

ORTHODALLE

Un procédé innovant de renforcement
de tablier à dalle orthotrope
L'exemple du Pont d'Illzach

Ziad HAJAR



GC' 2013 – Cachan 26 et 27 Mars 2013



Plan de la présentation

- **Présentation de l'ouvrage**
- **Le Projet de réparation (Procédé ORTHODALLE)**
- **Les études d'exécution**
- **Les Travaux**
- **La validation de l'expérimentation**
- **Conclusion - Perspectives**



Présentation de l'ouvrage

■ Pont de la RD 201 sur le canal de Huningue à Illzach

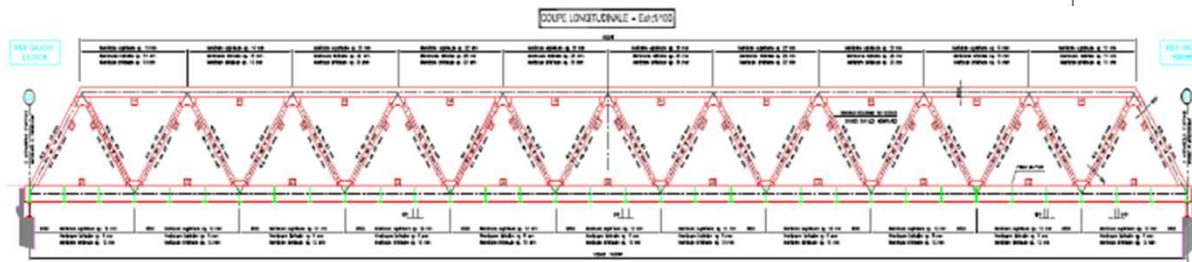
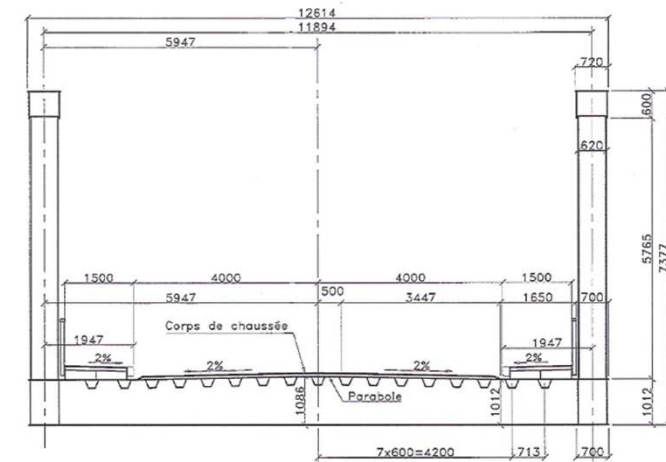
■ Date de la construction : 1970

■ Poutres latérales de type WARREN

■ Longueur = 106 m

■ Largeur utile 11 m (dont chaussée 8 m)

■ Hauteur poutres = 7,635

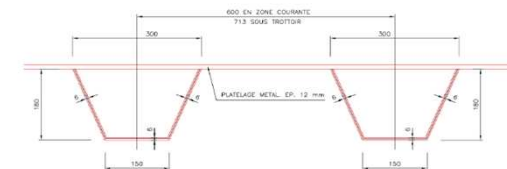


■ Platelage orthotrope

■ tôle d'ép. 12 mm

■ Augets d'ép. 6 mm / esp. 0,60 m

■ Pièces de pont : PRS H=1060 mm , Esp. = 3.20 m



■ Etat initial

■ Poutres : Bon état général



■ Platelage orthotrope

**Nombreuses fissures le long de la soudure
Auget/Pièce de pont**

Origine : Phénomènes de
Fatigue / Mauvaise disposition
constructive



Augets discontinus au droit des pdp

■ Objectifs recherchés

- Accroître la capacité portante de la dalle orthotrope
- Augmentation de la durée de vie de l'ouvrage (> 20 ans)
- Coût << celui de remplacement par un ouvrage neuf

■ Solution proposée (Procédé ORTHODALLE)



- Remplacement de la couche de roulement par un revêtement structurel en BFUP
- Recours à des dalles préfabriquées (rapidité d'exécution et limitation des Quantités de BFUP coulé en place)

Le Projet de réparation

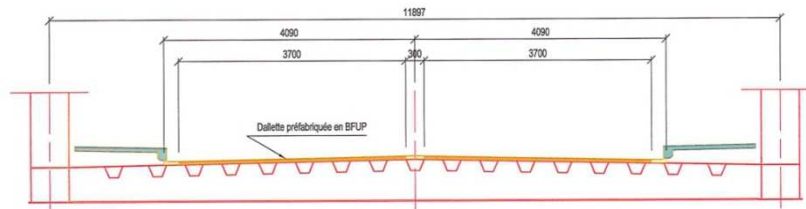
■ Procédé ORTHODALLE

■ Dans la continuité du projet ANR ORTHOPLUS piloté par le SETRA (2007-2011)

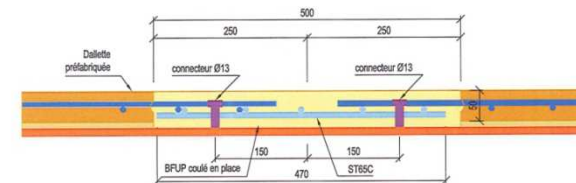
■ Lauréat de l'appel à projets d'Innovation routière 2010



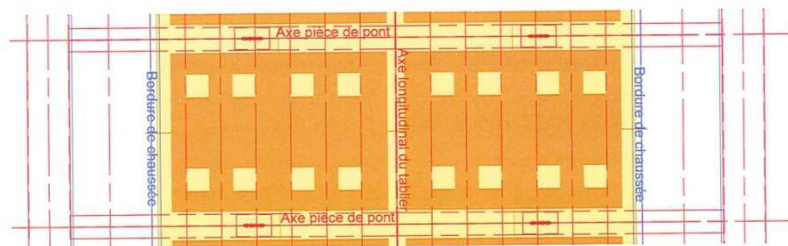
Coupe Transversale Type



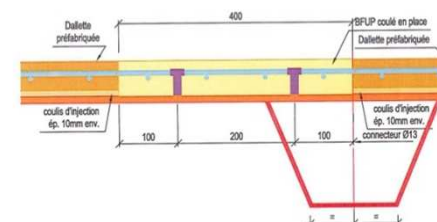
Détail de clavage entre dalles



Vue En Plan Partielle sur tablier



Détail sur poche Coupe



Le Projet de réparation

■ Procédé ORTHODALLE

■ 66 dalles préfabriquées en BSI

3.45 m x 2.70 m ép. de 5 cm

■ Bandes de clavages longitudinales

1 centrale de 30 cm et 2 latérales de 20 cm

■ Bandes de clavages transversales

Largeur = 60 cm, axées sur pièces de pont



■ Procédé ORTHODALLE

■ Connexion

mini goujons Nelson

$\phi = 13 \text{ mm}$, $H = 25 \text{ mm}$

disposés dans les bandes de clavages et dans les poches des éléments préfabriquées

■ Continuité mécanique (joints de reprise)

Ferrailage en Treillis soudé ST 65C

■ Etanchéité et couche de roulement

Résine gravillonnée 10 mm



■ Hypothèses générales et modèles de calcul

■ Modélisation du pont à l'état initial et l'état renforcé

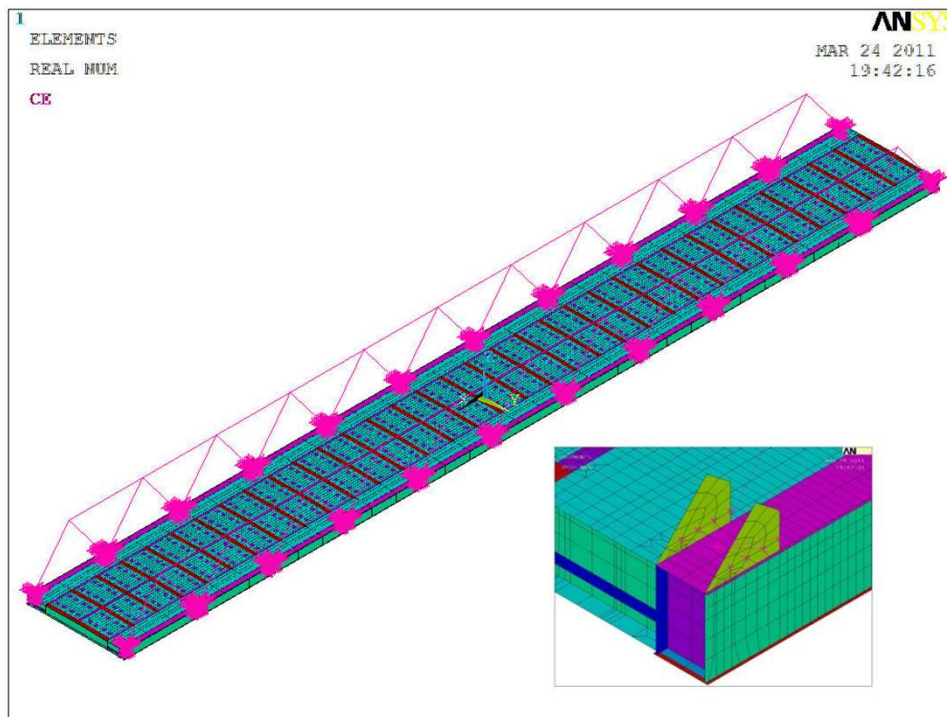
■ Chaque état du pont fait l'objet de 4 modèles :

- 1 Modèle global
- 3 Modèles locaux

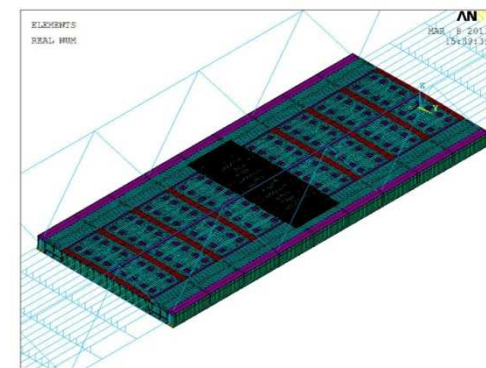
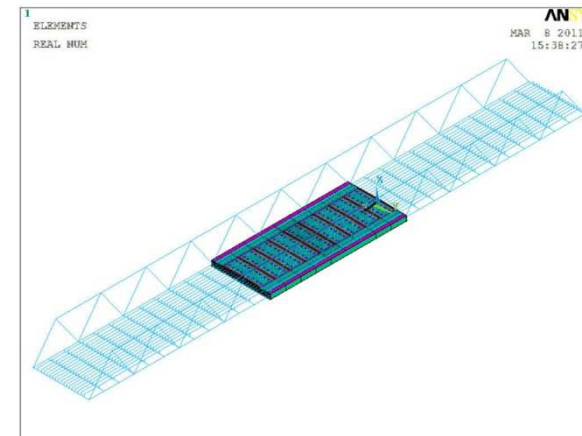
■ Une modélisation du système de connexion a été réalisée (Résultats Orthoplus : Essais Push-out /Arrachement)

■ Le calcul à la fatigue a été mené afin de confirmer la durée de vie demandée de la solution

Modèles de calcul



Modèle global - Liaison de la partie filaire et la partie en plaque du modèle global



Modèles locaux

Calculs de flexion générale + Locale

■ Principaux résultats : Comparaison Etat initial / Etat renforcé

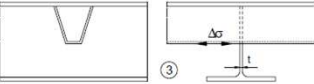
<i>Contraintes en MPa</i>		Pont initial	Pont renforcé	Ecart
Tôle de Platelage	σ_x (longitudinal)	263	163	-38%
	σ_y (transversal)	390	154	-61%
Augets	σ_x sous face	398	298	-25%
	σ_x âme	252	107	-58%
	σ_{xz} âme	122	59	-52%
Pièce de pont	σ_y	243	210	-14%
	σ_{xz}	120	104	-13%

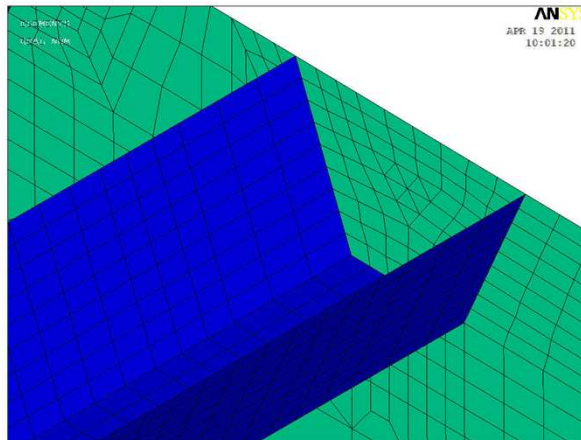
Calculs à la fatigue – Durée de vie

Hypothèses

Camion Bf

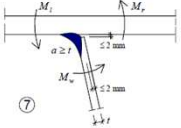
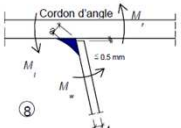
Intensité du Trafic C=1

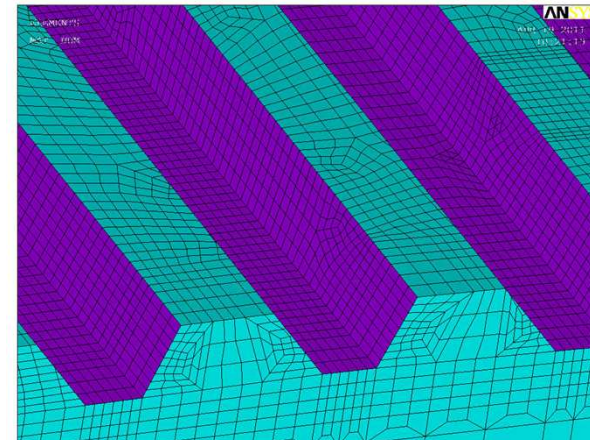
36		3) Raidisseur longitudinal discontinu de part et d'autre de la poutre transversale.	3) Evaluation basée sur l'étendue de contrainte de flexion $\Delta\sigma$ dans le raidisseur.
----	---	---	---



Détail 1 – Soudure de l'auget sur l'âme de l'entretoise

Catégorie de détail : 36

Catégorie de détail	Détail constructif	Description	Exigences
71		Soudure entre la tôle de platelage et un raidisseur trapézoïdal ou en V. 7) Soudure à pénétration partielle avec $a \geq t$.	7) Evaluation basée sur la contrainte de flexion dans la tôle.
50		8) Soudure d'angle ou soudure à pénétration partielle ne relevant pas du détail 7).	8) Evaluation basée sur la contrainte de flexion dans la tôle.



Détail 2 – Soudure de l'auget sur le platelage

Catégorie de détail : 50

Calculs à la fatigue – Durée de vie

Détail 1 - Auget sur entretoise		
Détail	$\Delta\sigma_c$	36 Mpa
	$\Delta\sigma_D$	26.64 Mpa
	$\Delta\sigma_L$	14.58 Mpa
Pont initial		
	$\Delta\sigma_{Bf-Ini-1}$	44
	$\Delta\sigma_{Bf-Ini-2}$	7.97
	p	2.712
	$\Delta\sigma_{Bf-Ini-total}$	44.307
	γ_{Mf}	1
	$\gamma_{Mf} \Delta\sigma_{Bf-Ini}$	44.307
	D annuel	0.920
	Durée de vie	1.09 ans
Pont renforcé		
	$\Delta\sigma_{Bf-Renf-1}$	20
	$\Delta\sigma_{Bf-Renf-2}$	8.7
	p	2.712
	$\Delta\sigma_{Bf-Ini-total}$	20.578
	γ_{Mf}	1
	$\gamma_{Mf} \Delta\sigma_{Bf-Ini}$	20.578
	D annuel	0.056
	Durée de vie	17.86 ans
Détail 2 - Auget sur platelage-Contrainte platelage		
Détail	$\Delta\sigma_c$	125 Mpa
	$\Delta\sigma_D$	92.5 Mpa
	$\Delta\sigma_L$	50.625 Mpa
Pont initial		
	$\Delta\sigma_{2Bf-Ini-1}$	52
	$\Delta\sigma_{2Bf-Ini-2}$	6.32
	p	2.712
	$\Delta\sigma_{Bf-Ini-total}$	52.217
	γ_{Mf}	1
	$\gamma_{Mf} \Delta\sigma_{Bf-Ini}$	52.217
	D annuel	0.012
	Durée de vie	85.66 ans
Pont renforcé		
	$\Delta\sigma_{Bf-Renf-1}$	21
	$\Delta\sigma_{Bf-Renf-2}$	2.3
	p	2.712
	$\Delta\sigma_{Bf-Ini-total}$	21.077
	γ_{Mf}	1
	$\gamma_{Mf} \Delta\sigma_{Bf-Ini}$	21.077
	D annuel	0.000
	Durée de vie	>100 ans

Soudure Auget - Entretoise

Durée de vie ~ 20 ans

Soudure Auget - Platelage

Pont Renforcé

Durée de vie > 100 ans

Elimination du problème de fatigue vis-à-vis des contraintes dans l'auget

■ Principe des justifications aux ELS

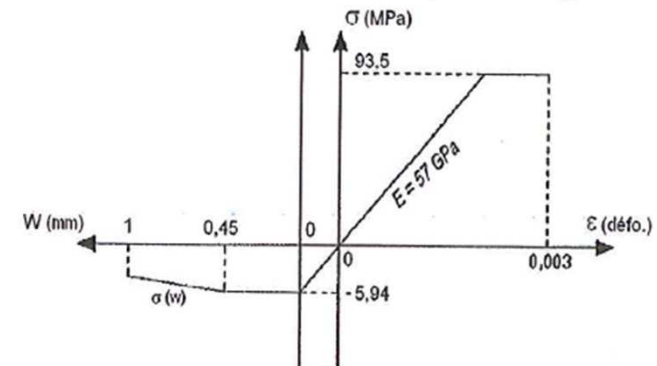
- Classe IV suivant Recommandations AFGC-SETRA 2002
- Fissuration préjudiciable suivant BAEL 99 + Limitation de l'ouverture de fissures $w < 0.2 \text{ mm}$
- Loi de comportement BSI avec $K = 1.25$

■ Principe des justifications aux ELU

- Loi de comportement BSI avec $K = 1.25$ et $\gamma_{bf} = 1.3$

Sections courantes : Fibres + Aciers passifs

Sections de reprise : Aciers passifs seuls



■ Préfabrication des dalles

(Usine AAB – Mormant 77)

■ Travaux sur site (Juillet-Août 2011)

- Dépose du revêtement / Préparation de surface par hydrodécapage,
- pose des goujons-connecteurs (~ 12000 goujons)
- Pose / Réglage des dalles préfabriquées
- Bétonnage des bandes de clavage
- Injection au coulis de l'interface dalle/tôle
- Mise en œuvre du revêtement en résine gravillonnée



■ Instrumentation – Epreuves de chargement

■ **Instrumentation de 4 section transversales du platelage** (Total = 72 jauges de déformations)

■ **Epreuves de chargement**

- Avant réparation (Juin 2011)
- Après réparation (Août 2011)
- 1 an Après (Octobre 2012)
- ...



■ **Principaux résultats**

- Meilleure répartition des efforts vers les augets adjacents,
- Bonne connexion BFUP-Platelage : l'axe neutre de la section mixte se situe dans le BFUP,
- Contraintes dans les augets : **Réduction d'environ 30%,**
- Contraintes dans le platelage : **Réduction d'environ 50%.**

Bonne concordance avec les résultats théoriques

Conclusion - Perspectives

- **ORTHODALLE** Un nouveau procédé de renforcement des dalles orthotropes, mis en œuvre avec succès sur le pont d'Illzach (**Label IVOR**)
- Réduction appréciable des contraintes dans le platelage orthotrope de près de 50%
- Elimination de problème de fatigue pour le détail Auget/Platelage
- Amélioration de plus de 20 ans de la durée de vie pour le détail Auget/Entretoise
- Bilan environnemental sur l'ensemble du cycle de vie de l'ouvrage considérablement amélioré.

Perspectives : Projet pilote en Hollande – Pont d'EWIJK

Merci pour votre attention

