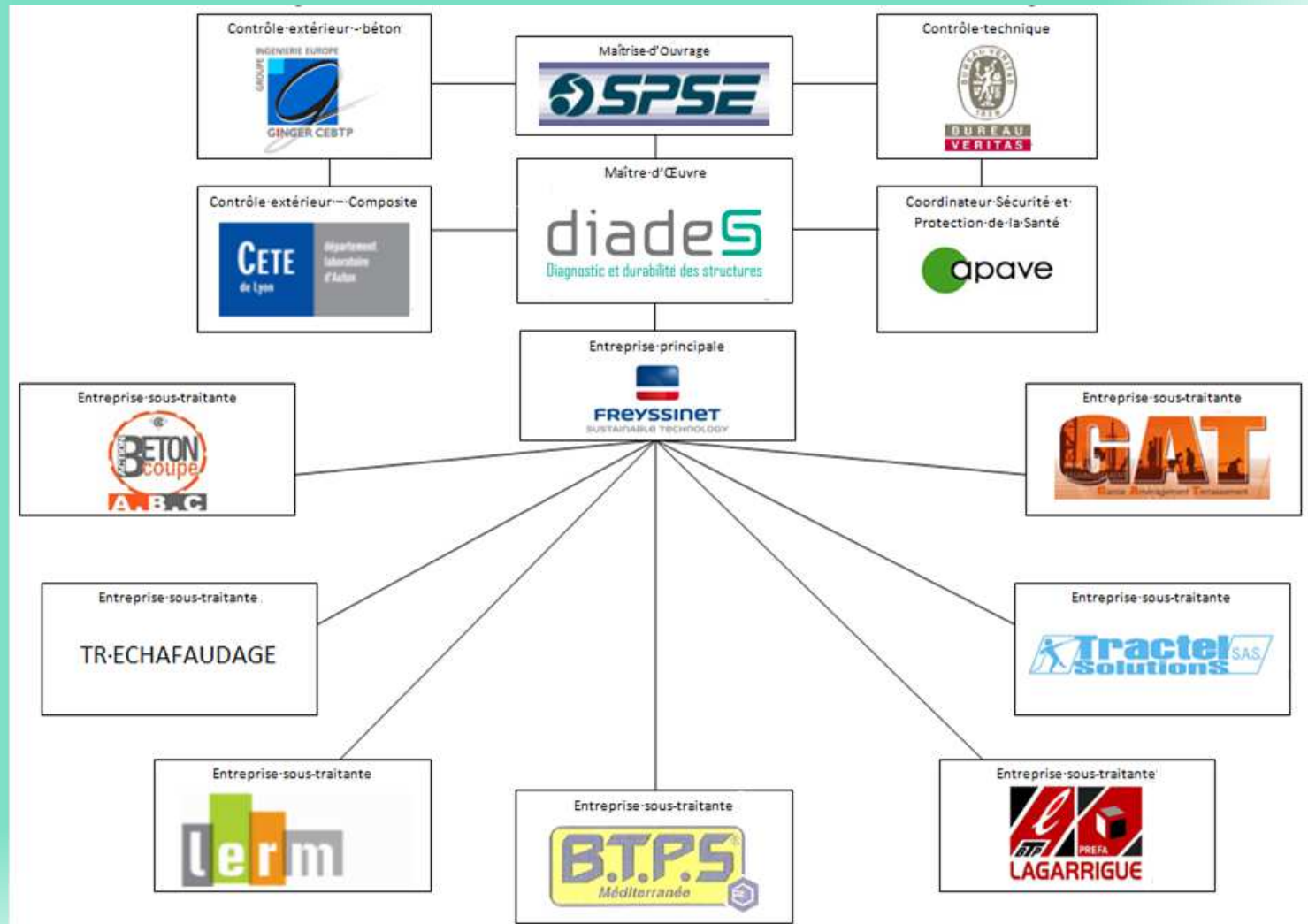
1. Contexte
2. Diagnostic
3. **Etudes**
4. Travaux
5. Synthèse

IMPLANTATION DES BLOCHETS



1. Contexte
2. Diagnostic
3. Etudes
4. **Travaux**
5. Synthèse

PRESENTATION DES INTERVENANTS



1. Contexte
2. Diagnostic
3. Etudes
4. **Travaux**
5. Synthèse

PRINCIPALES INTERVENTIONS



**Vue du pipeline
après dépose de dalles
Présence d'une ligne de vie**



**Carottages pour implanter les
blochets de la précontrainte
additionnelle**

1. Contexte
2. Diagnostic
3. Etudes
4. **Travaux**
5. Synthèse

PRINCIPALES INTERVENTIONS

Epreuve de convenance
pour réparation par composite carbone



PRINCIPALES INTERVENTIONS

1. Contexte
2. Diagnostic
3. Etudes
4. **Travaux**
5. Synthèse

Présentation des mèches :

Mèche d'ancrage des pieds de piles composée de deux parties :

- ❖ l'ancrage : partie scellée pour transmettre, à la structure, les efforts repris par le renforcement,
- ❖ le fouet : partie fibreuse destinée à être stratifiée avec le composite.



Mèche de pied de pile



Mèche de tablier

1. Contexte
2. Diagnostic
3. Etudes
4. **Travaux**
5. Synthèse

PRINCIPALES INTERVENTIONS

Mise en place des mèches en pied de pile



Préparation



Ancrage



Imprégnation



Recouvrement

1. Contexte
2. Diagnostic
3. Etudes
4. **Travaux**
5. Synthèse

PRINCIPALES INTERVENTIONS



Préparation pour
la mise en œuvre du blochet



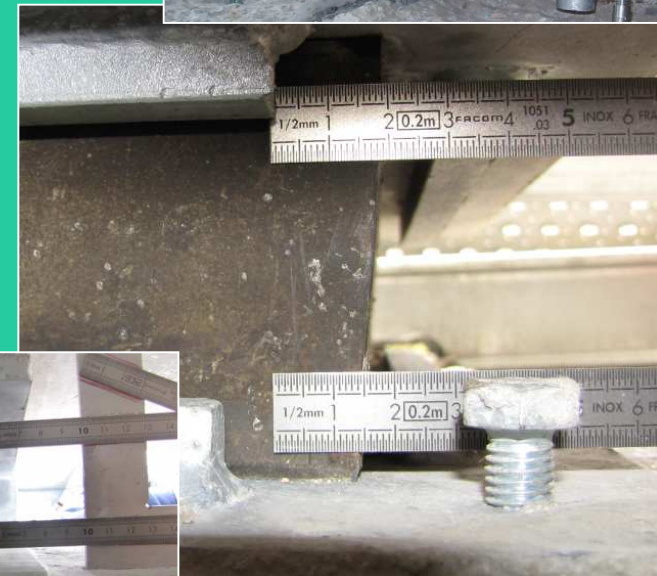
Blochet + renforcement
composite

1. Contexte
2. Diagnostic
3. Etudes
4. **Travaux**
5. Synthèse

PRINCIPALES INTERVENTIONS



Mise en tension via un
déviateur angulaire



Suivi de la distorsion
des néoprènes

1. Contexte
2. Diagnostic
3. Etudes
4. **Travaux**
5. Synthèse

PRINCIPALES INTERVENTIONS



**Attelage
par précontrainte**



**Bloqueur dynamique
entre travées non attelées**

1. Contexte
2. Diagnostic
3. Etudes
4. **Travaux**
5. Synthèse

PRINCIPALES INTERVENTIONS



Levage assisté par ordinateur pour relaxation des appareils d'appui

1. Contexte
2. Diagnostic
3. Etudes
4. **Travaux**
5. Synthèse

PRINCIPALES INTERVENTIONS

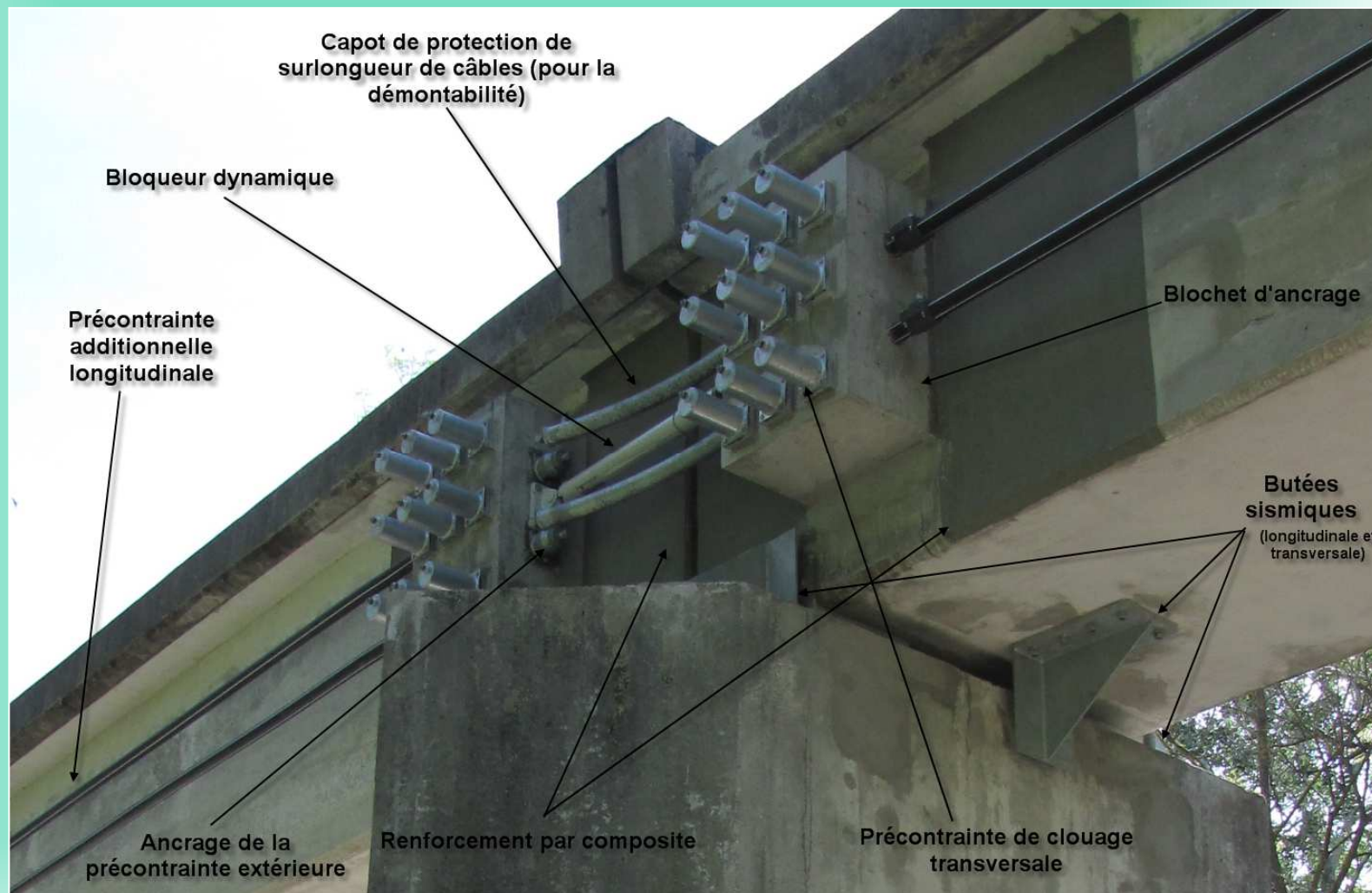


Mise en place d'une étanchéité
semi adhérente



1. Contexte
2. Diagnostic
3. Etudes
4. **Travaux**
5. Synthèse

PRINCIPALES INTERVENTIONS



1. Contexte
2. Diagnostic
3. Etudes
4. Travaux
5. **Synthèse**

POURQUOI LA PRECONTRAINTE ADDITIONNELLE MONOTORONS GAINES GRAISSES ?

- ✓ possibilité de palier un défaut de la précontrainte existante,
- ✓ augmentation de la capacité portante (séisme ascendant et descendant),
- ✓ assure l'attelage des travées entre elles,
- ✓ garantit la démontabilité du renforcement.

En maintenant l'exploitation du pipeline (sous suivi de l'ouvrage)

1. Contexte
2. Diagnostic
3. Etudes
4. Travaux
5. **Synthèse**

CONCLUSION

- ✓ **diagnostic indispensable (inspection, investigations, instrumentation) pour fiabilisation des données d'entrée et analyse du comportement de l'ouvrage**
- ✓ **intérêt de la précontrainte additionnelle et des renforcements composites dans la réhabilitation des ouvrages existants vieillissants et dans leur mise en conformité sismique**
- ✓ **période de préparation et procédures d'exécution gages de la réussite des travaux**

GC'2013

Cachan

26 et 27 mars 2013



REHABILITATION PRECONTRAINTE ADDITIONNELLE



MERCI DE VOTRE ATTENTION

