

Pont de St-Nazaire St-Brévin



Renforcement tabliers viaduc Sud

1. Présentation de l'ouvrage
2. Les désordres et les réparations entreprises
3. Etude de faisabilité
4. Phase AVP: choix de la solution de renforcement: Tubes Métalliques VS Béton Armé – renfort au tranchant
5. Phase PRO: modèle complet de l'ouvrage
6. Phase DCE
7. Phase ACT: méthodes proposées et candidat retenu

Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité
AVP
PRO
DCE
ACT



Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité
AVP
PRO
DCE
ACT



Présentation de l'ouvrage

- Longueur: 3 356 m
- Deux viaducs d'accès en béton: 1 115m au Nord et 1 521m au Sud
- Ouvrage principal métallique haubané: 720m de longueur - travée centrale de 404 m.
- Viaducs d'accès en béton VIPP: 22 travées au nord - 30 travées au sud
- Une travée: 50.40 mètres de portée - quatre poutres en BP - 2,80m de hauteur - 3,00 m de largeur de table - 0.80 m de largeur de talon - solidarisiées par un hourdis et des entretoises aux extrémités.

Présentation de l'ouvrage

Désordres et réparations

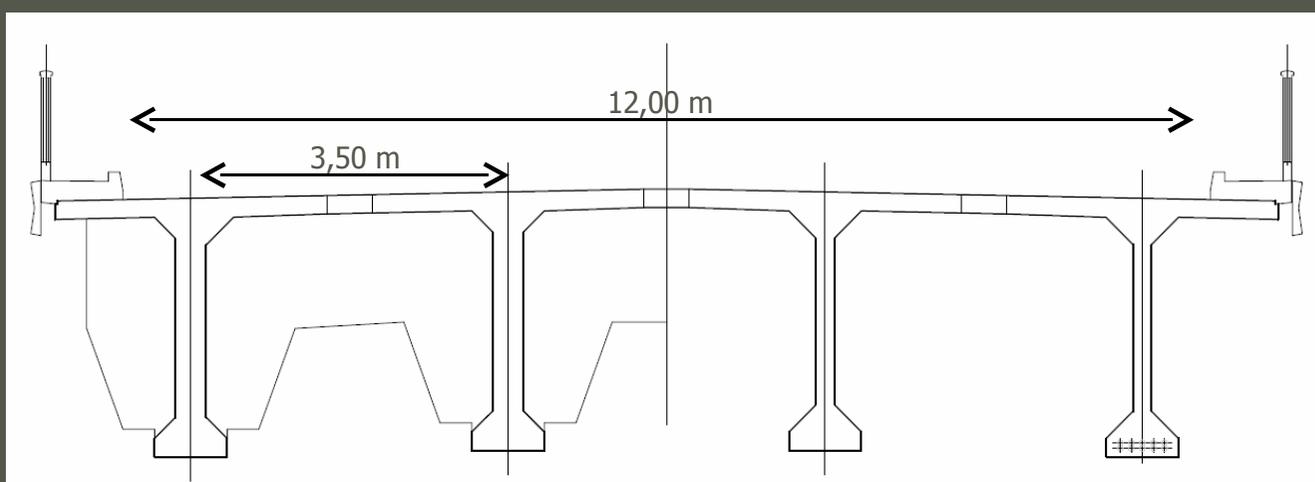
Faisabilité

AVP

PRO

DCE

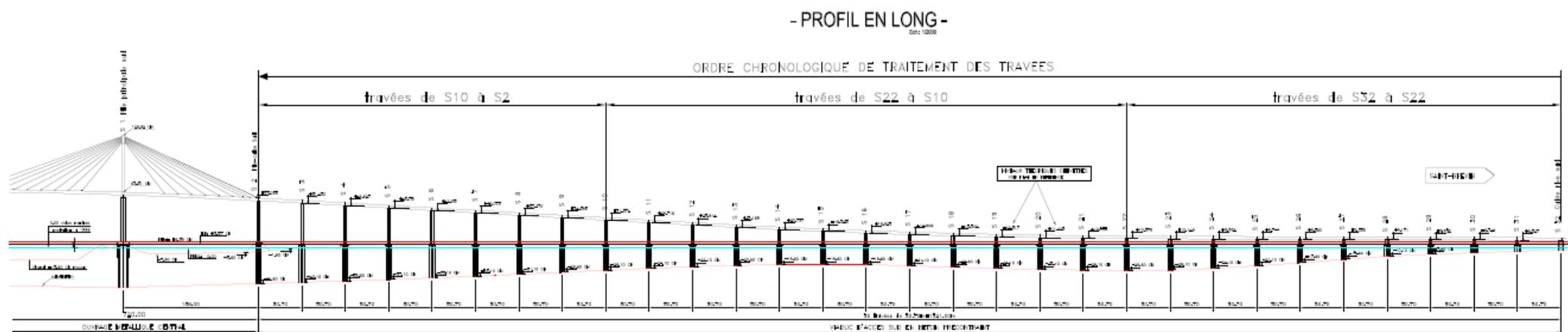
ACT



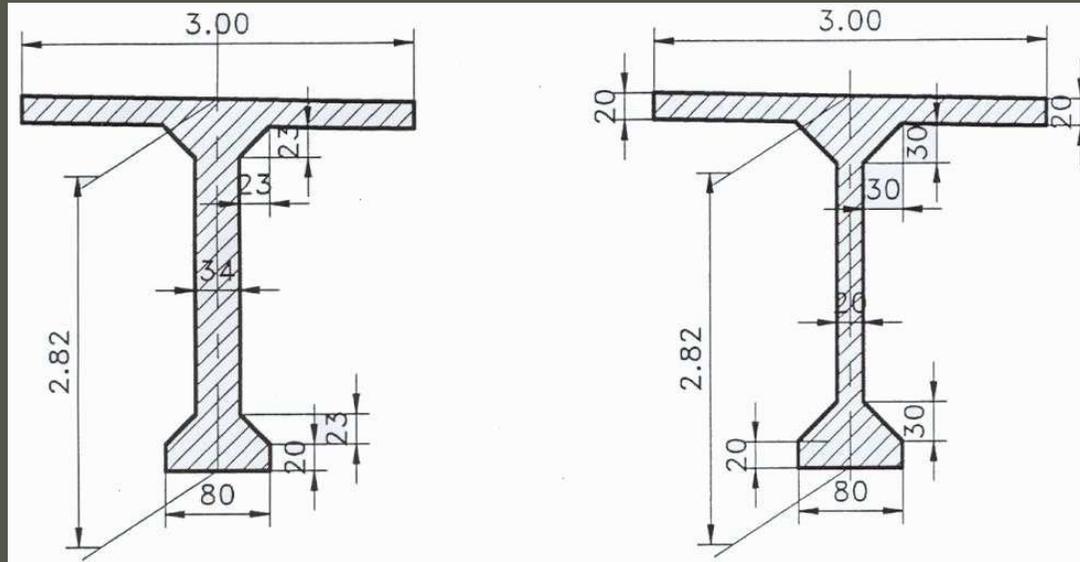
Présentation de l'ouvrage

- Longueur: 3 356 m
- Deux viaducs d'accès en béton: 1 115m au Nord et 1 521m au Sud
- Ouvrage principal métallique haubané: 720m de longueur - travée centrale de 404 m.
- Viaducs d'accès en béton VIPP: 22 travées au nord - 30 travées au sud
- Une travée: 50.40 mètres de portée - quatre poutres en BP - 2,80m de hauteur - 3,00 m de largeur de table - 0.80 m de largeur de talon - solidarisiées par un hourdis et des entretoises aux extrémités.

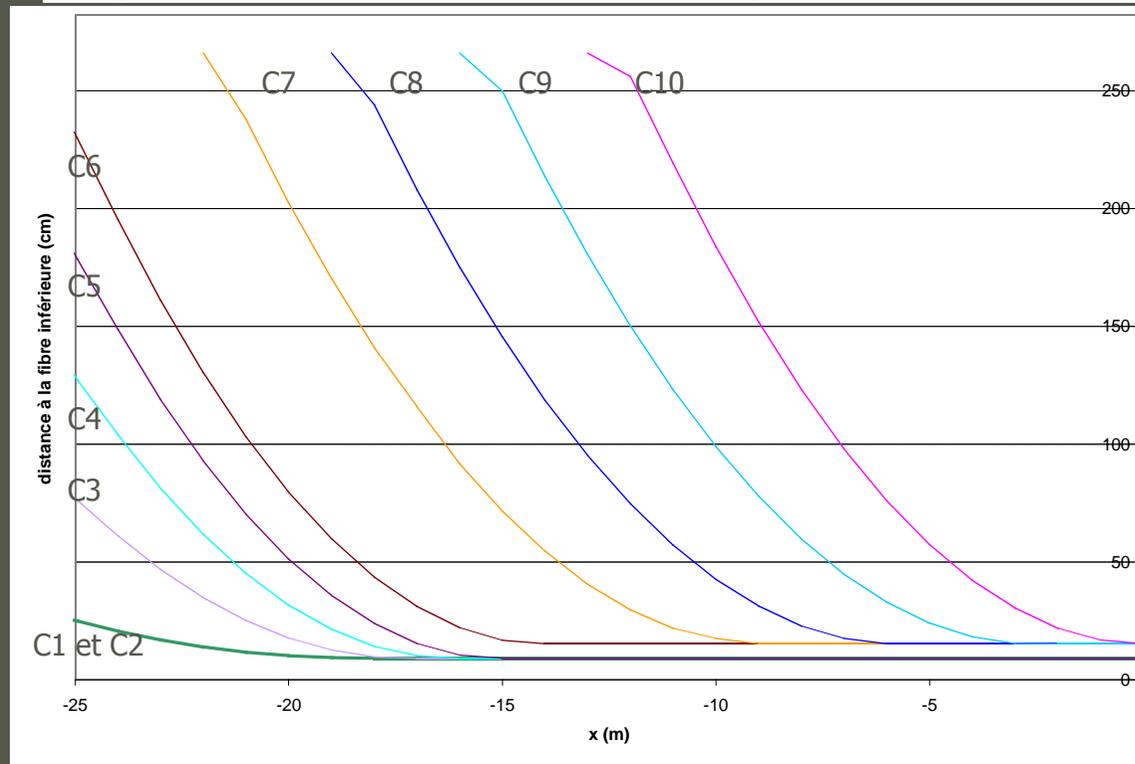
Présentation de l'ouvrage
 Désordres et réparations
 Faisabilité
 AVP
 PRO
 DCE
 ACT



Présentation de l'ouvrage



Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité
AVP
PRO
DCE
ACT



Présentation de l'ouvrage

Présentation de l'ouvrage

Désordres et réparations

Faisabilité

AVP

PRO

DCE

ACT



Désordres constatés



Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité
AVP
PRO
DCE
ACT

Réparations effectuées jusqu'alors



Présentation de l'ouvrage

Désordres et réparations

Faisabilité

AVP

PRO

DCE

ACT

Réparations effectuées jusqu'alors

Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations

Faisabilité

AVP

PRO

DCE

ACT

Étude de faisabilité 2006-2007

Insuffisances réglementaires de la poutre saine

Défauts de précontrainte ponctuels quantifiés et localisés à partir des défauts constatés majorés (max 30% de ruptures)

Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations

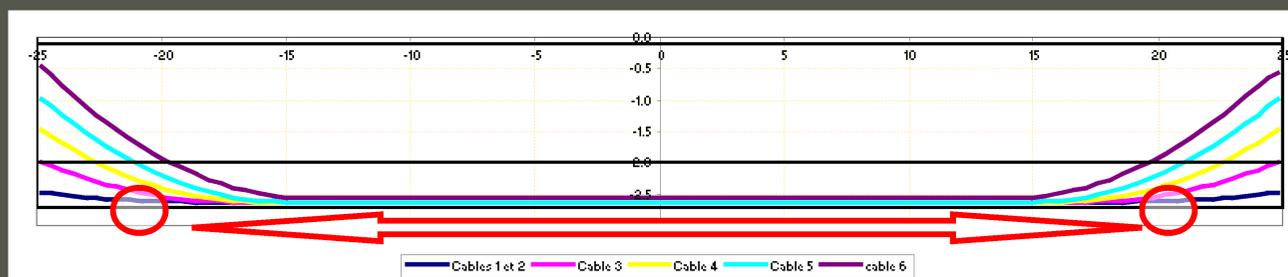
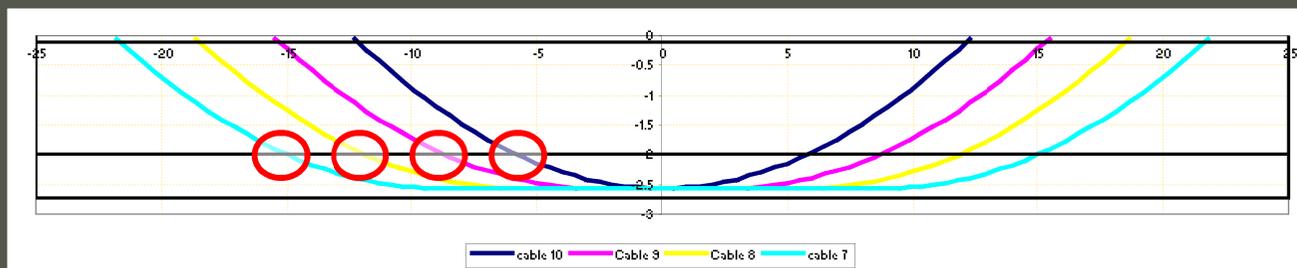
Faisabilité

AVP

PRO

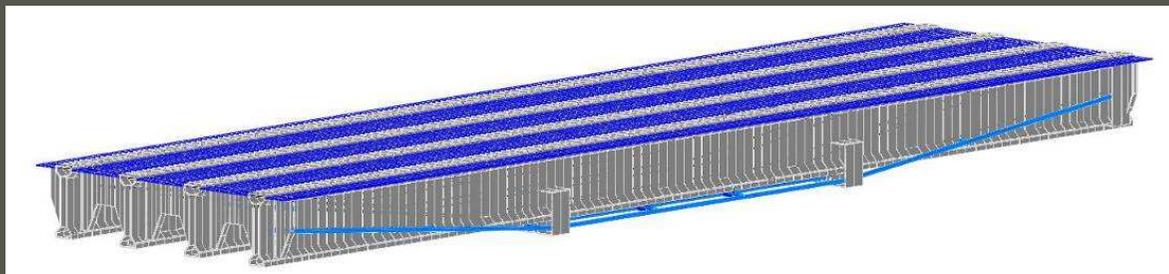
DCE

ACT



Etude de faisabilité

Solution de référence : précontrainte extradossée composée de 2 câbles 8T15S dans une gaine métallique (parachute en cas de rupture)



Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations

Faisabilité

AVP

PRO

DCE

ACT

Flexion ELS :

Vérification en Classe I avec 30% de pertes

Flexion ELU :

Vérification en « ELU fondamental » avec charges fréquentes et 70% de pertes

Vérification en ELU accidentel avec charges fréquentes et 100% de pertes

Cisaillement ELS :

Vérification du béton concluante

Cisaillement ELU :

Manque d'armatures d'effort tranchant dans les 10 m près des appuis

Optimisations envisagées :

Tracé des câbles près des appuis

Ajout de déviateurs intermédiaires pour limiter la surtension dans la précontrainte existante à la rupture

Etude de faisabilité

ENTRE FAISABILITE ET AVP:

Découverte d'une rupture de câble au niveau d'un corps d'ancrage

Demande pour les études AVP d'envisager des ruptures de câble en tout point de la poutre

→ Abandon des « défauts constatés majoré » au profit de ruptures tous les 5 m

Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations

Faisabilité

AVP

PRO

DCE

ACT

Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité

AVP

PRO

DCE

ACT

AVP
2009

Objectif n°1 :

DETERMINATION DE LA PRECONTRAINTE ADDITIONNELLE
MAXIMALE EN FLEXION ELS

Solution isostatique avec précontrainte additionnelle extérieure :
dans gaines métalliques
dans gaines souples avec renfort de talon

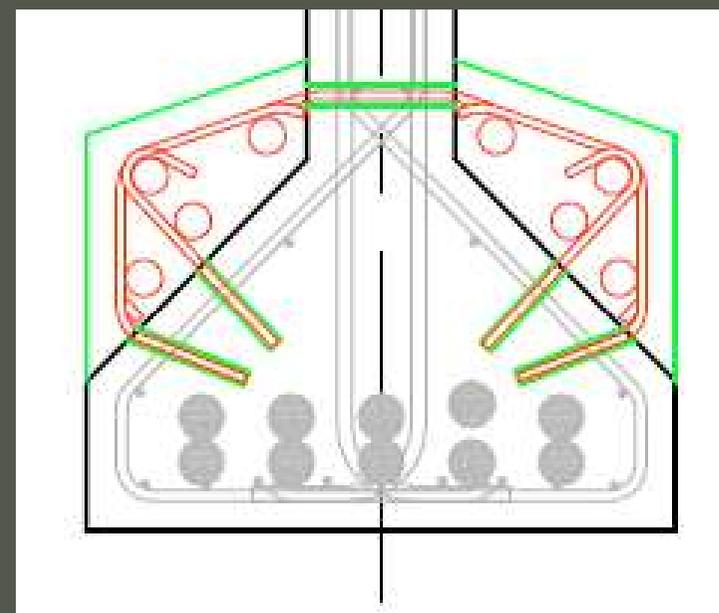
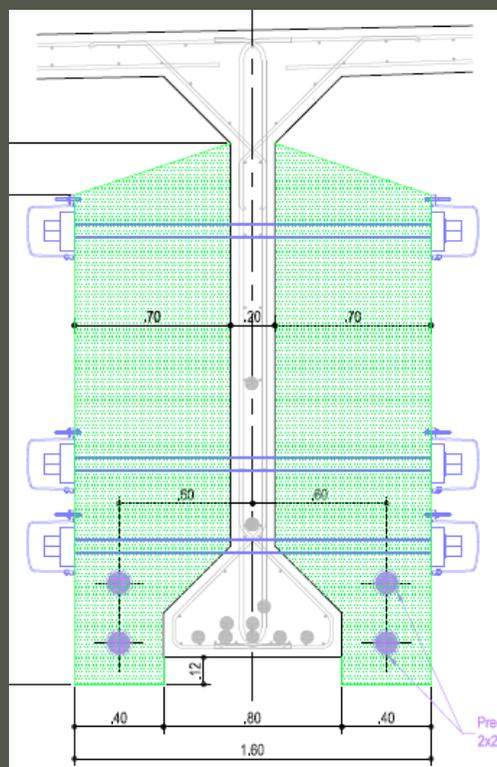
Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité

AVP

PRO

DCE

ACT



Objectif n°1 :

DETERMINATION DE LA PRECONTRAINTÉ ADDITIONNELLE
MAXIMALE EN FLEXION ELS

Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité

AVP

PRO

DCE

ACT

Variables :

Nb de câbles de précontrainte additionnelle

Nb d'armatures de gros diamètre en renfort dans le talon / section
des tubes métallique

Pourcentage de perte admissible

Dimensionnement :

Compression fibre inférieure à la mise en tension et sous ELS QP dans
la poutre saine

Traction en fibre inférieure sous ELS rare avec rupture

- ELS quasi-permanent : $(1 - X\%)P_{ex} + P_{add} + G_{ex} + G_{add}$
- ELS rares : $(1 - X\%)P_{ex} + P_{add} + G_{ex} + G_{add} + 1.2Q_R$

Modèle PYTHAGORE

Cas différenciés de ruptures de câbles

Réancrage de la précontrainte

Phasage précis et effets différés

Etude d'une poutre centrale

Précontrainte existante: pertes P2

Définition de 7 cas de rupture:

Présentation de l'ouvrage

Désordres et réparations

Faisabilité

AVP

PRO

DCE

ACT

x= -10		-12,30 < x < 0														19
		1		2		3		4		5		6		7		
câble	KA	% de perte	fil	% de perte	fil	% de perte	fil	% de perte	fil	% de perte	fil	% de perte	fil	% de perte	fil	seg
1	24	100%	24	50%	12	0%	0	0%	0	100%	24	50%	12	100%	24	17
2	24	100%	24	50%	12	0%	0	0%	0	100%	24	50%	12	100%	24	17
3	28	100%	28	50%	14	0%	0	0%	0	100%	28	50%	14	100%	28	17
4	28		0		0	100%	28	50%	14	50%	14	100%	28	100%	28	17
5	28		0		0	100%	28	50%	14	50%	14	100%	28	100%	28	17
6	24		0		0	100%	24		0	50%	12	100%	24	100%	24	17
7	20		0		0		0	100%	20	50%	10	100%	20	100%	20	13
8	20		0		0		0	100%	20		0	100%	20	100%	20	10
9	20		0	100%	20		0		0	100%	20	50%	10	100%	20	7
10	20		0	100%	20		0		0	100%	20		0	100%	20	4
	236	32%	76	33%	78	34%	80	29%	68	70%	166	71%	168	100%	236	

Etude ELS de la solution Tubes

Description:

2*2 câbles additionnels 8 T15S

Tubes acier d'une section de 50 cm² (Faisabilité: 28 cm²)

2 déviateurs à 8.50m du centre de la poutre

3 massifs d'ancrage situés au centre et à 15 m du centre

Présentation de l'ouvrage

Désordres et réparations

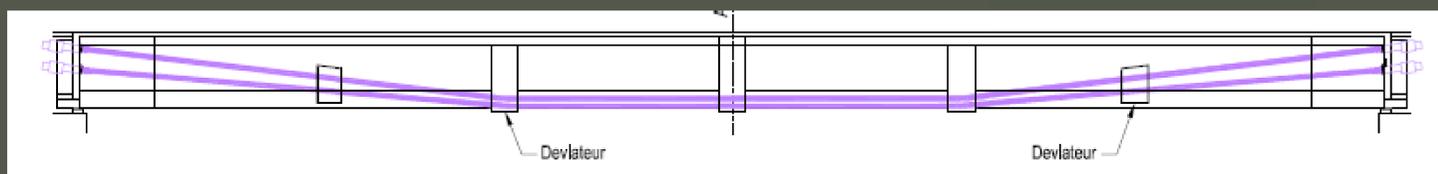
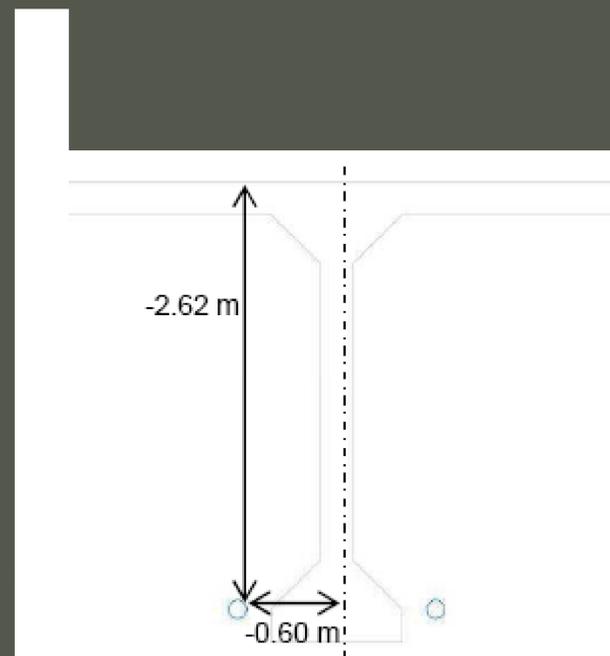
Faisabilité

AVP

PRO

DCE

ACT



Etude ELS de la solution HA

Description:

2*2 câbles additionnels 8 T15S - précontrainte non adhérente.

Deux poutres en béton armé de part et d'autre du talon armées par 2*4 HA40 en Fe E500 dans la partie à âme constante, et 2*2 HA40 ailleurs.

2 déviateurs à 8.50m du centre de la poutre

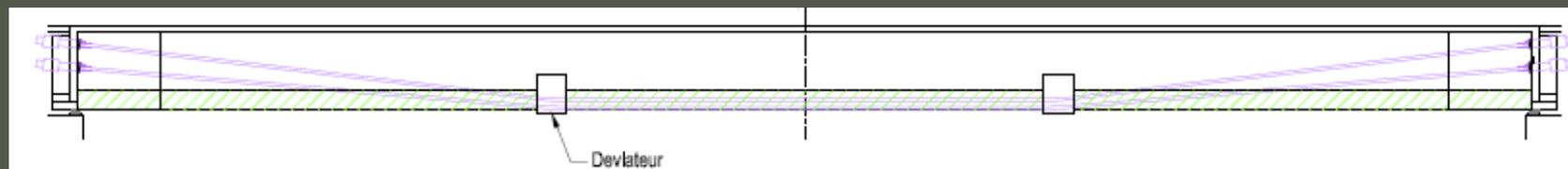
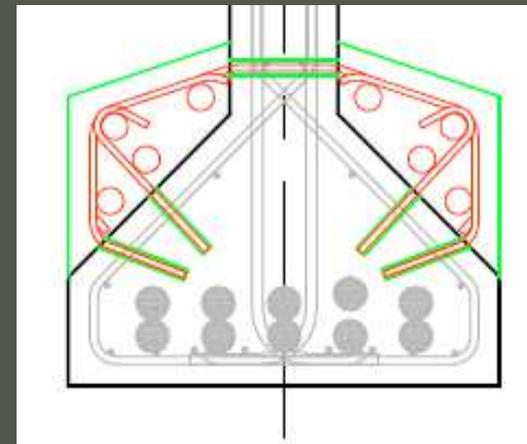
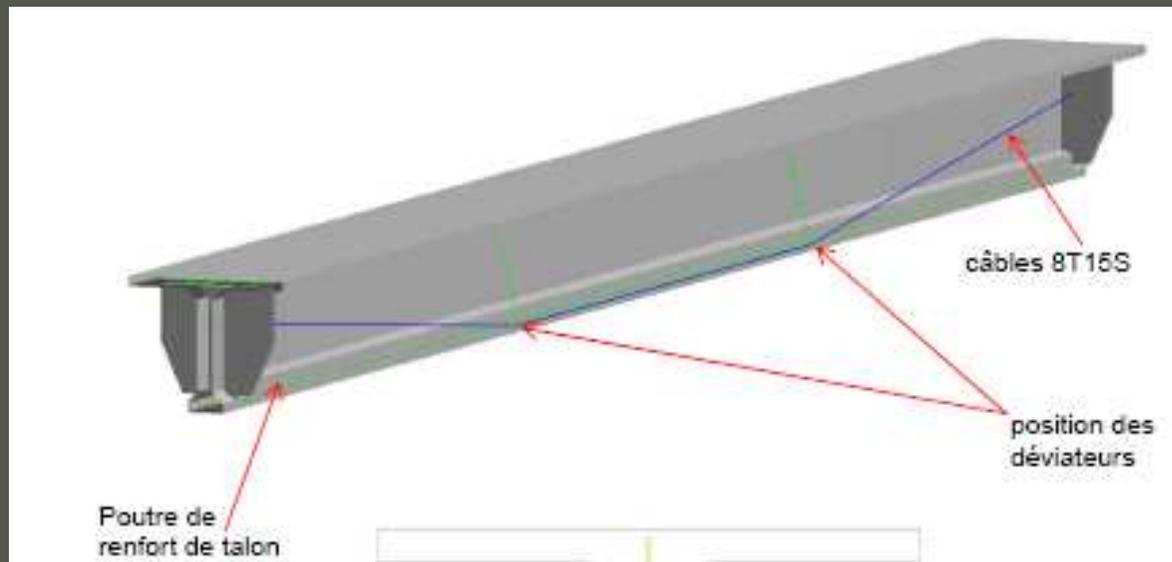
Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité

AVP

PRO

DCE

ACT



Objectif n°2 :

VERIFICATION DE LA SECURITE MAXIMALE EN FLEXION ELU

Prise en compte comportement fissuré

Comparaison avantages/inconvénients en termes de déformation et de fissuration entre la solution gaines métalliques et le renfort du talon

- ELU Fondamentaux : $(1 - X\%)P_{ex} + P_{add} + 1.2G_{ex} + 1.35G_{add} + 1.6Q_R$
- ELU Accidentels : $(1 - X\%)P_{ex} + P_{add} + G_{ex} + G_{add} + 1.07Q_R$

Aux ELU accidentels, recherche pour 100% de rupture de précontrainte des charges maximales admissibles

Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité

AVP

PRO

DCE

ACT

Objectif n°3 :

AMELIORATION DU COMPORTEMENT SOUS EFFORT TRANCHANT

Problématique identique pour les deux solutions

Pas de problème à l'ELS

Déficit d'armatures d'effort tranchant à l'ELU pour des ruptures > 30%

Ajout d'armatures verticales ou inclinées pour combler un manque de résistance au cisaillement de 0.9 MPa

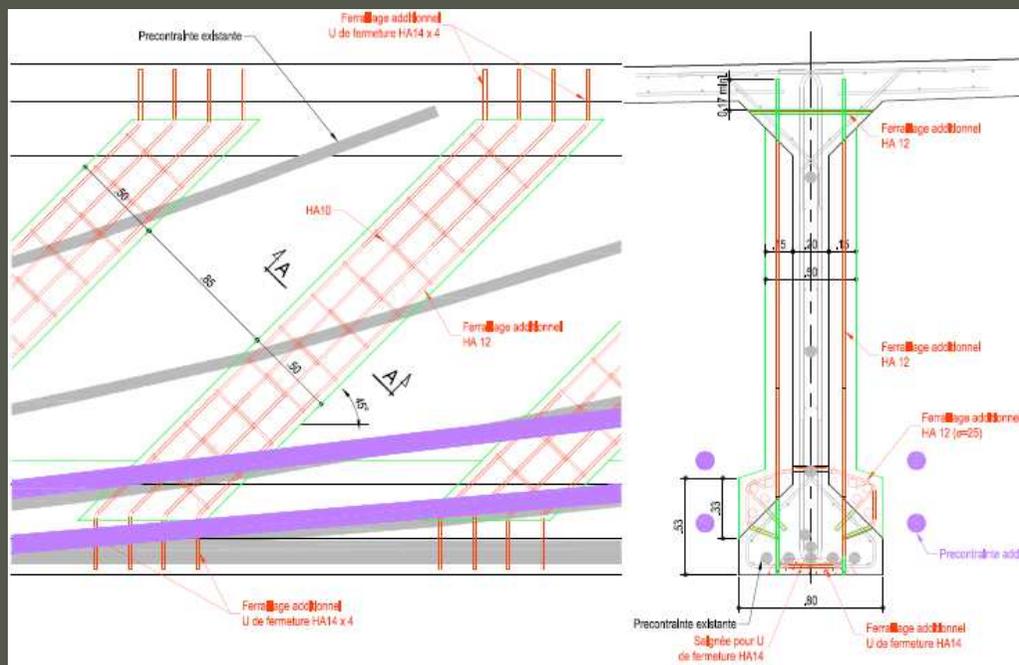
Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité

AVP

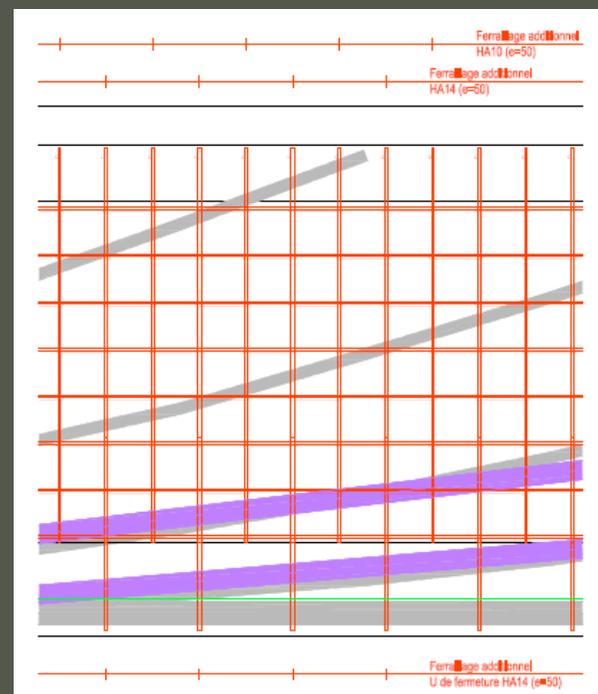
PRO

DCE

ACT



Renfort discontinus

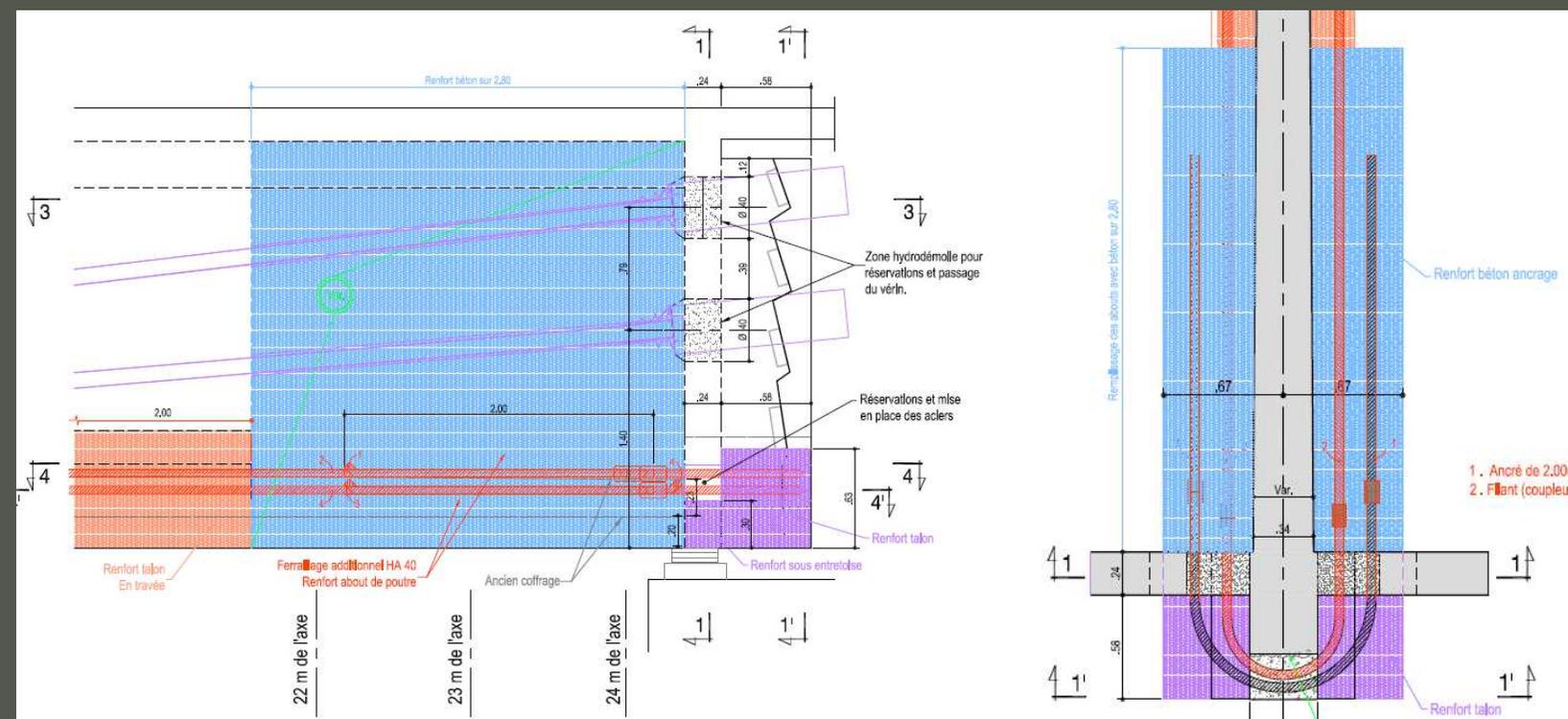


Renforts continus

Objectif n°4 : RENFORCEMENT DE LA BIELLE D'ABOUT

Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité

AVP
PRO
DCE
ACT



Présentation de l'ouvrage

Désordres et réparations

Faisabilité

AVP

PRO

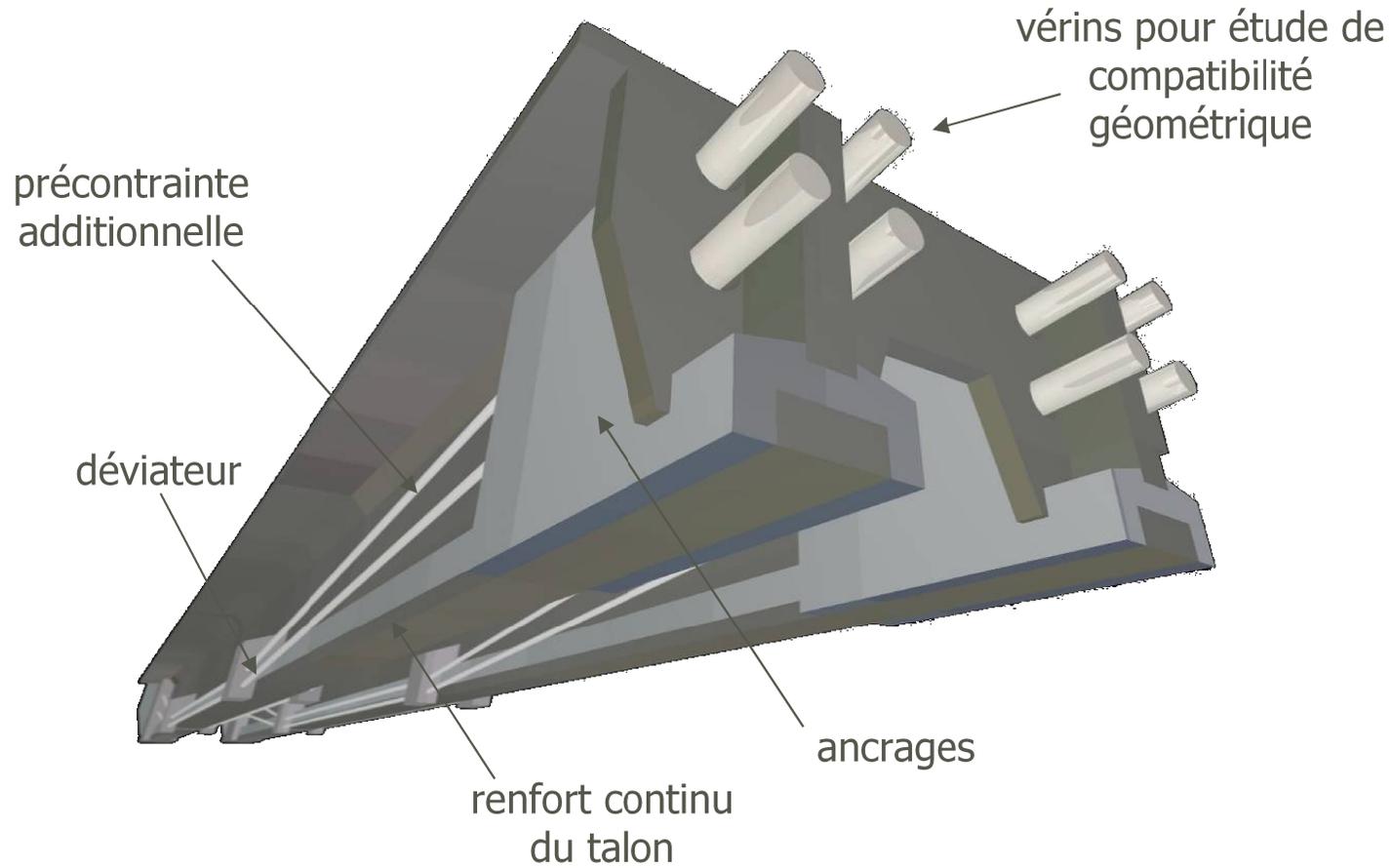
DCE

ACT

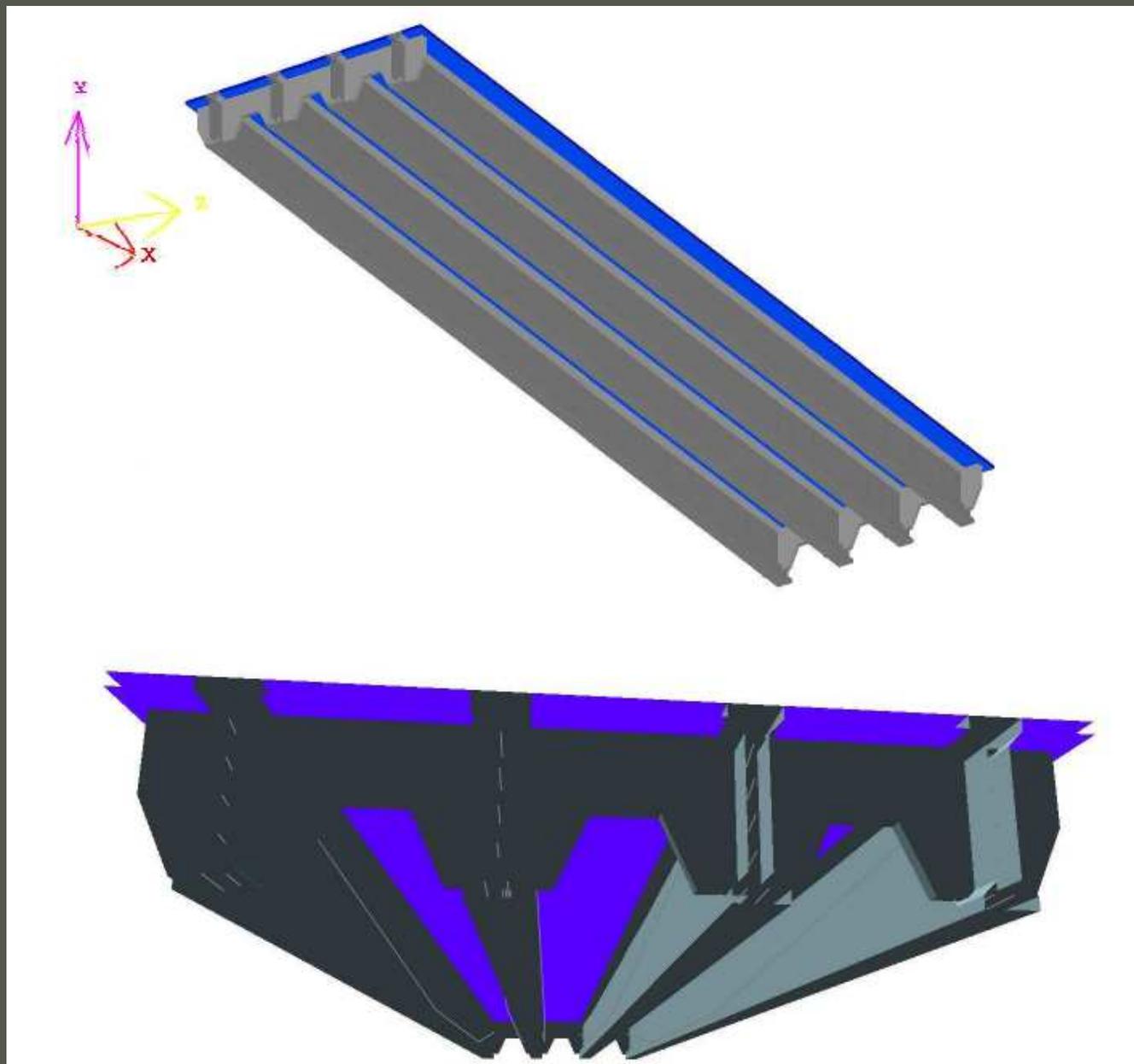
PRO

2009

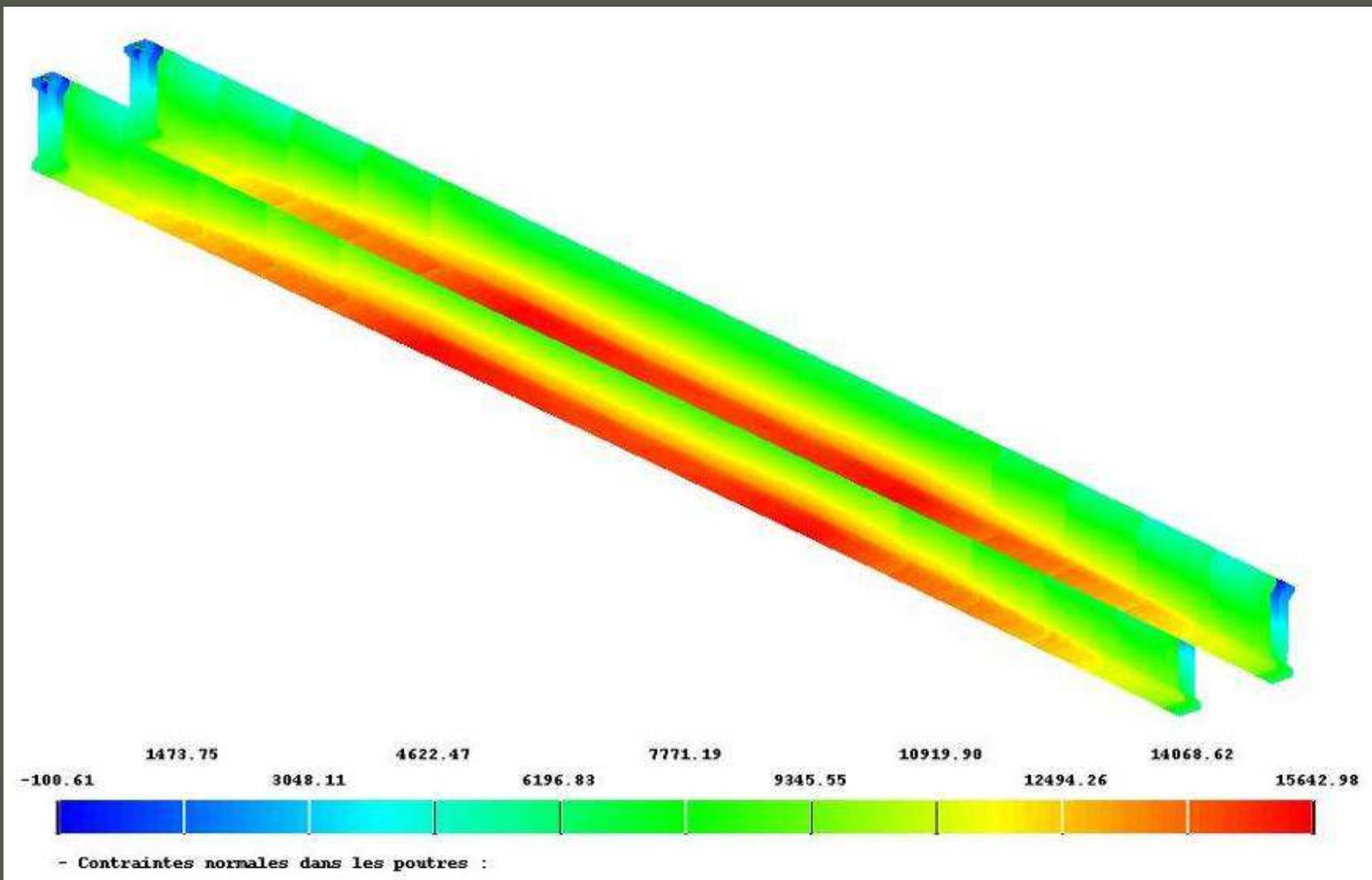
Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité
AVP
PRO
DCE
ACT

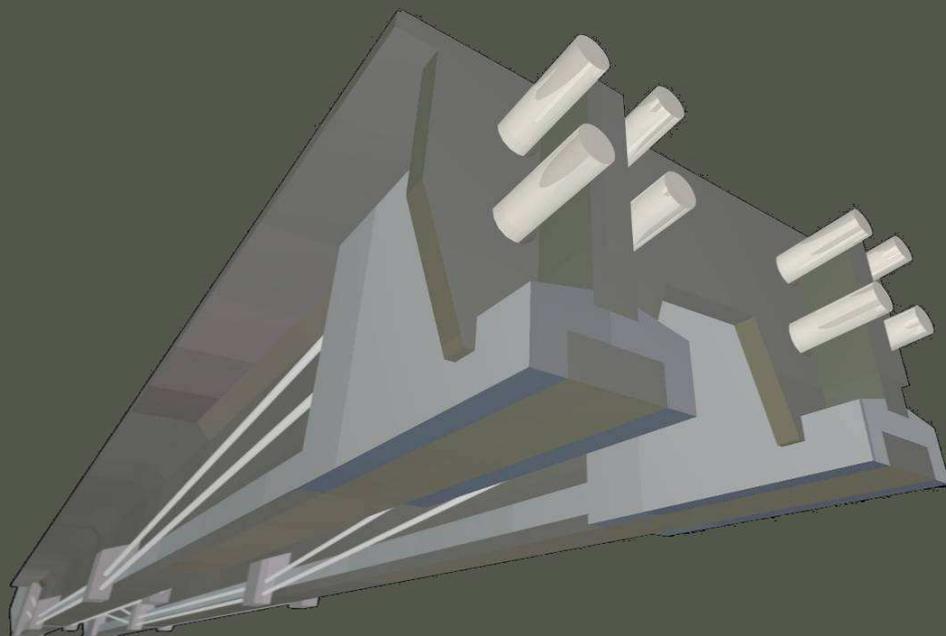


Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité
AVP
PRO
DCE
ACT



Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité
AVP
PRO
DCE
ACT

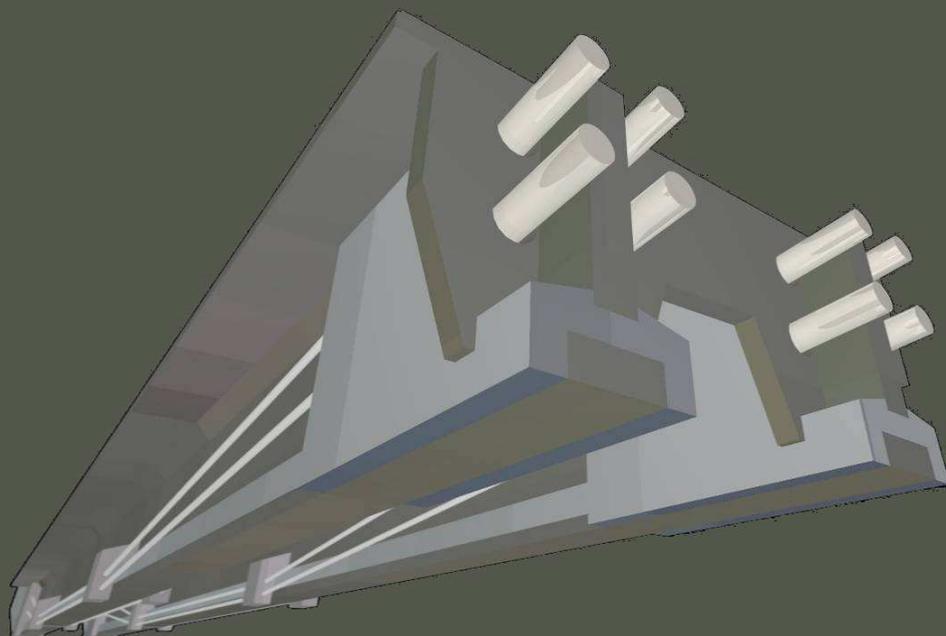




Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité
AVP
PRO
DCE
ACT

- Vérification du hourdis – flexion transversale
- Scellement du renfort de talon
- Fissuration du renfort
- Clouage des massifs d'ancrage et des déviateurs
- Diffusion de la précontrainte aux abouts
- Renfort de la bielle d'about

PRO – études de détail



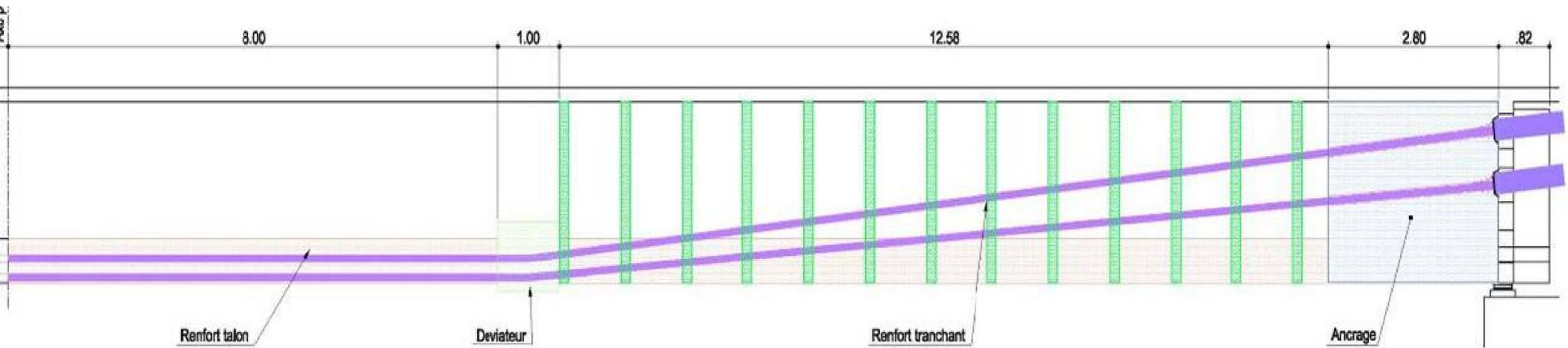
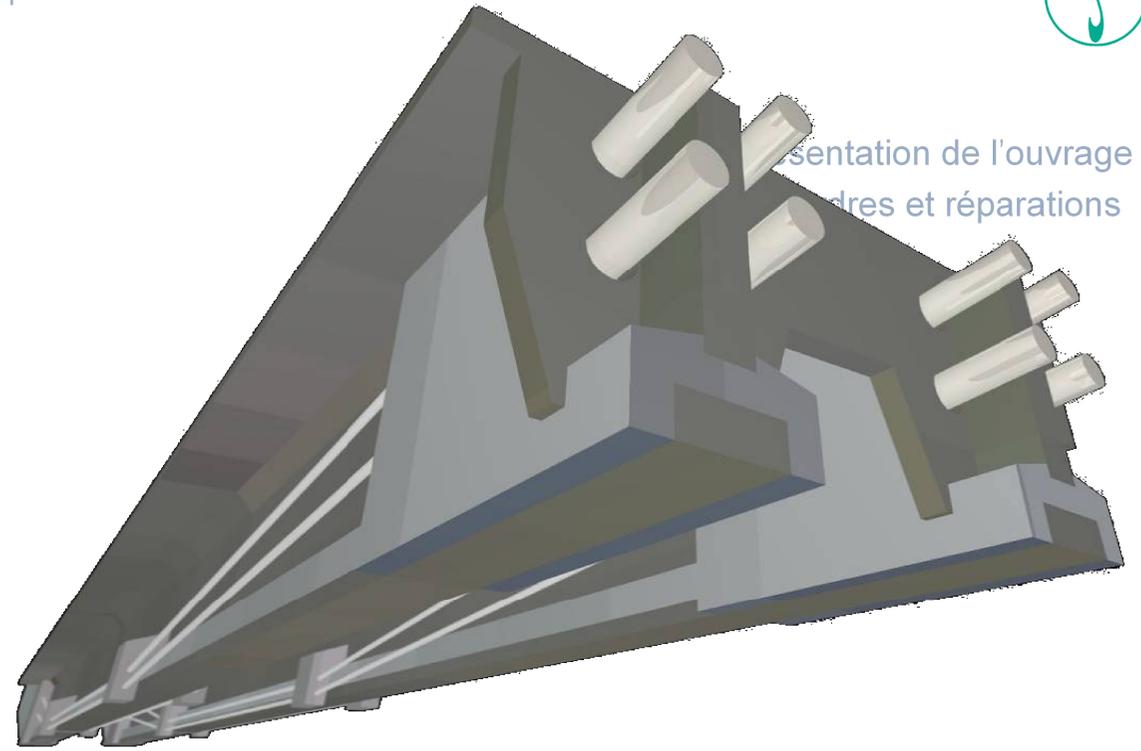
- Présentation de l'ouvrage
- Désordres et réparations
- Faisabilité
- AVP
- PRO**
- DCE
- ACT

- Etude du phasage de renforcement:
 1. Réalisation des massifs d'ancrage et déviateurs
 2. Mise en précontrainte à 20% pour limiter la décompression du talon à 1.5 MPa sous poids propre des massifs + charges de chantier
 3. Réalisation du renfort de talon
 4. Mise en tension à 100% - écart de précontrainte additionnelle entre 2 poutres adjacentes < 20%

DCE - ACT
2009 - 2010

Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité
AVP
PRO
DCE
ACT

présentation de l'ouvrage
travaux de réparation



DCE - Teneur du renforcement structurel

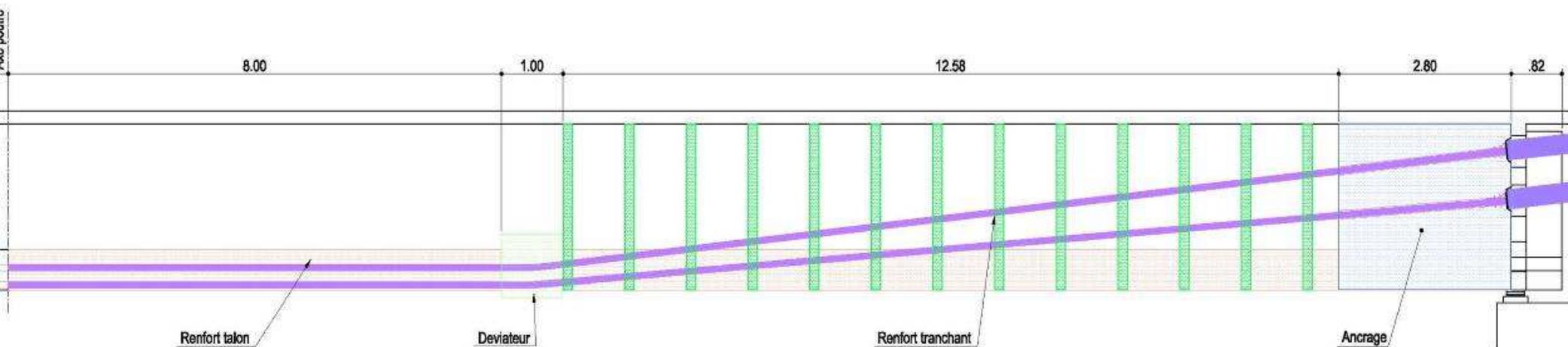
Prestations

Précontrainte additionnelle	250 t	Présentation de l'ouvrage Désordres et réparations Faisabilité AVP PRO
Massifs d'ancrage	320 m ³ C40/50	DCE
Massifs déviateur	1740 m ³ C40/50	ACT
Renfort de talon	710 m ³ C40/50 440 t armatures HA 140 000 percements	
Renfort par matériaux composites	3300 m ² (calcul MOE – cas TFC)	
Instrumentation		
Revêtement de protection	60 000 m ² revêtement 21 000 m ² inhibiteur de corrosion	

DCE - Teneur du renforcement structurel

Prestations

Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité
AVP
PRO
DCE
ACT

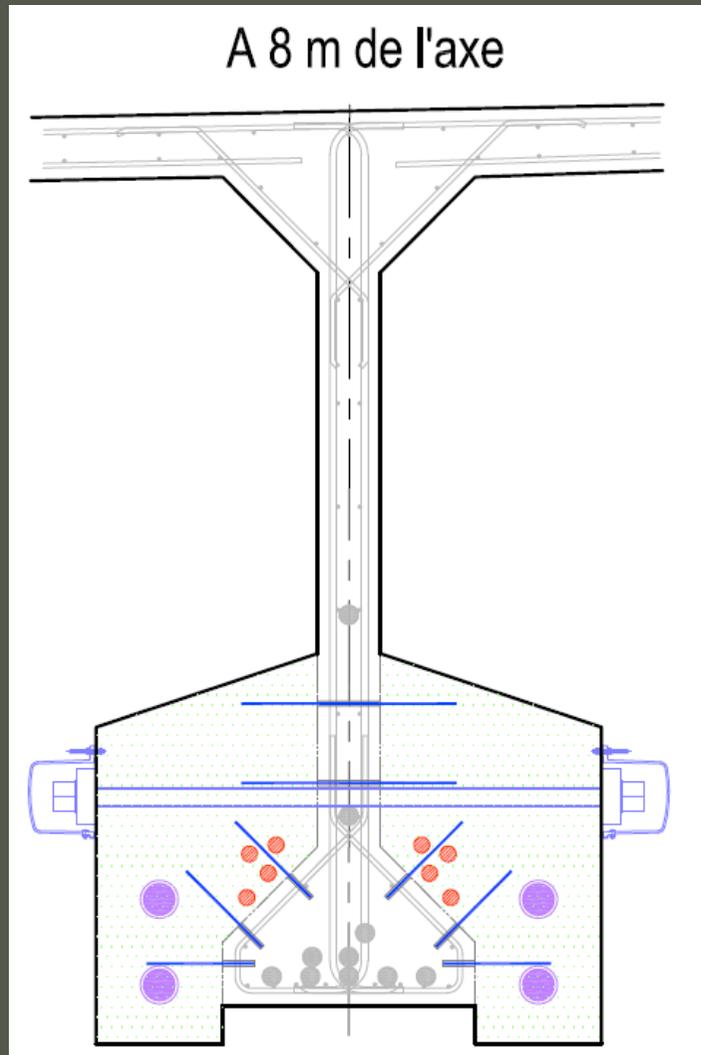


DCE - Teneur du renforcement structurel

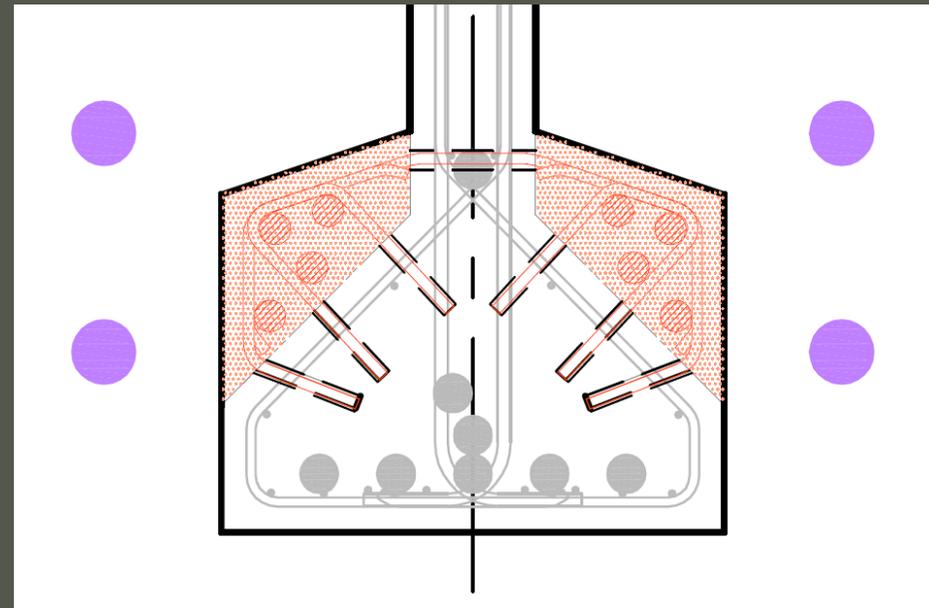
DCE - Teneur du renforcement structurel

Prestations

Présentation de l'ouvrage
Désordres et réparations
Faisabilité
AVP
PRO
DCE
ACT



Massif déviateur

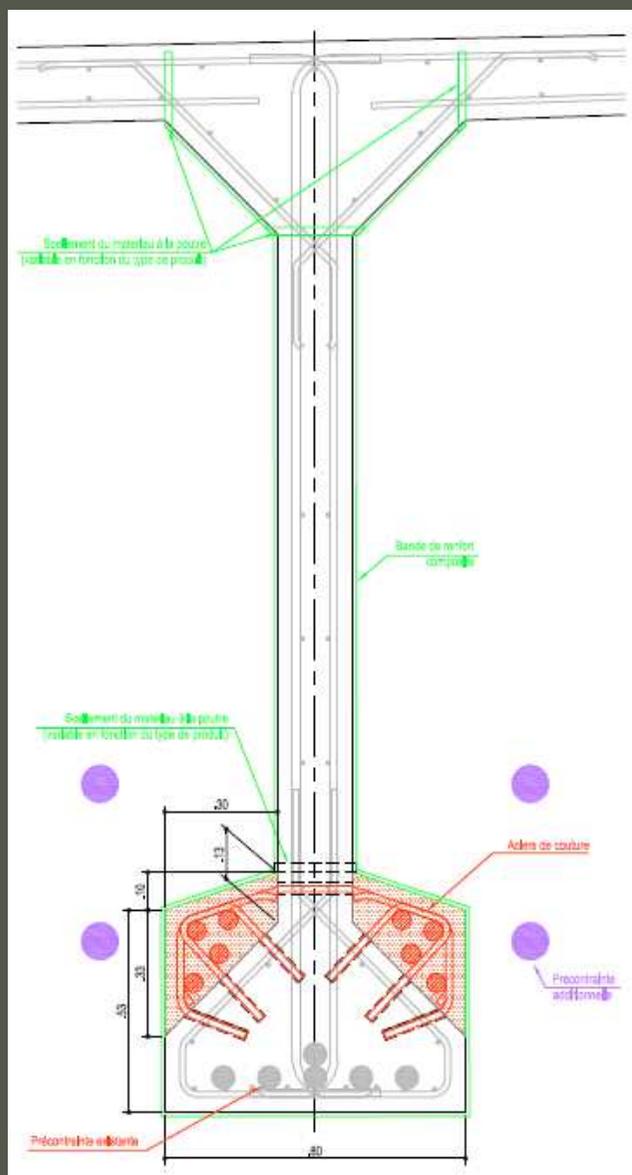


Renfort de talon

DCE - Teneur du renforcement structurel

Prestations

- Présentation de l'ouvrage
- Désordres et réparations
- Faisabilité
- AVP
- PRO
- DCE**
- ACT



Renfort par matériau composite

Massif d'ancrage

Contraintes à prendre en compte

Travaux sous circulation,

Le site en estuaire (marées, bathymétrie,...).

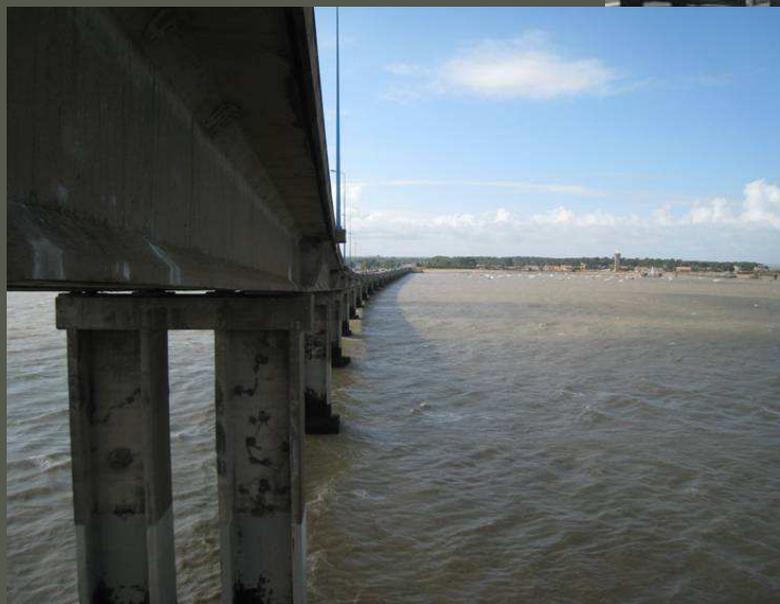
Travaux répétitifs, quantités importantes,

Des conditions météorologiques spécifiques : Vent,
pluies, humidité,...

La hauteur du pont (50 m au dessus du plan d'eau
au droit de l'ouvrage principal haubané).

Site sensible (Loire et abords).

Délai de 3 ans.



Analyse des offres

Trois offres:

- Groupement QUILLE/DV Construction/VSL France
- Groupement Freyssinet – GTM
- Eiffage TP

→ Propositions de méthodes variées et intéressantes

→ Variantes techniques très cadrées

Présentation de l'ouvrage

Désordres et réparations

Faisabilité

AVP

PRO

DCE

ACT

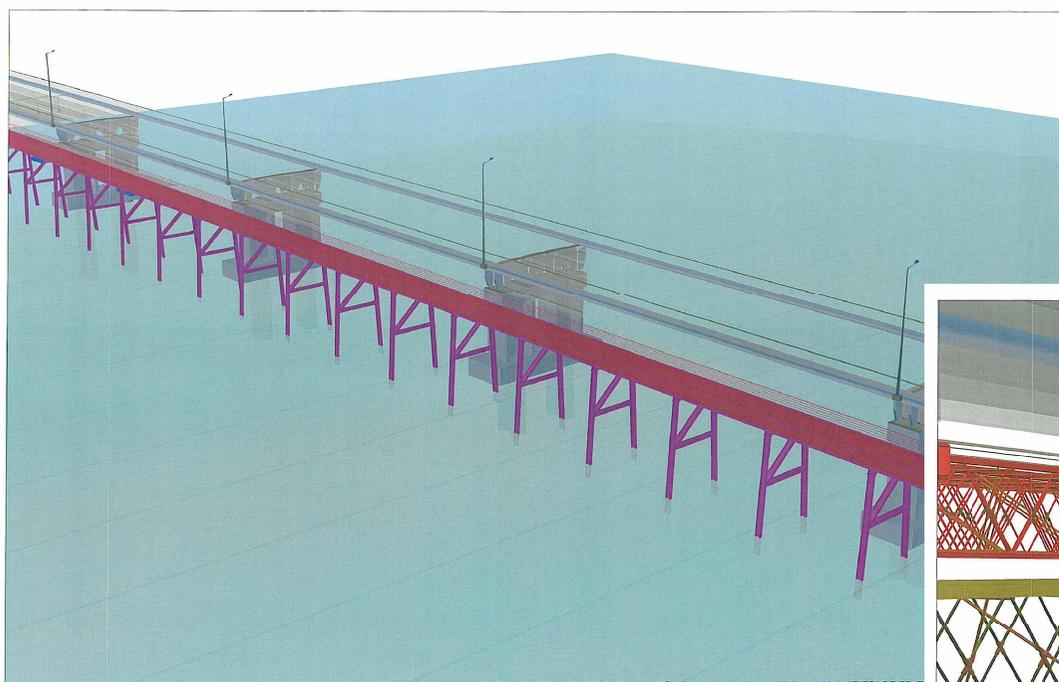
Valeur technique: Moyens d'accès



ouvrages
réalisés

remblai provisoire sur 2 travées + estacade sur 12 travées + poutre de lancement

Faisabilité
AVI
PRO
DCE
ACT

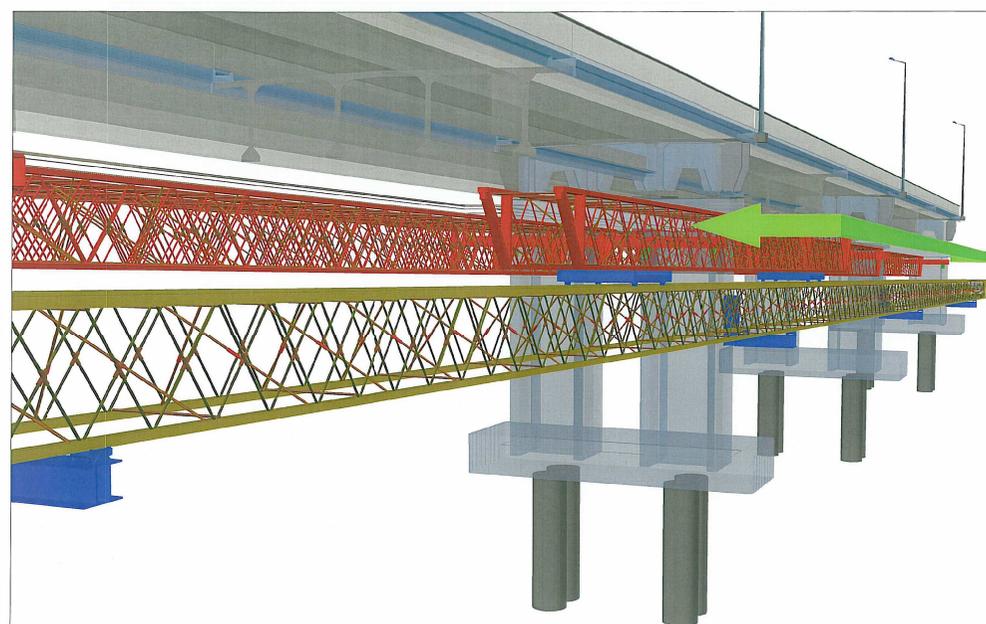


2, rue Hélène Boucher
BP 92
93337 Neuilly sur Seine
Tel: 01.40.44.92.00 - Fax: 01.40.44.94.95

PONT DE SAINT NAZAIRE
Phasage installation des plate-formes de travail sous tablier
Installation d'une estacade

date
25/03/201

Ce document est la propriété exclusive d'EIFFAGE TP. Toute reproduction est interdite.



2, rue Hélène Boucher
BP 92
93337 Neuilly sur Seine
Tel: 01.40.44.92.00 - Fax: 01.40.44.94.95

PONT DE SAINT NAZAIRE
Phasage installation des plate-formes de travail sous tablier
Déplacement d'une plate-forme

date	indice	page
25/03/2010	A	24/31

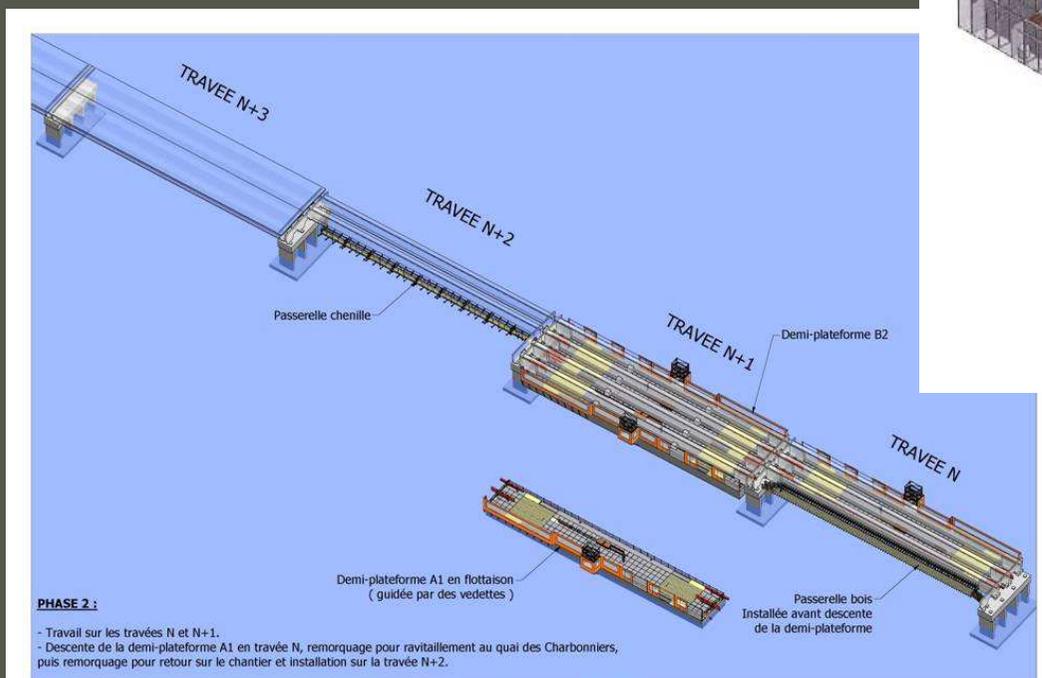
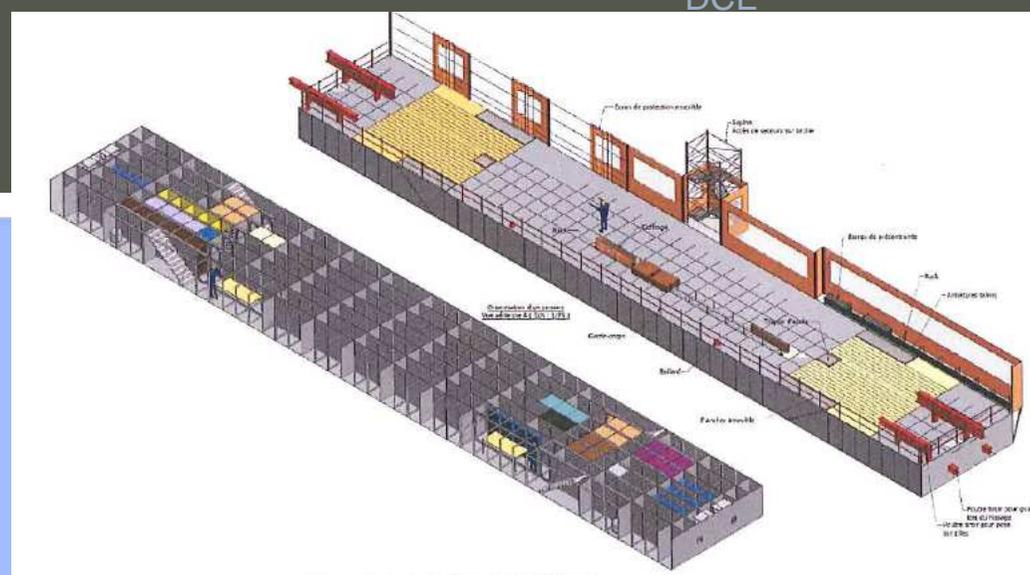
Ce document est la propriété exclusive d'EIFFAGE TP. Toute reproduction est interdite.

Valeur technique: Moyens d'accès

remblai provisoire sur 2 travées + 4 demi plateformes flottantes approvisionnées depuis le port + 2 plateformes peinture



Faisabilité
AVT
PRO
DCE



PHASE 2 :
 - Travail sur les travées N et N+1.
 - Descente de la demi-plateforme A1 en travée N, remorquage pour ravitaillement au quai des Charbonniers, puis remorquage pour retour sur le chantier et installation sur la travée N+2.

			Pont de Saint Nazaire - Renforcement structurel du Tablier V.I.P.P. Sud [N]-MET 04 PHASE: CYCLE D'UTILISATION ET DE DEPLACEMENT DES PLATEFORMES Unité: m Format: A3 Fait par: SLU Date: 25/03/2010 Page: 2 / 4
--	--	--	--

Valeur technique: Moyens d'accès

remblai sur 1ère travée + estacade et quai sur pilotis sur la travée suivante + 2 plateformes flottantes



Faisabilité

AVP

PRO

DCE



Conclusion

Présentation de l'ouvrage

Désordres et réparations

Faisabilité

AVP

PRO

DCE

ACT

Groupement retenu: QUILLE/DV Construction/VSL France