

# Journées techniques Ouvrages d'Art 2013

Dijon, Mercredi 05 et Jeudi 06 juin

**Caronte :**

**L'évaluation structurale et le suivi instrumenté des viaducs d'accès**

Jean-Christophe Carlès  
6 juin 2013



**IFSTTAR**

# Caronte - évaluation structurale et suivi instrumenté des viaducs d'accès

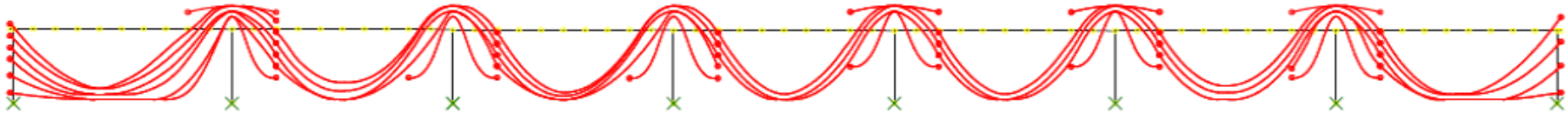
## Sommaire

- La problématique
- Les options retenues
- L'évaluation structurale
- Les épreuves de chargement
- La surveillance
- Le suivi de l'ouvrage



# La problématique

- Tabliers des ouvrages d'accès pathologiques du fait:
  - des effets du gradient thermique,
  - du mauvais fonctionnement des coupleurs,
  - d'arrêts de câbles dans les sections de couplage.



- Avant travaux: par sens de circulation, sur chaque tablier, 2 voies de circulation en continuité de l'A55 + une voie correspondant à une bretelle d'insertion et de sortie.
- Pendant les travaux sur les tabliers est, les tabliers ouest supporteront 2x2 voies de circulation embouteillées => trafic « doublé ».
- Durée des travaux supérieure à 1 an: cumul des effets du trafic avec les effets maximums de gradient.

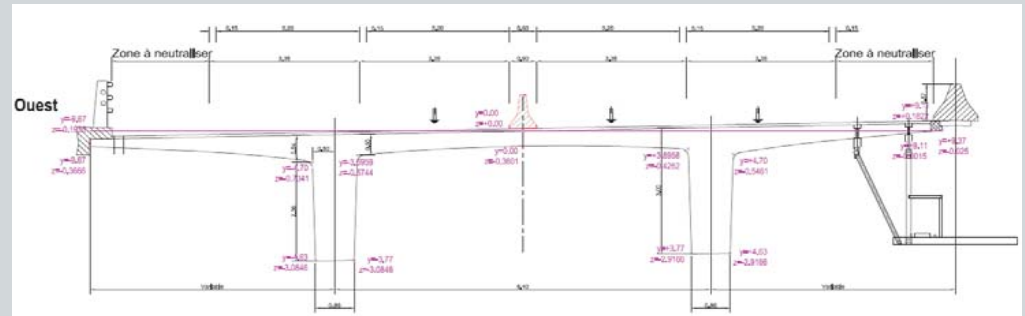


# Les options retenues

- Décisions:

- d'instrumenter et d'assurer une surveillance (très) renforcée de toutes les sections de couplage,

- de centrer les 2x2 voies,  
de les canaliser,  
de limiter la vitesse,



- de constituer un comité technique chargé du suivi du comportement des tabliers ouest pendant toute la durée des travaux composé de:

T Kretz, L Labourie, du CETE Méditerranée (DOA et SOAB), de La DIR Méditerranée MOA gestionnaire et MOE en charge des travaux de réparation.

- de procéder à une évaluation structurale fine des ouvrages dans leur condition d'exploitation,

- de réaliser des épreuves de chargement.



# L'évaluation structurale

- Sollicitations normales à l'ELS:
  - Principales hypothèses de calcul
    - Analyse structurale avec rotules élastiques sous charges variables
    - Fonctionnement des joints en précontrainte partielle – calculs en fourchette

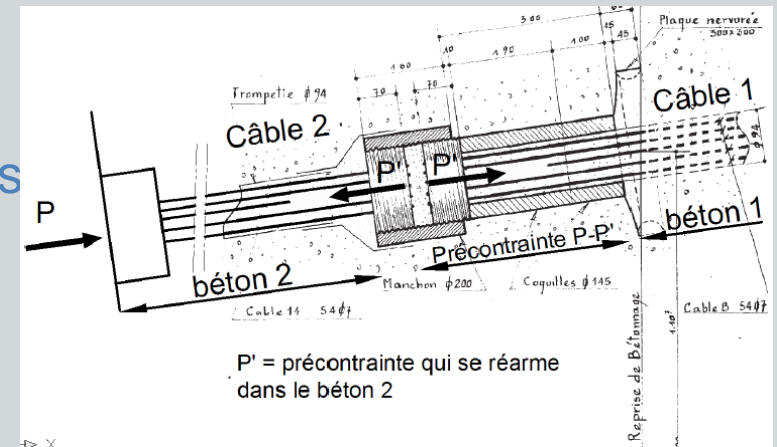
Moments admissibles / Moments enveloppes ELS au droit des joints												
fonctionnement "mixte" et 2x2 voies centrées 100% de la préc. transmise (Efforts en MN et MN.m)	Travée 2		Travée 3		Travée 4		Travée 5		Travée 6		Travée 7	
	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M
Effort normal et Moments admissibles :	31,96	21,65	31,62	21,90	23,48	17,35	23,41	17,80	23,79	18,15	35,00	25,55
ELS Fréq. : G + 0.72.Qr												
mixte :	31,96	16,92	31,62	12,10	23,48	17,79	23,41	10,79	23,79	12,02	35,00	12,95
dépassement :						3%						
ELS Fréq. : G + 0.50.Grad 12°C												
mixte :	31,96	21,30	31,62	14,64	23,48	20,75	23,41	13,53	23,79	14,75	35,00	15,68
dépassement :						20%						
ELS rare : G + 1.20Qr + 0.5.Grad 12°C												
mixte :	31,96	26,30	31,62	19,97	23,48	25,95	23,41	18,82	23,79	20,04	35,00	21,01
dépassement :		21%				50%		6%		10%		

**Mais ces calculs ne sont pas représentatifs du comportement des sections de couplage.** La prise en compte des longueurs de transfert au droit des joints conduit à des surtensions dans les câbles plus faibles.



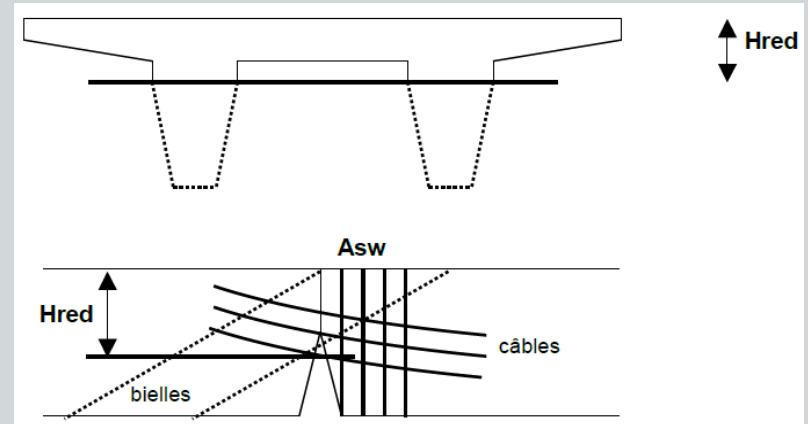
# L'évaluation structurale

- Sollicitations normales ELU:
  - Principales hypothèses de calcul
    - Analyse structurale avec rotules élastiques sous charges variables
    - Totalité de la précontrainte transmise aux joints de couplage
    - Étude d'une rupture de câble à l'ELU accidentel
  
- Principaux résultats
  - Sections de couplage justifiées
  - Sections sur appuis justifiées
  - Sections à mi-travée justifiées (pour certaines) avec  $\gamma_G=1,20$  au lieu de 1,35
  - Sections de couplage justifiées à l'ELU accidentel



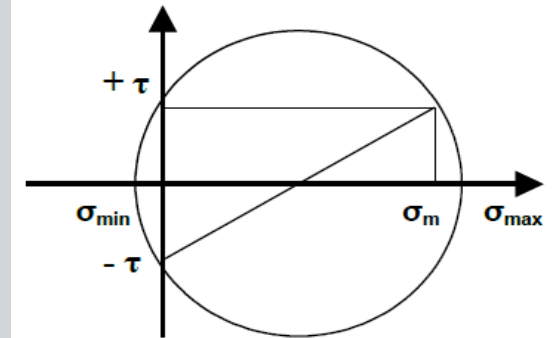
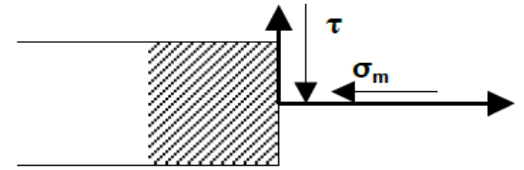
# L'évaluation structurale

- Sollicitations tangentés ELU:
  - Principales hypothèses de calcul
    - Vérification adaptée des recommandations de l'eurocode tenant compte d'une hauteur réduite
      - Possible réduction de l'inclinaison des bielles
      - Réduction de la longueur de couture
      - En sus, aciers de suspente
  - Principaux résultats
    - Condition de non écrasement des bielles satisfaite
    - Section d'armatures suffisante



# L'évaluation structurale

- Sollicitations tangentes ELS
  - Principales hypothèses de calcul
    - Vérification de la contrainte principale de traction
  - Principaux résultats
    - Contrainte de traction faible: 0.3 MPa  
=> Marge élevée par rapport au risque de fissuration par cisaillement
  
- Conclusions générales de l'évaluation
  - Ouvrage justifié à l'ELU sans marge
  - Les joints travaillent en précontrainte partielle et de façon importante en service
  - Risque de fatigue des câbles et des boutons d'ancrage





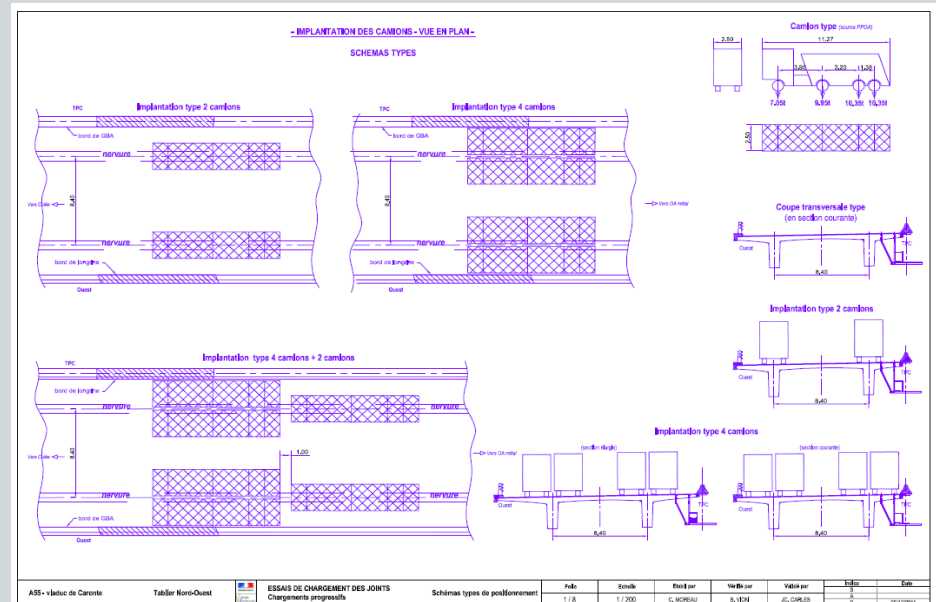
# Les épreuves de chargement

- **Objectif**

- Comportement de l'ouvrage sous des charges représentatives
- Validité du modèle théorique – Robustesse des résultats

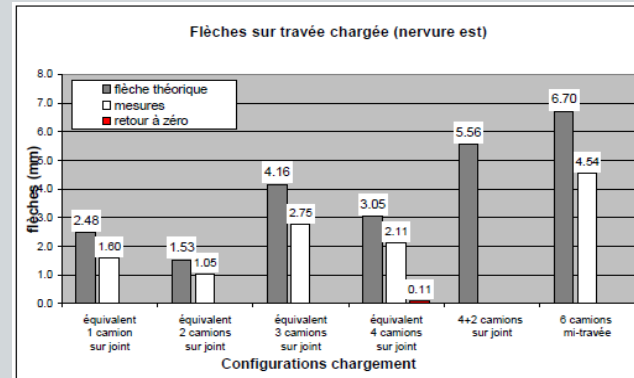
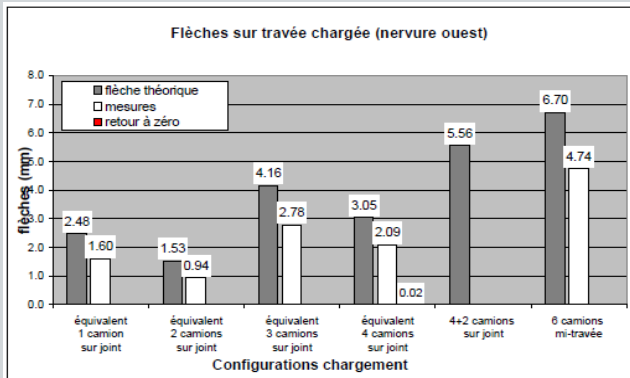
- **Moyens**

- Jusqu'à 6 camions de 40t
- Sollicitations proches des  $\frac{3}{4}$  des charges routières
- Chargements progressifs
- Suivi en continu du comportement de l'OA



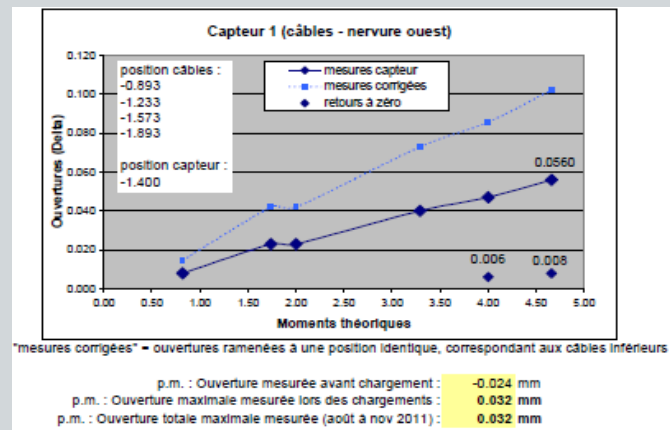
# Les épreuves de chargement

- Résultats
  - Flèches inférieures aux théoriques

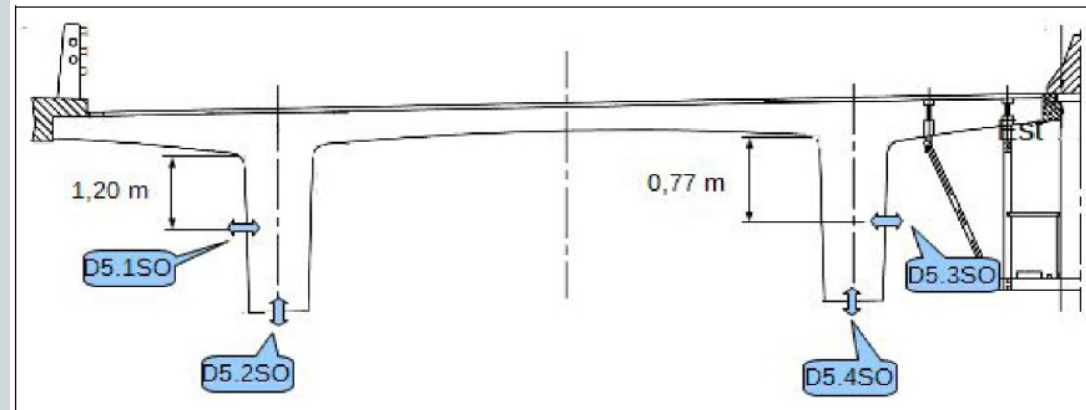


- Ouverture maxi 1.3 10<sup>ème</sup>
- Comportement réversible des ouvertures
- Comportement linéaire en fonction de la charge

=> Le modèle est représentatif



# La surveillance



- Modalités

- Pour chaque nervure, un capteur au niveau des câbles et un en talon
- Capteurs à échantillonnage rapide (5Hz)
- Exploitation par séquences de 10mn d'acquisition
- Mesure des ouvertures absolues et sous trafic
- Mesure des amplitudes de battement et du nombre de cycles
- Mesure du gradient thermique et de la température extérieure

- Choix de seuils de « vigilance »

- Ouverture absolue:  $2 \cdot 10^{\text{ème}}$  de mm d'augmentation
- Amplitude :  $2 \cdot 10^{\text{ème}}$  de mm également



# Le suivi de l'ouvrage

- Gradients maxi de 9°C
  - Forte corrélation entre ouverture et gradient
  - Ouvertures sous trafic comprises entre 75% et 112% (155%) des ouvertures lors des épreuves
  - Ouvertures maximales jusqu'à 81% des seuils
  - Amplitudes maximales jusqu'à 96% des seuils
  - Ouvertures sous trafic et amplitudes stables
  - Quelques dé corrélation gradient/ouverture en période hivernale
- => Raccourcissement thermique gêné par des « blocages » sur appuis

**Tablier sud/ouest**

	tablier Sud-Ouest	Joint J2		Joint J3		Joint J4		Joint J5		Joint J6		Joint J7		
		nerv. Ouest	nerv. Est	nerv. Ouest	nerv. Est	nerv. Ouest	nerv. Est	nerv. Ouest	nerv. Est	nerv. Ouest	nerv. Est	nerv. Ouest	nerv. Est	
Câbles	Nom	D2.1SO	D2.3SO	D3.1SO	D3.3SO	D4.1SO	D4.3SO	D5.1SO	D6.3SO	D6.1SO	D6.3SO	D7.1SO	D7.3SO	
	Valeurs "absolues" max.													
	Max. (mm)	0,049	0,114	0,105	0,139	0,140	0,150	0,236	0,073	0,136	0,013	0,242	0,116	
	Seuil (mm)	0,150	0,140	0,140	0,200	0,240	0,210	0,340	0,210	0,240	0,230	/	/	
	%max./seuil	33	81	75	70	58	78	69	35	57	6	/	/	
	Amplitude de cycle max.													
	Max. (mm)	0,050	0,110	0,100	0,170	0,170	0,180	0,230	0,100	0,180	0,080	0,130	0,080	
	Seuil (mm)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,240	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	
	%max./seuil	25	55	50	85	85	80	96	50	90	30	65	40	
	Ouverture max. sous circulation													
Max. (mm)	0,026	0,073	0,055	0,096	0,111	0,097	0,131	0,040	0,122	0,026	0,081	0,047		
Max. épreuves (mm)	0,008	0,047	0,056	0,078	0,129	0,087	0,150	0,055	0,121	0,006	/	/		
%max./max.e preuves	325	155	98	110	86	111	87	73	101	433	/	/		

	tablier Sud-Ouest	Joint J2		Joint J3		Joint J4		Joint J5		Joint J6		Joint J7		
		nerv. Ouest	nerv. Est	nerv. Ouest	nerv. Est	nerv. Ouest	nerv. Est	nerv. Ouest	nerv. Est	nerv. Ouest	nerv. Est	nerv. Ouest	nerv. Est	
Talons	Nom	D2.2SO	D2.4SO	D3.2SO	D3.4SO	D4.2SO	D4.4SO	D5.2SO	D5.4SO	D6.2SO	D6.4SO	D7.2SO	D7.4SO	
	Valeurs "absolues" max.													
	Max. (mm)	1,086	/	/	/	0,333	0,486	0,700	1,001	0,380	0,353	/	/	
	Amplitude de cycle max.													
	Max. (mm)	0,850	/	/	/	0,410	0,570	0,800	1,010	0,560	0,510	/	/	
	Ouverture max. sous circulation													
	Max. (mm)	0,553	/	/	/	0,262	0,363	0,466	0,806	0,346	0,296	/	/	
	Max. épreuves (mm)	0,503	0,082	0,269	0,223	0,317	0,312	0,542	0,619	0,379	0,270	/	/	
	%max./max.e preuves	110	/	/	/	83	116	91	98	91	110	/	/	

Dépassement du seuil de vigilance (> 100%)

Proche du seuil de vigilance (≥ 90%)

Tableau 9: Tablier sud/ouest - Synthèse des résultats



# Merci pour votre attention

