

Rencontres Ouvrages d'Art 2018



Incidence d'un collage
de renforts composites
sous circulation : retour
d'expérience sur un
VIPP

NEIERS Sébastien
BONIFAS Clément

Cadre de l'étude

Cette étude fait suite à l'Analyse de Risque sur les VIPP, menée en 2010.

La DIR Est possède un nombre relativement important d'ouvrages VIPP ou de conception proche (14 VIPP + 5 « pseudos » VIPP)

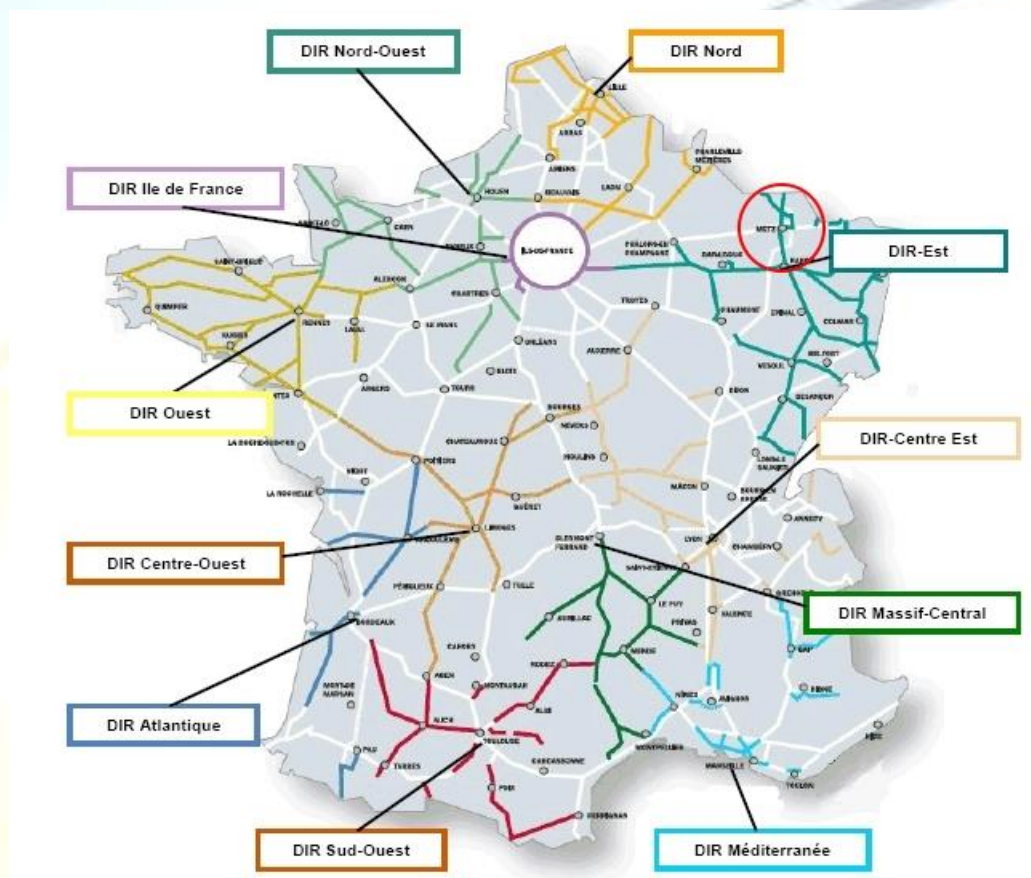
Cadre de l'étude

5 VIPP ont été identifiés comme critiques (4) à très critiques (1)

Des analyses calculatoires ont été confiées à la DOA du CEREMA Metz. Elles concluent à la nécessité de renforcement des tabliers par collage de composites.

Les axes concernés

4 des 5 ouvrages sur A31



Les axes concernés

Ces passages inférieurs voient passer des trafics journaliers de 34100 véhicules par jour dont 12,00 % de PL soit environ 4090 PL/ jour.

La configuration de l'autoroute à deux fois deux voies et son importance stratégique rendent d'éventuelles **coupures extrêmement difficiles à réaliser.**

Conséquences pour les réparations

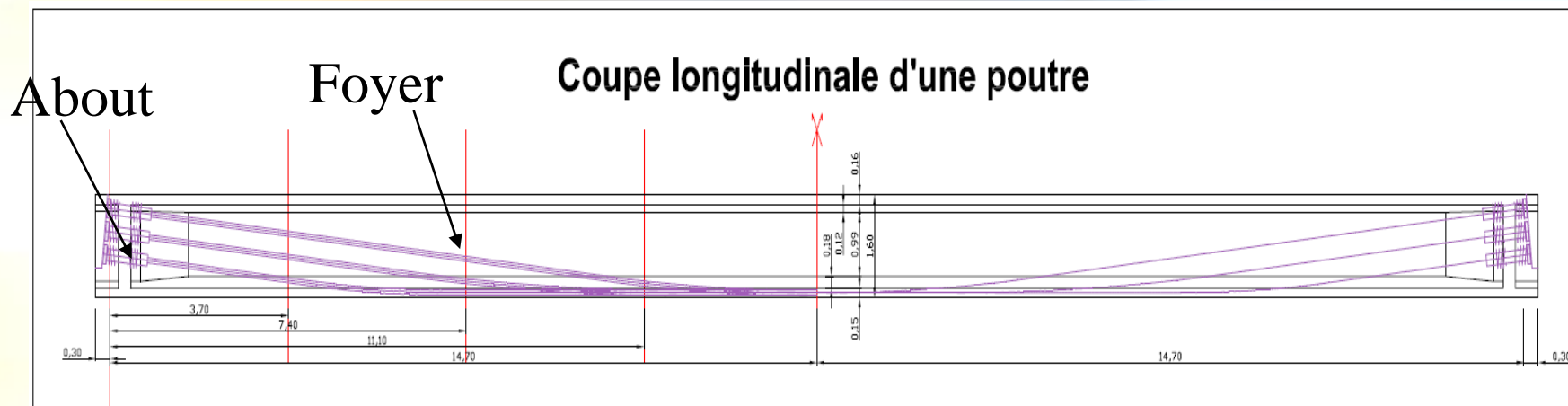
Les **conditions d'exploitation** des axes nécessitent de **minimiser au maximum la gêne à l'utilisateur** lors des travaux de renforcement / réparation.

Typologie des renforcements

Pour le premier ouvrage, toutes les poutres doivent être renforcées (3 tabliers de 5 poutres).

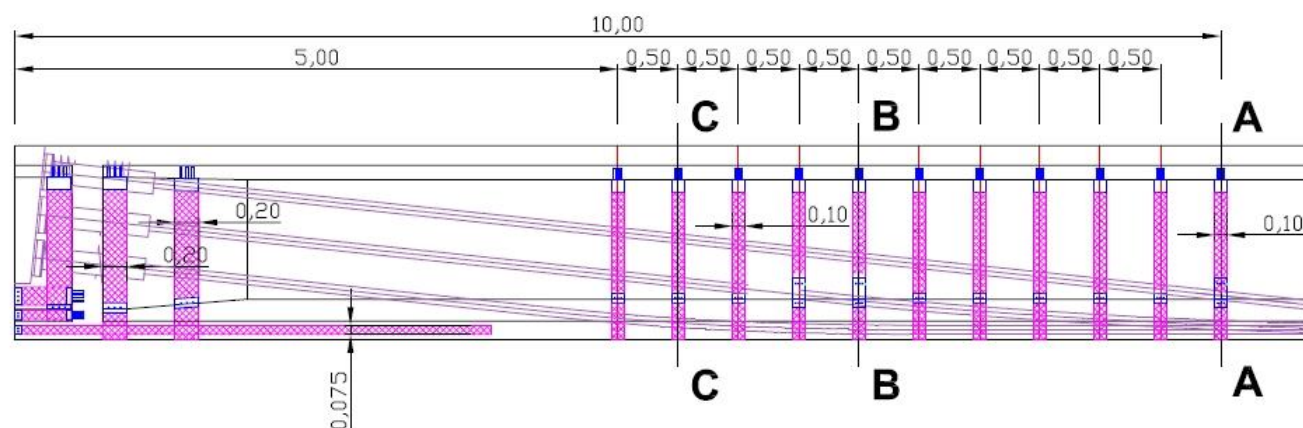
Les poutres doivent être renforcées :

- Au niveau de leurs abouts
- Au niveau de leurs foyers



Typologie des renforcements

Renforcements par matériaux composites



2 zones à renforcer :

- à l'about vis à vis de l'équilibre du coin et de la bielle d'about
- dans la zone située entre 5m et 10m de l'about vis à vis de l'effort tranchant

Objectifs des essais

Tenter de déterminer si un collage ***sous trafic*** est possible pour un ouvrage de type VIPP

« Typologie » des renforts :

- Nécessité sur VIPP = ELU => renforts non « utiles » à l'ELS
- Flexion et effort tranchant
- Lamelles et tissus

Campagne d'essai

2 Phases :

- Phase 1 :
 - collage des composites sous trafic (1 semaine en avril 2017),
 - avec instrumentation de l'ouvrage pour connaître son comportement (2 jours en avril 2017)
- Phase 2 : essai d'arrachement des composites
 - 1 semaine en avril 2017
 - 1 semaine en octobre 2017

Phase 1 : zones de test

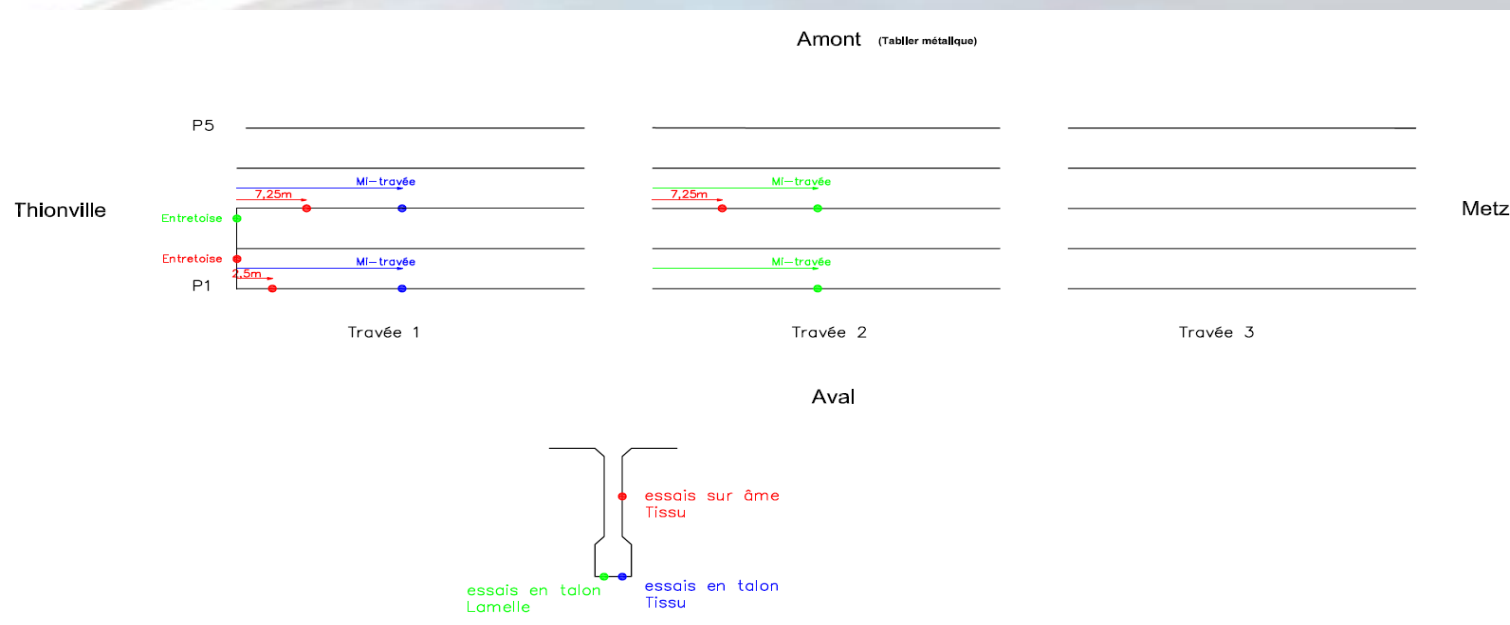
Tissus : Sikawrap 230C et colle Sikadur 330

Lamelles : SikaCarbodur S812 et colle Sikadur 30

4 zones de tests en flexion (2 lamelles / 2 tissus)

3 zones de test en tranchant (tissus)

2 zones de référence (lamelle et tissus)



Phase 1 : zones de test

Par zones : 4 éprouvettes

- 1 pour test « classique » de pastillage
- 3 pour test avec le MACICO

Éprouvettes : **longueur de 40cm**

=> Dont 10cm pour saisir l'éprouvette avec le MACICO

=> 30cm de collage : un arrachement devait rester possible... ici effort de 60kN sur lamelles et 30kN sur tissus

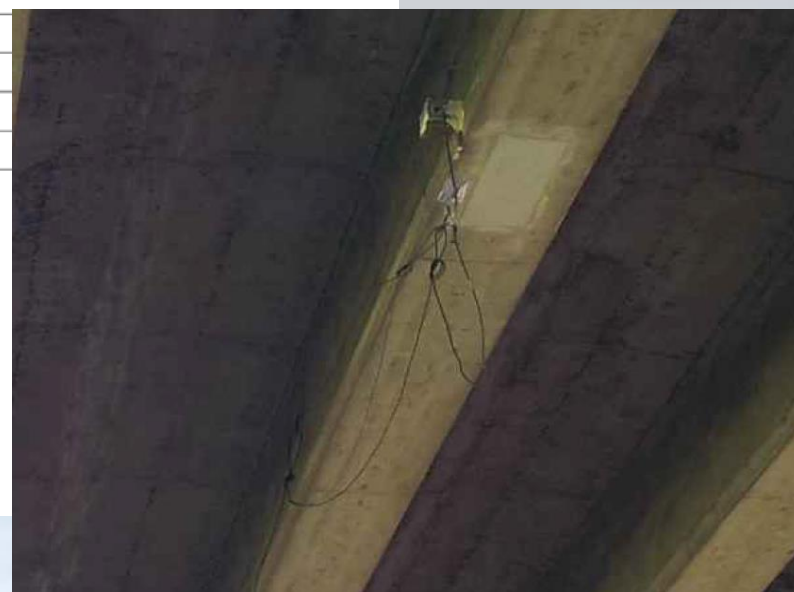
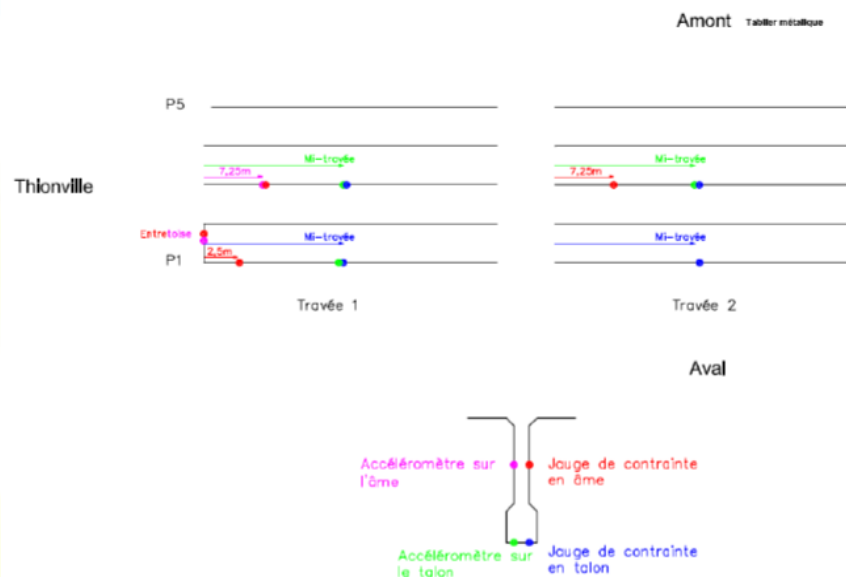


Phase 1 : instrumentation

Jauges extensométriques

Mesures de flèches (mi travée, poutre 3)

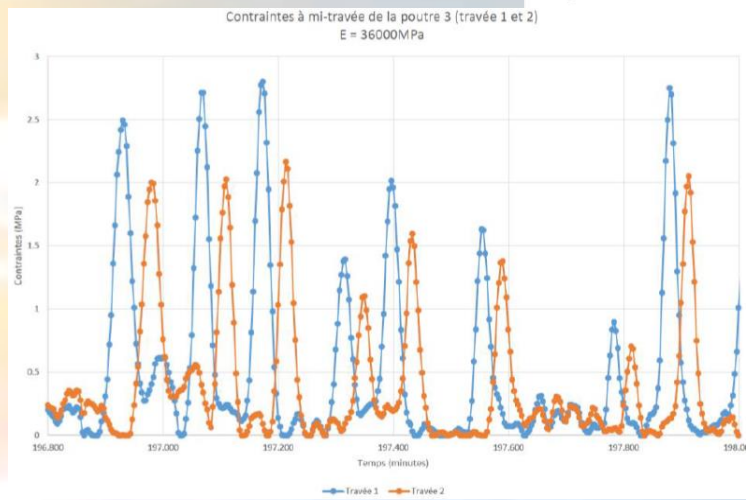
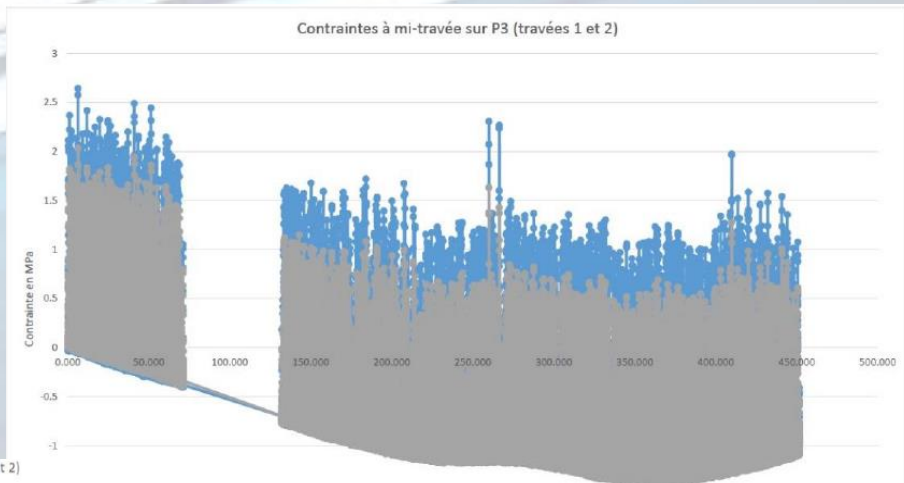
5 accéléromètres



Phase 1 : enseignement instrumentation

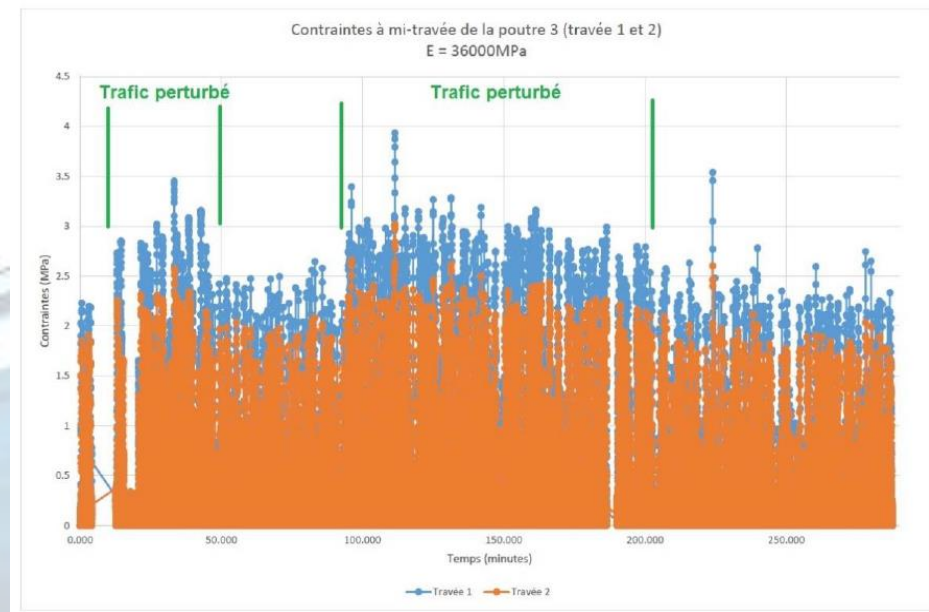
Trafic en conditions normales, sauf accident à proximité le matin du jour 2 (bouchon puis neutralisation voie rapide)

Variations déformations :
Déformations liées aux effets thermiques (iso et hyper) :
0,038‰ au maximum



Phase 1 : enseignement instrumentation

- Poutre centrale = 2,5 fois plus sollicitée que poutre latérale
- Sollicitation max enregistrée sur poutre centrale = environ 4MPa (0,1‰) soit **50% de l'ELS fréquent**
- Sur poutre latérale = 30% ELS fréquent
- Comportement différent des 2 travées (inexpliqué...)



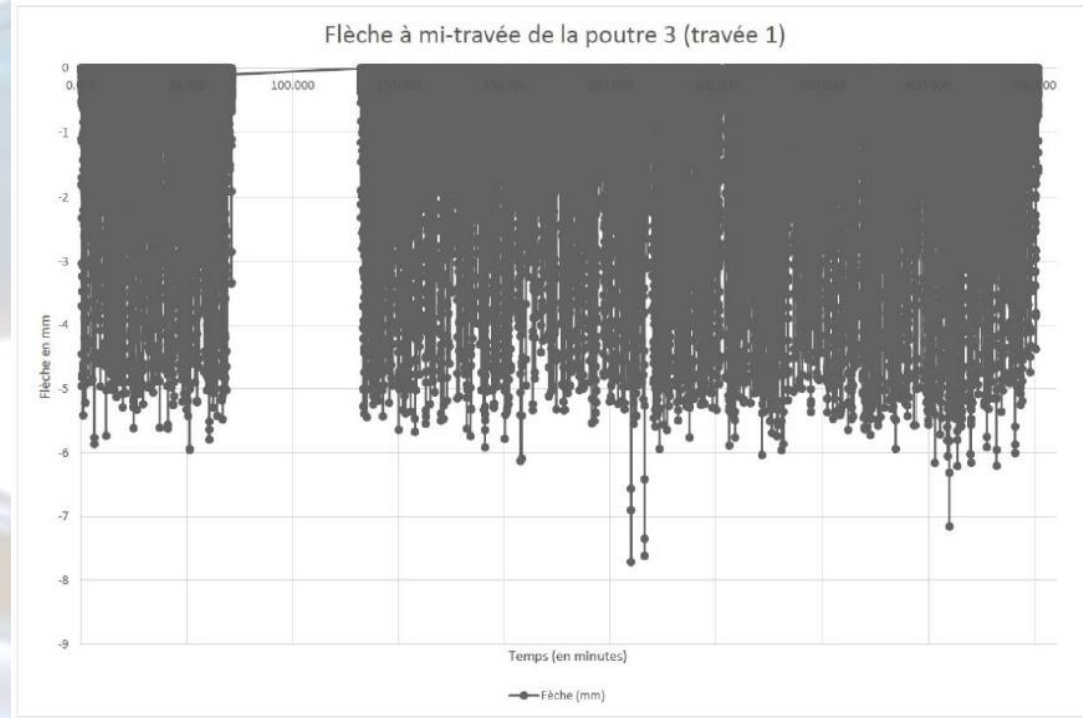
A mi-travée	Poutre 3 travée 1
Nombre de dépassement : $0,083 \text{ ‰} < \varepsilon \text{ soit } 3,0\text{MPa} < \sigma$	23 (2,08 fois / heures)
Nombre de dépassement : $0,069 \text{ ‰} < \varepsilon < 0,083 \text{ ‰} \text{ soit } 2,5\text{MPa} < \sigma < 3,0\text{MPa}$	173 (15,66 fois / heures)
Nombre de dépassement : $0,056 \text{ ‰} < \varepsilon < 0,069 \text{ ‰} \text{ soit } 2,0\text{MPa} < \sigma < 2,5\text{MPa}$	758 (68,60 fois / heures)
Nombre de dépassement : $0,042 \text{ ‰} < \varepsilon < 0,056 \text{ ‰} \text{ soit } 1,5\text{MPa} < \sigma < 2\text{MPa}$	463 (41,90 fois / heures)
Nombre de dépassement : $0,028 \text{ ‰} < \varepsilon < 0,042 \text{ ‰} \text{ soit } 1,0\text{MPa} < \sigma < 1,5\text{MPa}$	647 (58,55 fois / heures)
Nombre de dépassement : $0,014 \text{ ‰} < \varepsilon < 0,028 \text{ ‰} \text{ soit } 0,5\text{MPa} < \sigma < 1,0\text{MPa}$	585 (52,94 fois / heures)

Phase 1 : enseignement instrumentation

Flèche maximale : **7,8mm**
= 50% flèche théorique
sous ELS fréquent

Flèche supérieure à 7mm =
4 fois lors de
l'instrumentation = tous les
3 heures environ

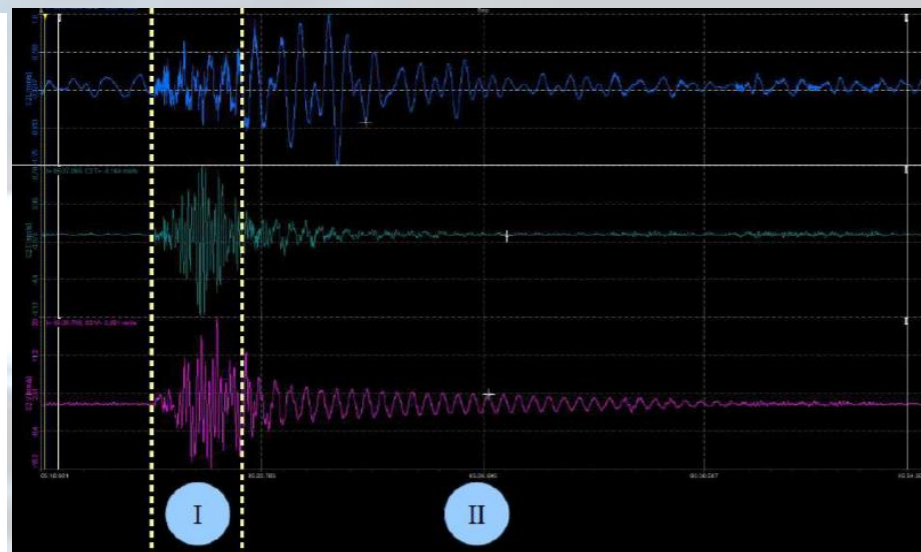
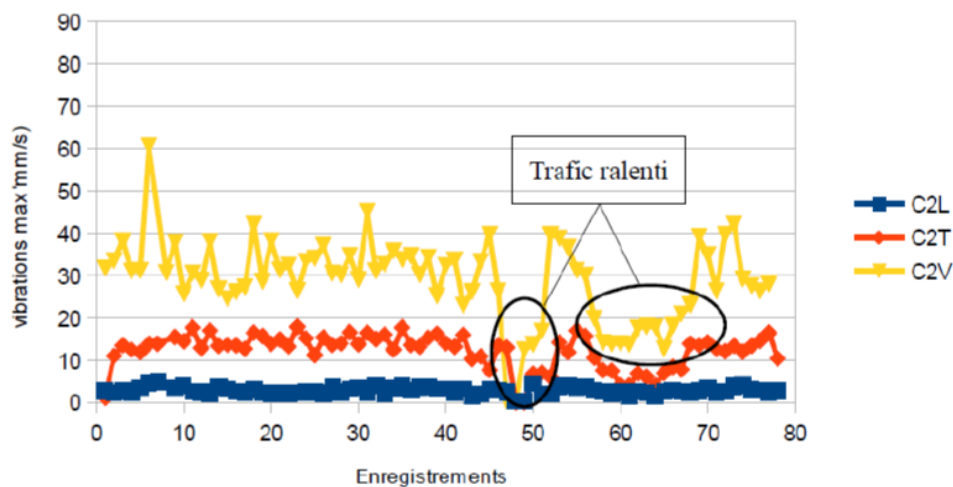
Flèche	Poutre 1 travée 1
Nombre de dépassement : 7mm < Flèche	4 (0,36 fois / heures)
Nombre de dépassement : 6mm < Flèche < 7mm	14 (1,27 fois / heures)
Nombre de dépassement : 5,5mm < Flèche < 6mm	64 (5,79 fois / heures)
Nombre de dépassement : 5,0mm < Flèche < 5,5mm	320 (28,96 fois / heures)
Nombre de dépassement : 4,5mm < Flèche < 5,0mm	526 (47,60 fois / heures)
Nombre de dépassement : 4 0mm < Flèche < 4 5mm	282 (25 52 fois / heures)



Phase 1 : enseignement instrumentation

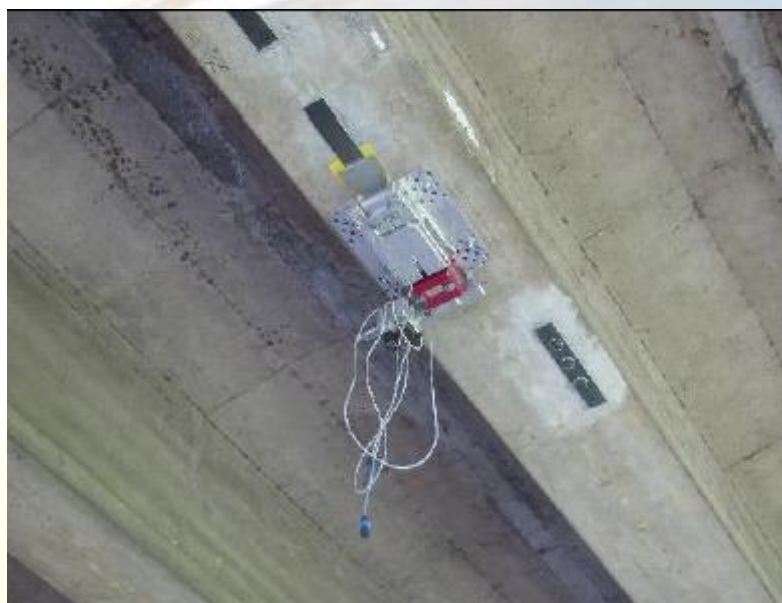
Vibrations :

- Les vibrations verticales max : **80 mm/s sous véhicules lourds** et **3,1 mm/s sous véhicules légers**
- Effet vitesse : **division par 4 des vibrations lors du ralentissement** observé sur ouvrage (diminution vitesse de 90km/h à 60-70km/h)
- Vibrations sur travée 2 = 50% vibrations sur travée 1
- Fréquence propre tablier = environ 2Hz



Phase 2 : essais

Essais arrachement :
utilisation du MACICO
(développé par
Cerema CE / DLA)



Phase 2 : essais d'arrachement

- Type de rupture

Théoriquement = dans béton

Sur quelques essais en semaine 1
= entre platine et colle

(températures « basses » ont
probablement ralenti le
durcissement de la colle =>
problème disparu en semaine 2)



Phase 2 : essais

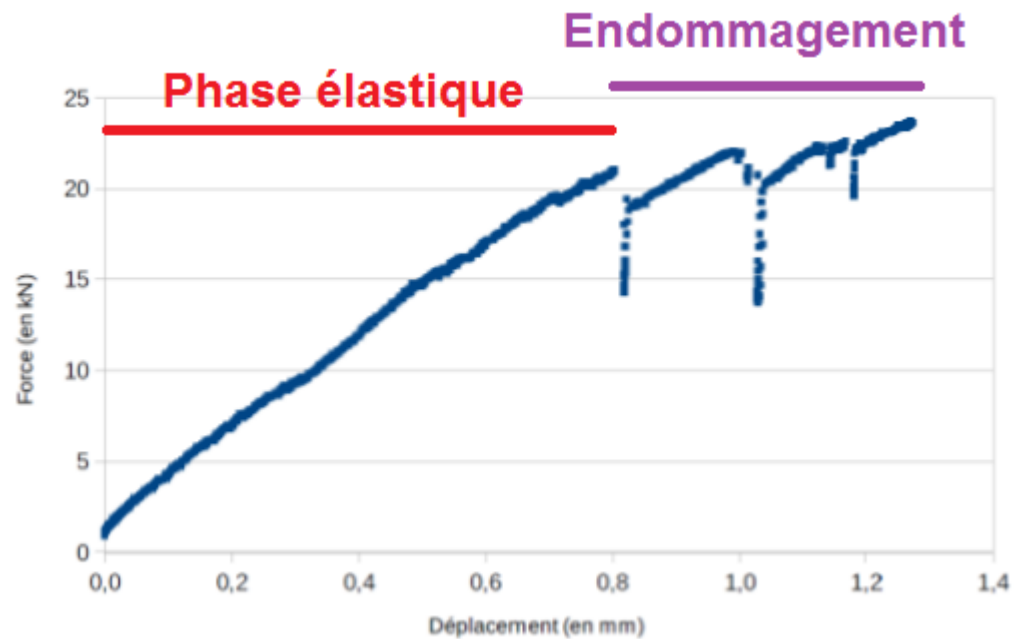
- Valeur rupture
- Pas de différence significative entre zone d'essai et zone de référence

Effort de l'ordre de :
6t sur lamelles
3t sur tissus

		Cisaillement				
		Effort à rupture (en kN)	Moyenne (en kN)	Écart type (en kN)	Type de rupture	
					Béton	Interface composite/adhésif
Lamelles de référence entretoise d'about	Zone 4	55.6	55.5	1.0	80%	20%
		54.5			100%	
		56.6			100%	
Lamelles à mi-travée 2 poutre 3, travée 2	Zone 8	57.6	57.7	4.8	80%	20%
		53.0			Connexion platine composite	
		62.6			50%	50%
Lamelles à mi-travée 2 poutre 1, travée 2	Zone 9	50.7	54.9	5.9	Connexion platine composite	
		59.1			100%	
Tissus de référence entretoise d'about	Zone 2	26.7	27.2	2.6	Connexion platine composite et début de rupture dans le béton	
		24.9				
		30.1				
Tissus sur âme à 2,5m, travée 1	Zone 1	31.1	29.4	1.4	Connexion platine composite et début de rupture dans le béton	
		28.8				
		28.4				
Tissus sur âme à 7,25m sur poutre 3, travée 1	Zone 3	24.8	26.2	3.0	100%	
		24.2			100%	
		29.7			100%	
Tissus sur âme à 7,25m sur poutre 3, travée 2	Zone 7	28.3	26.7	1.9		100%
		27.1			90%	10%
		24.6			90%	10%
Tissus en talon à mi-travée poutre 1, travée 1	Zone 6	23.3	23.5	1.8	100%	
		25.4			90%	10%
		21.9			100%	
Tissus en talon à mi-travée poutre 3, travée 1	Zone 5	21.8	24.2	2.6	100%	
		27.0			100%	
		23.7			100%	

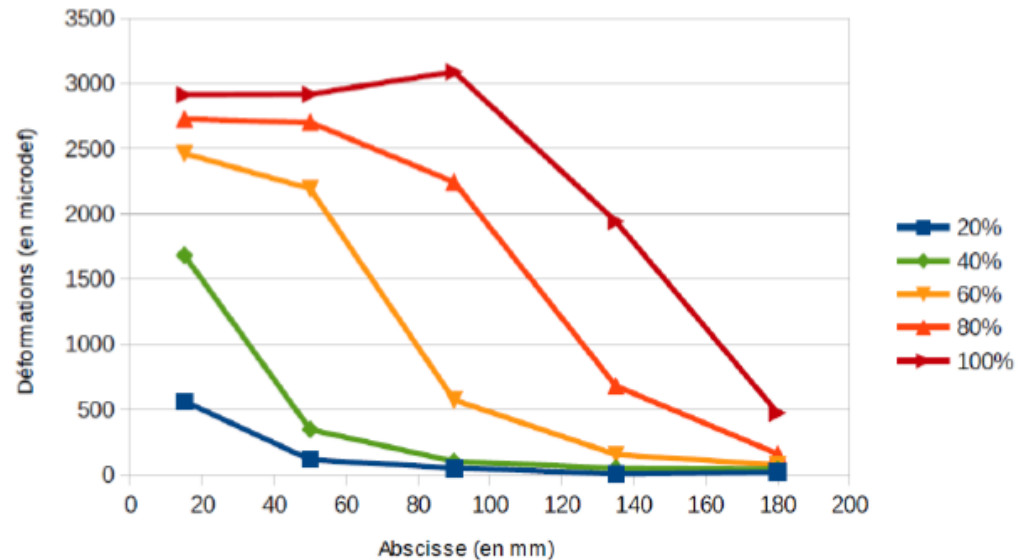
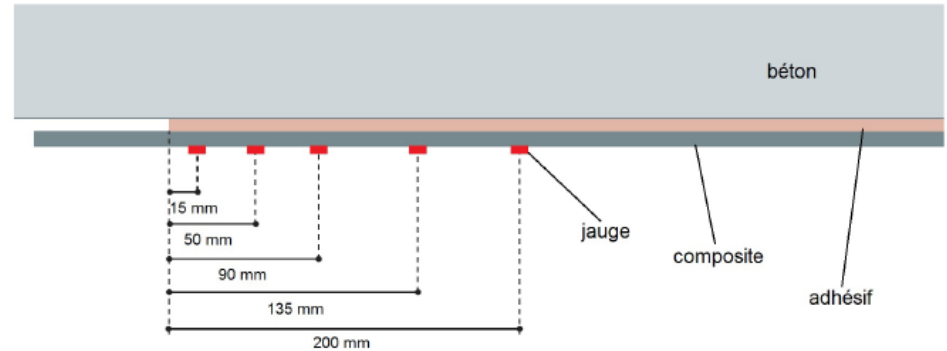
Phase 2 : essais

- Courbe effort déplacement
- Pas de différence de comportement entre les zones
- Déplacements à rupture de 1mm (lamelle) à 2mm (tissus)



Phase 2 : essais

- Courbe de la déformation à une abscisse donnée (suivant % du temps de rupture
- Longueur d'ancrage de l'ordre de 10cm sur les essais dépouillés
- Pas de différence entre les différentes zones testées



Conclusions

Tests réalisés sur VIPP de 30m de portée à 5 poutres (2 voies – 1 sens d'autoroute) chargé par 35000véh/j en moyenne (sur l'ouvrage) et 12% de PL => VIPP représentatif sur autoroute chargée

Mesures du comportement ont montré que :

- Chargement = au moins 50% du niveau ELS fréquent
- Flèche : 8mm au maximum (ouvrage de 3x30m)
- Vibrations = dues principalement aux PL (80mm/s au maximum)
- Réduction vitesse diminue notablement les effets dynamiques (divisé par 4 sur l'ouvrage lors d'un ralentissement)

Conclusions

Essais sur composites

- Pas de modification de comportement notée entre zone essai et zone de référence
- => Influence du trafic négligeable dans les essais**

Mais :

- Essais = pour vérifier un comportement « ELU » ; ne permettent pas d'affirmer que comportement ELS reste correct si collage sous trafic
- Composites de longueur limitée => les vibrations peuvent avoir effets supérieurs sur composite de longueur supérieur ?
- Effets dynamiques = différents sur d'autres ouvrage

Suites données

Pour le premier chantier (prévu sur l'ouvrage des tests) :

- Réduction de la vitesse à 70 km/h lors des collages,
- Mise en œuvre des tissus aux abouts sous circulation,
- Collage des tissus en foyers sous coupure totale, de nuit.

Utilisation de ces résultats pour définir les modalités d'exploitation sous chantier lors des prochaines opérations de renforcement de la DIR Est.

Merci de votre participation

Cerema Est : NEIERS Sébastien,
BERDOS Xavier, PERIDON Franck,
BRICE Guillaume

Cerema Centre-Est
(Département Laboratoire
d'Autun) : LE ROY Corentin,
ROTH Jérémy, AUBAGNAC
Christophe, GAGNON Arnaud,
PISSELOUP Olivier, FLÉTY André

DIR Est : CHOUKOUR Hicham,
BONIFAS Clément, ORTIZ Raphael

