

IMGC

L'INSTRUMENTATION AU SERVICE DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL

Journée Technique

MARDI 13 JUIN 2023

FNTP – 3 Rue de Berri, 75 008 PARIS

Viaduc du Reyran





VINCI AUTOROUTES

FREYSSINET

NATURALIA ingénierie en écologie

GTM SUD

Cerema

diadès

setec

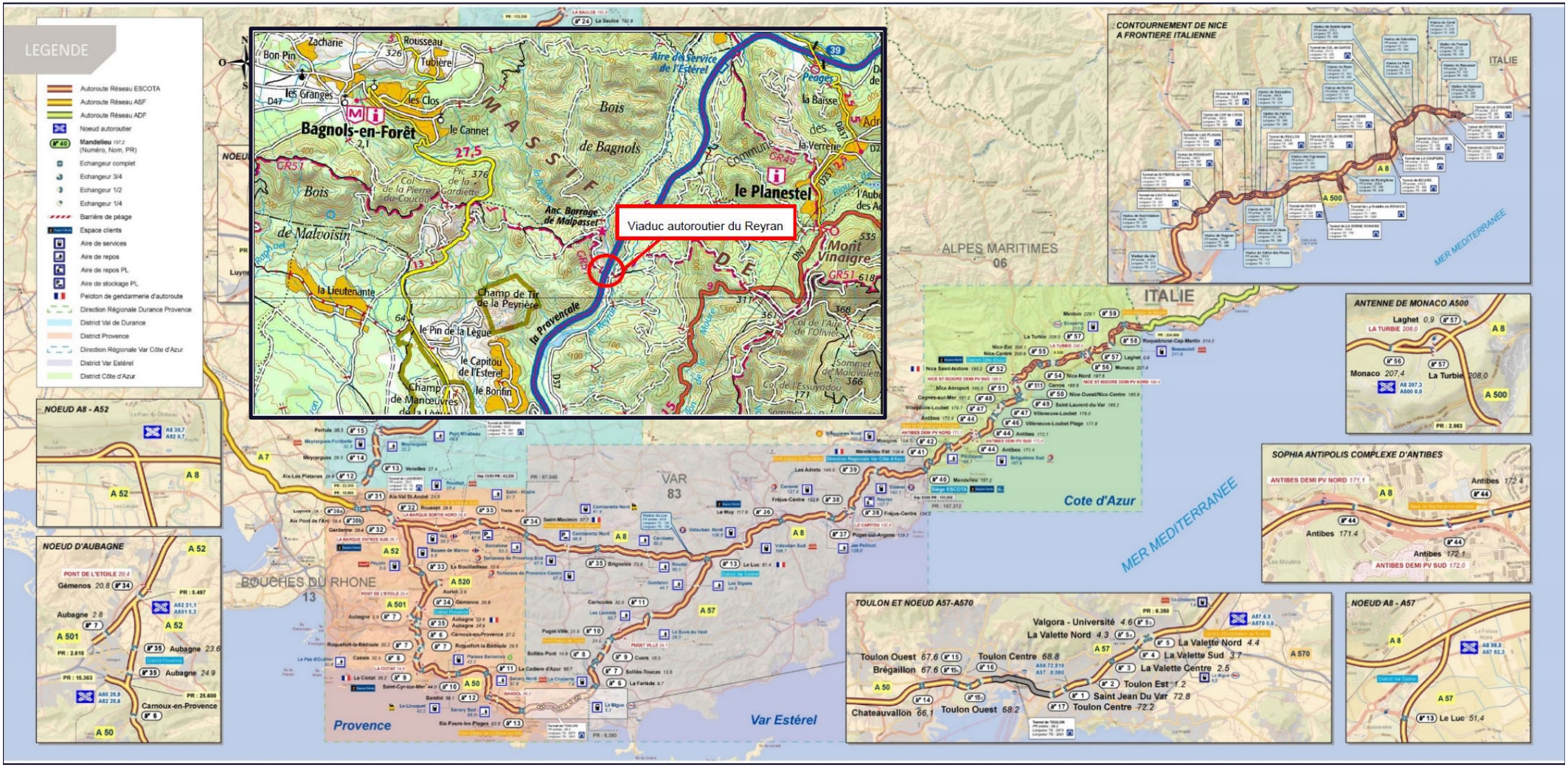
BOAS

Instrumentation durant les travaux de renforcement du viaduc du Reyran

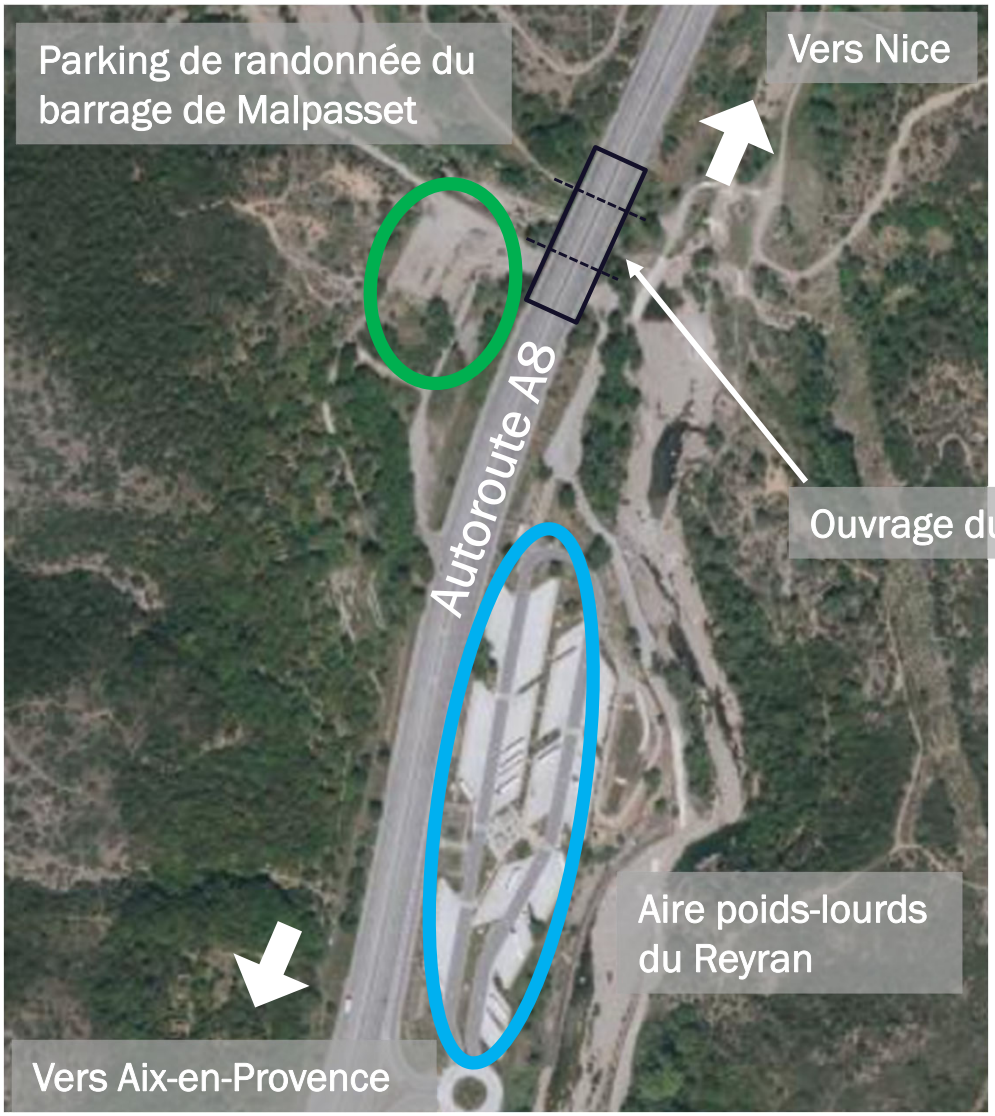
Sommaire

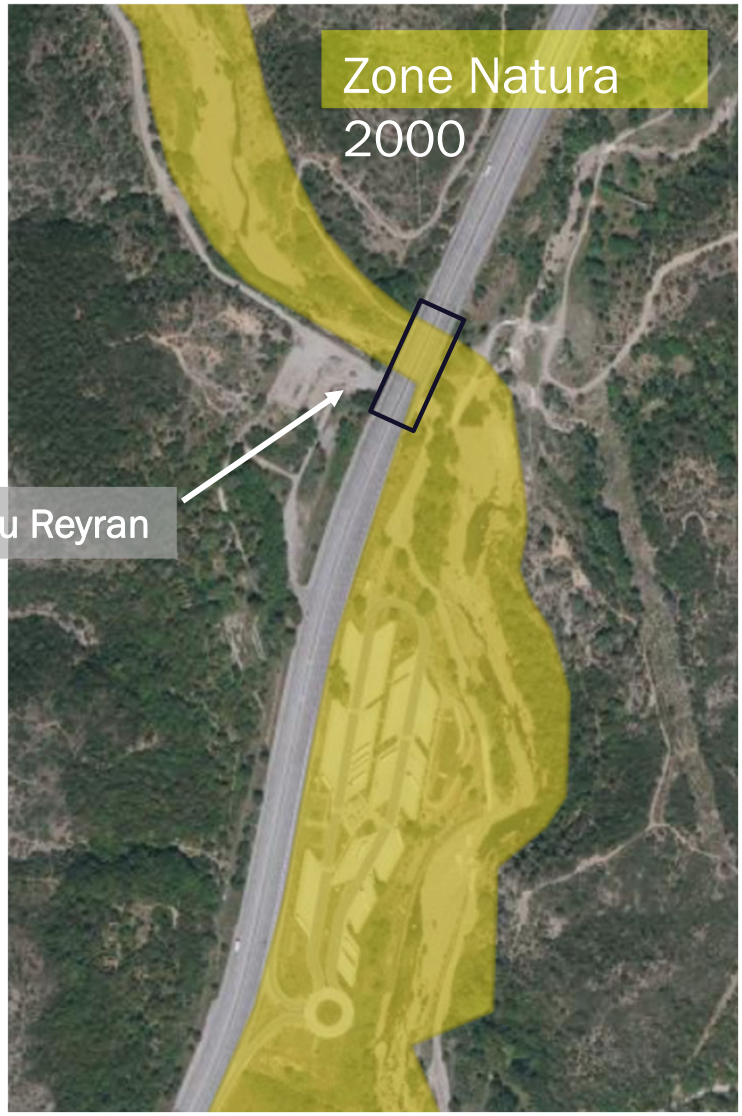
- Contexte de l'opération / Travaux / Objectifs instrumentation — diadès setec
- Instrumentation en place + essais de chargement avant travaux — Cerema
- Suivi des déplacements en phase chantier — BOAS
- Quelques résultats — Cerema
- Retour sur les épreuves de chargement après travaux — BOAS
- Conclusion / pilotage MOE / apport de l'organisation dédiée instrumentation — diadès setec

Le viaduc du Reyran, au cœur du massif de l'Esterel sur l'A8



Une situation géographique particulière

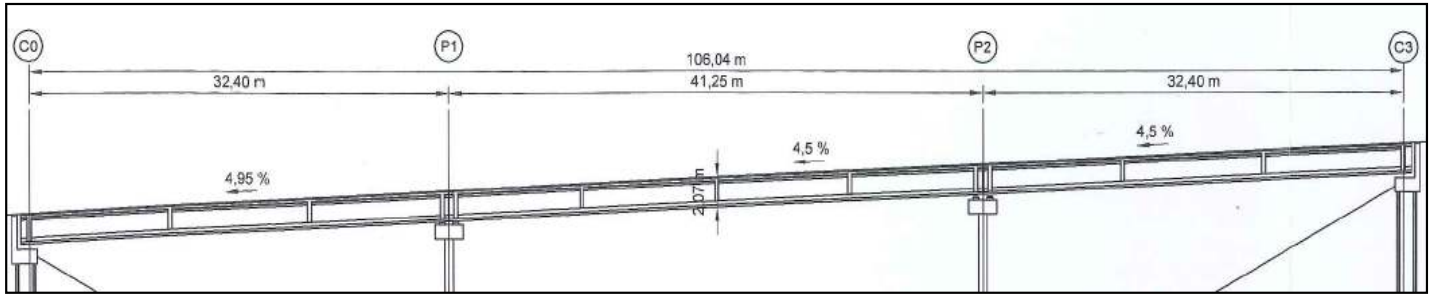


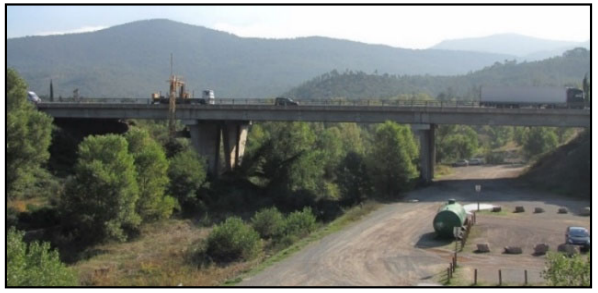


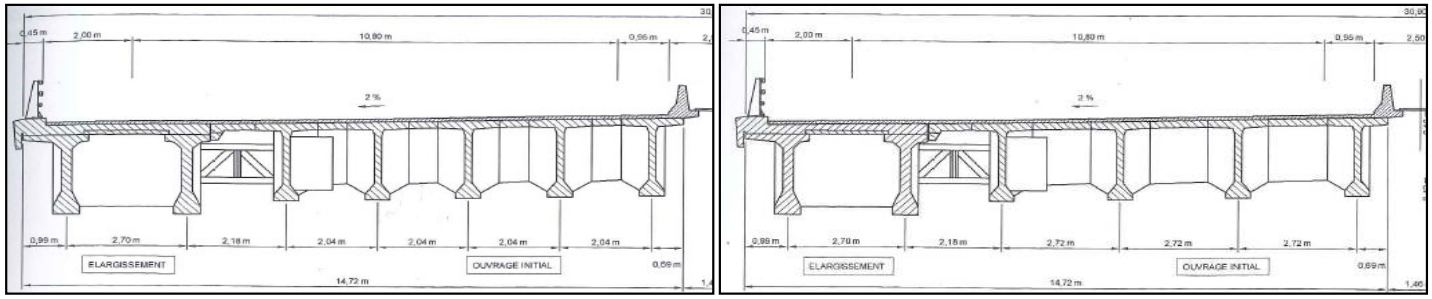
Caractéristiques générales de l'ouvrage

- Construit en 1960
- Elargi en 1990
- Deux tabliers distincts (1 par sens de circulation

- Tabliers : 3 travées : deux travées de rive de 32,40 m de portée et une travée centrale de 41,25 m de portée
- Longueur totale : 106,05 m.



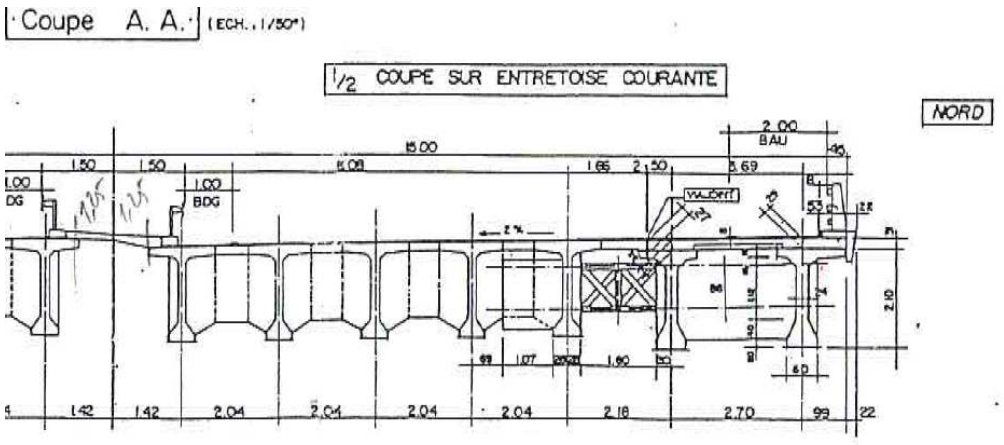






Elargissement structurel

- Piles élargies et renforcées par précontrainte afin de supporter l'élargissement du tablier.
- L'ensemble tablier d'origine – tablier d'élargissement est solidarisé par le biais d'entretoises métalliques et de corbeaux.

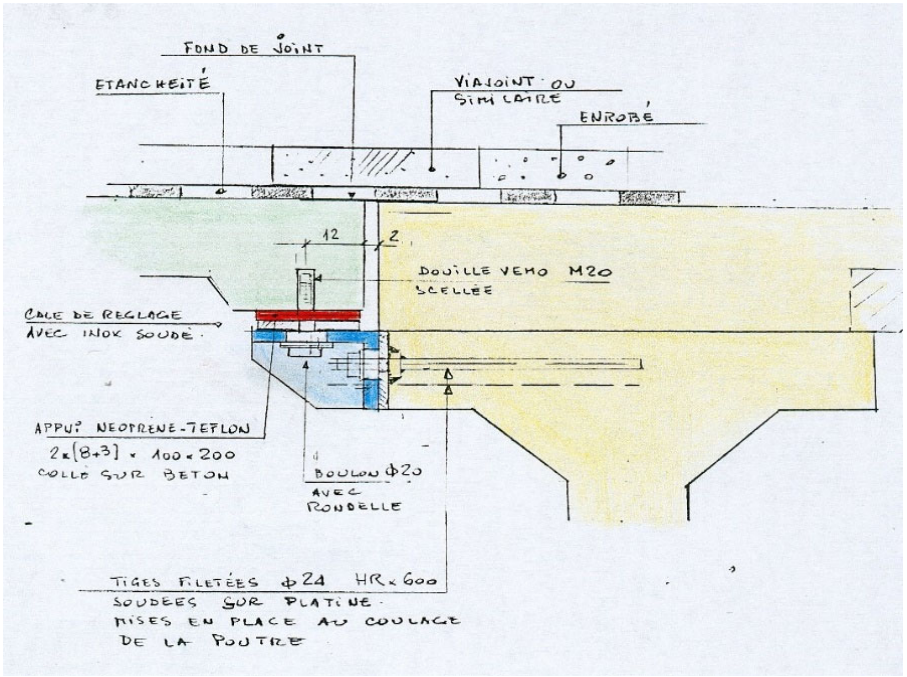






Elargissement structurel

- corbeaux métalliques limitant la déformation verticale relative entre l'origine et l'élargissement





Contraintes et enjeux de l'opération

- **Exploitation** :
  - → minimiser la gêne au trafic et sur l'aire du Reyran
  - → respecter les délais de réalisation des travaux

- **Sécurité** :
  - → la sécurité des clients et des travailleurs
  - → présence sur le chantier d'un chargé sécurité à 100%

- **Environnement** :
  - → protection de la biodiversité : 2 phases de travaux distincts
  - → présence sur le chantier d'un chargé environnement à 100%

- **Suivi de l'ouvrage :**
  - → conservation de la maintenabilité/durabilité de l'ouvrage
  - → possibilité de renforts ultérieurs



Contraintes et enjeux du chantier

- Enjeux environnementaux : Zone NATURA 2000. Présence de chauves-souris ainsi que deux types d'hirondelles ayant réalisé leur nid sous l'ouvrage.
  - Les hirondelles de rochers
  - Les hirondelles rousselines

- Plusieurs risques liés au chantier :
  - destruction d'habitats, d'écosystèmes, d'espèces animales et végétales dans les zones de dépôt des matériaux ou des déchets,
  - dérangement de la faune par une activité inhabituelle,
  - détérioration des écosystèmes par le biais des risques de pollution en particulier dans le cours du Reyran,
  - risque d'incendie, lié notamment à la présence d'engins de chantier.





Les principaux travaux

Précontrainte additionnelle



Mise en place des renforts composite



Dépose de la liaison OA d'origine/ OA d'élargissement



Echafaudage intégral sur les 3 travées



Instrumentation mise en place

Instrumentation mise en place initialement pour :

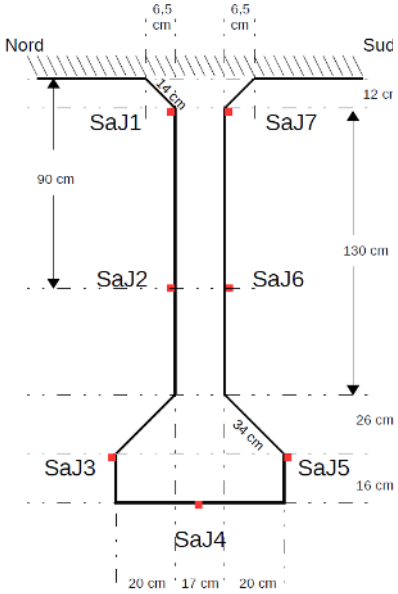
- valider la modélisation de l'ouvrage,
- établir une référence de comportement de l'ouvrage.

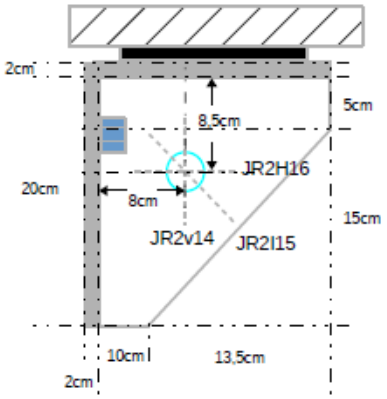
Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

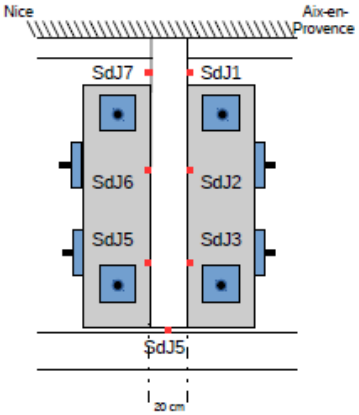
Contrôle extérieur pour
Vinci Autoroutes

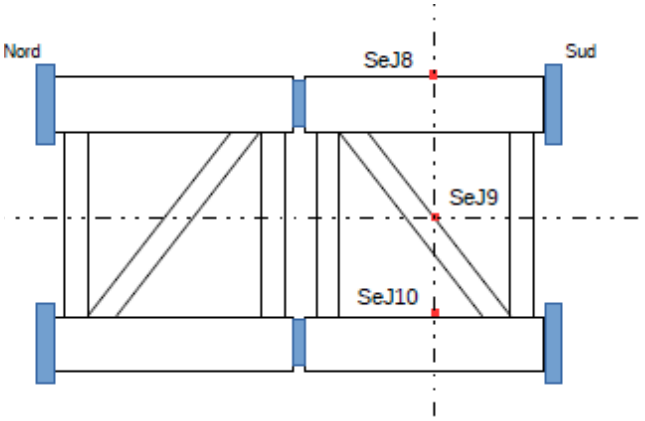
Instrumentation mise en place (2017)

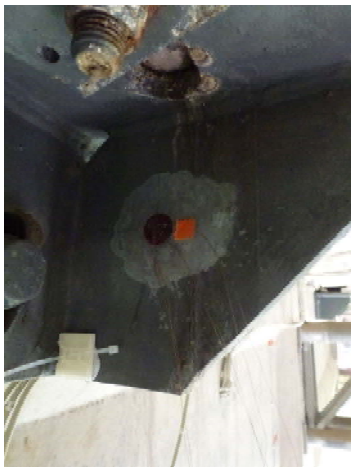
Validation du modèle









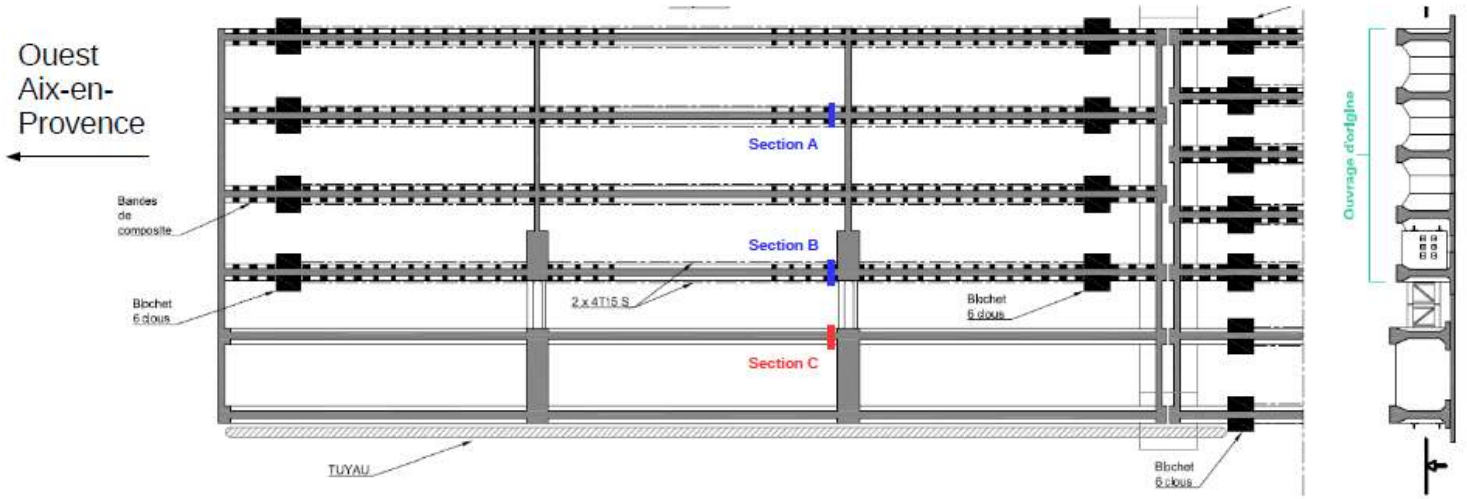


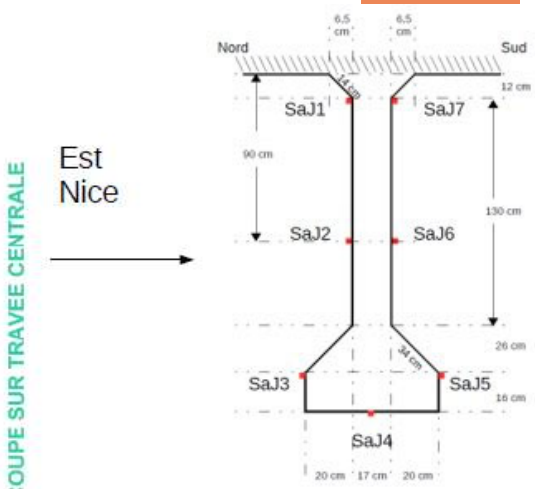


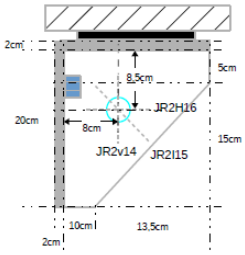


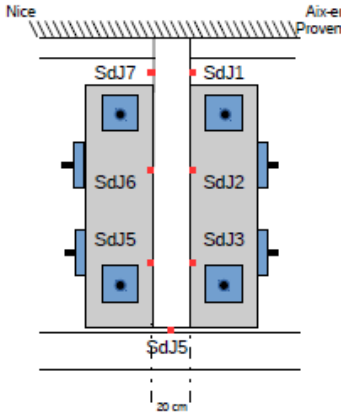
Instrumentation mise en place (2017)

Validation du modèle – Travée 1 (Ouest)

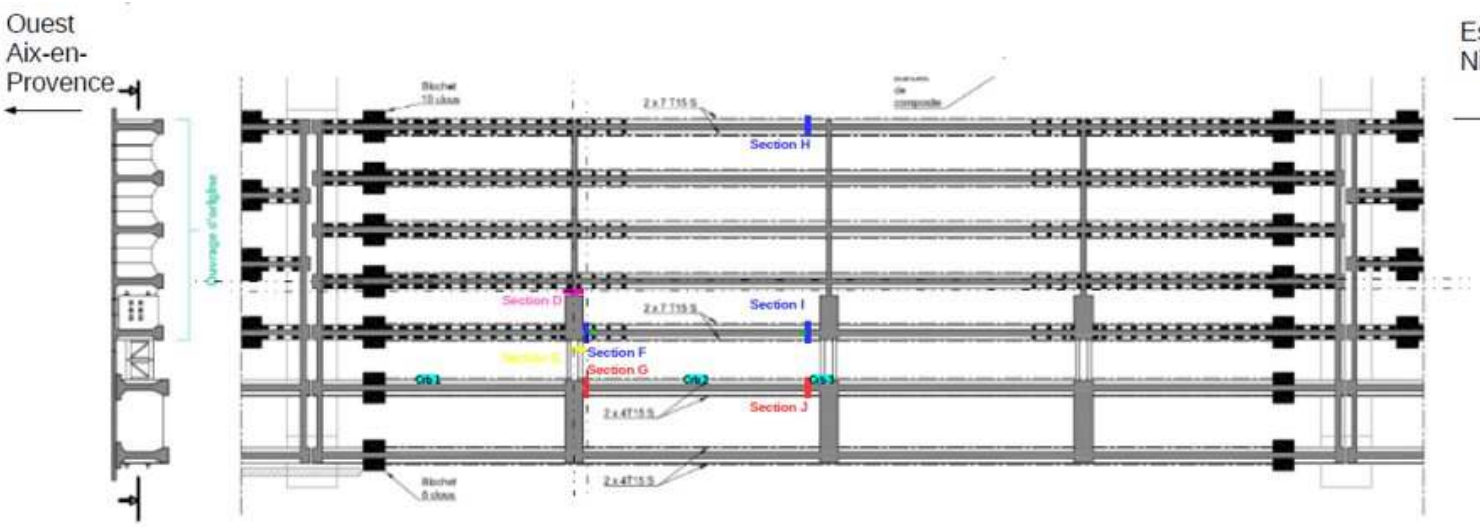


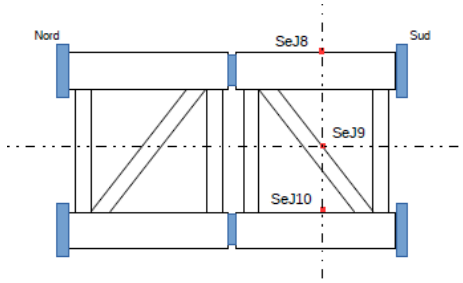






Validation du modèle – Travée 2 (Centrale)





Quelques résultats

Epreuves de chargement avant travaux

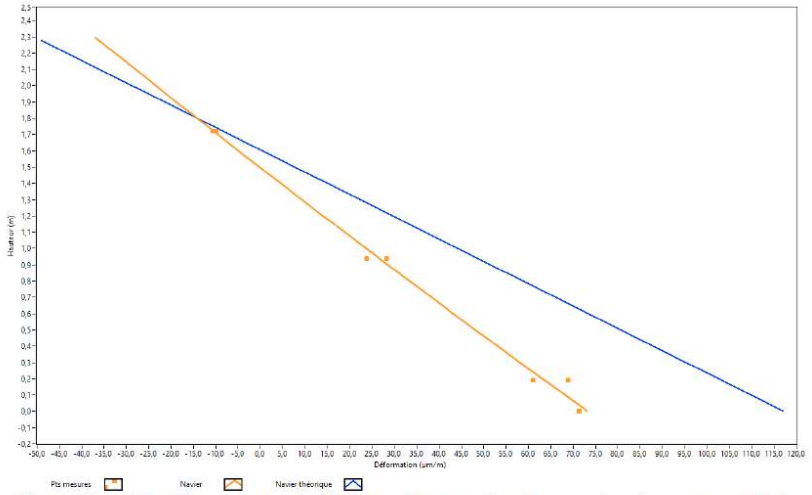


Illustration 25 : Diagramme de déformation section J - cas de chargement 214

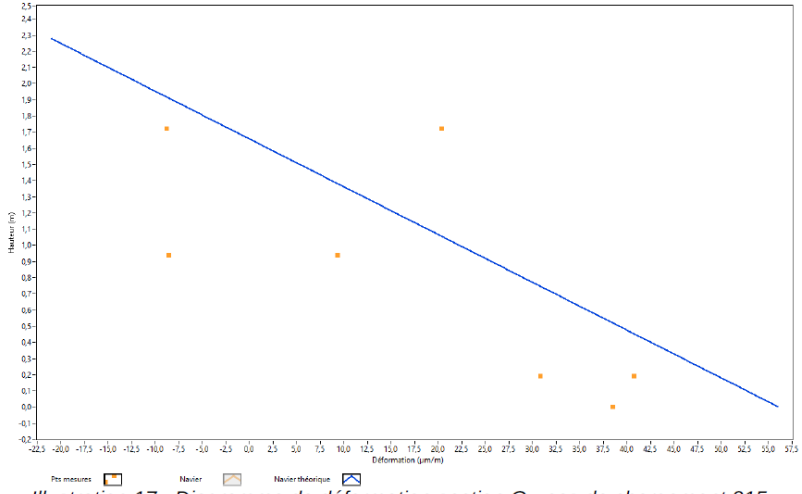
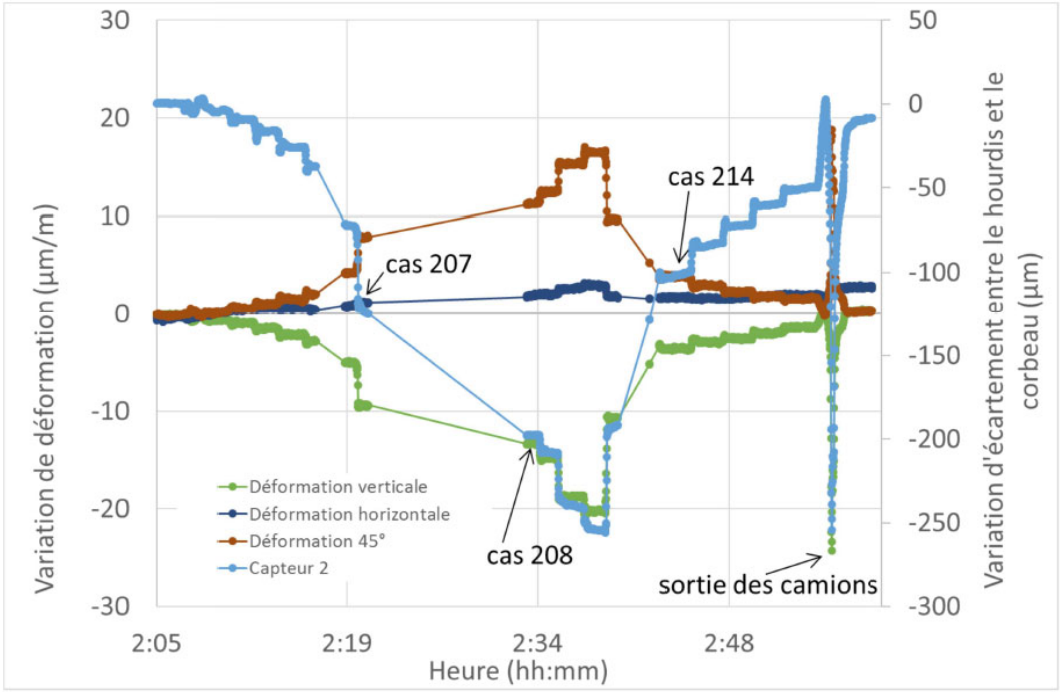


Illustration 17 : Diagramme de déformation section G - cas de chargement 215



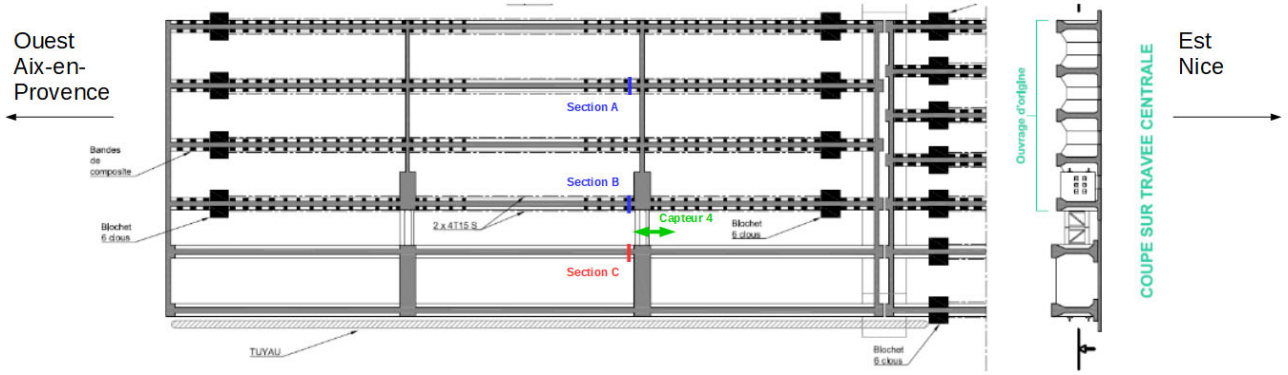
Adaptation pour la phase travaux

L'instrumentation a été réutilisée et complétée pour:

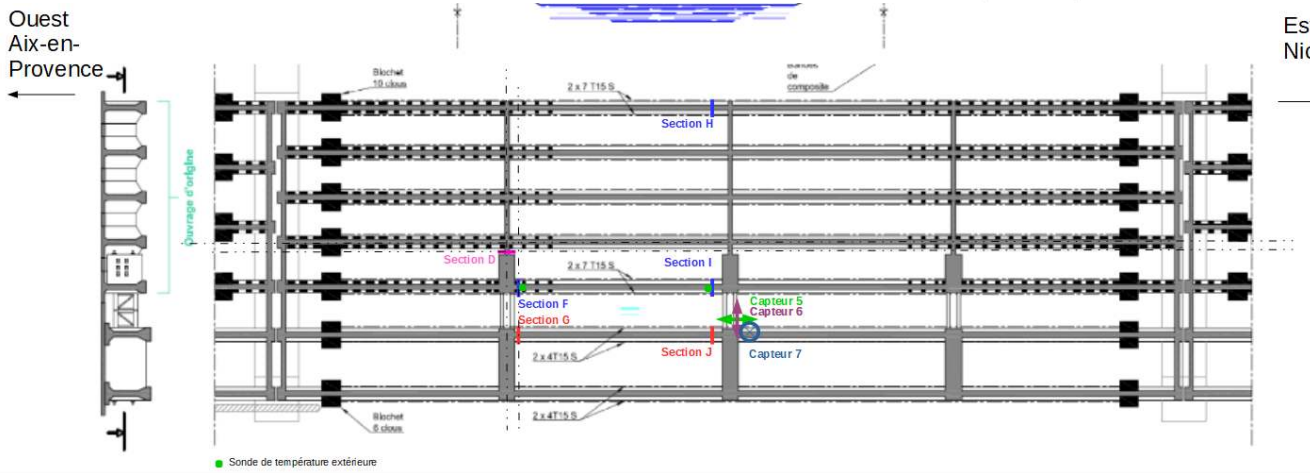
- suivre les effets du démontage des entretoise précontraintes
- suivre les effets de la mise en tension de la précontrainte additionnelle,
- qualifier le comportement de l'ouvrage après travaux.



Travée 1



Travée 2





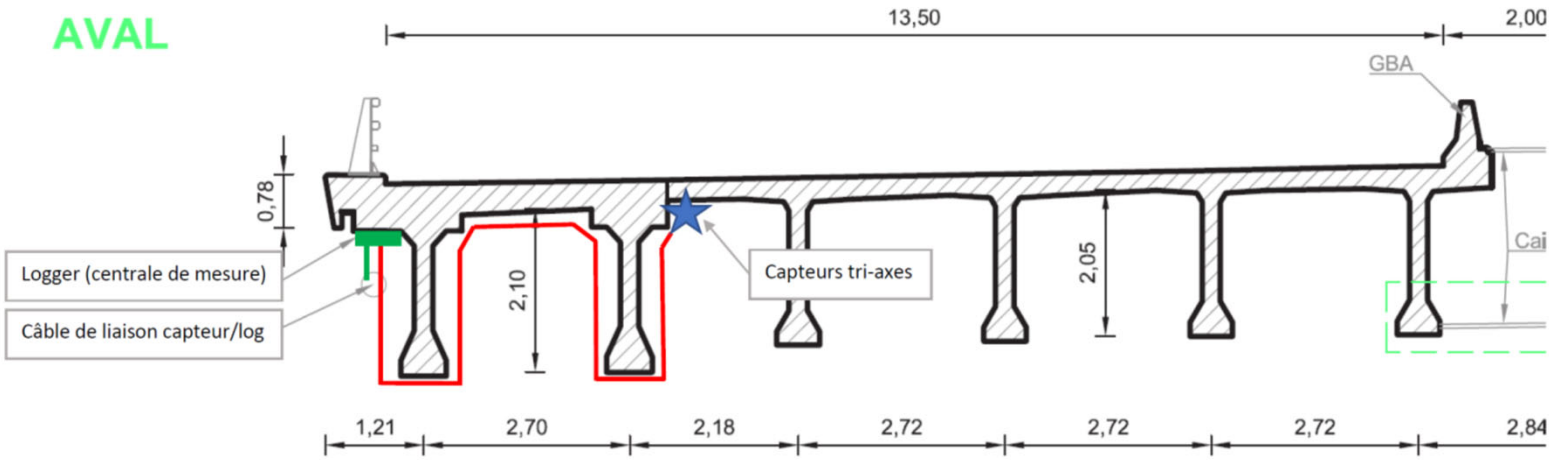
Suivi des déplacements X/Y/Z

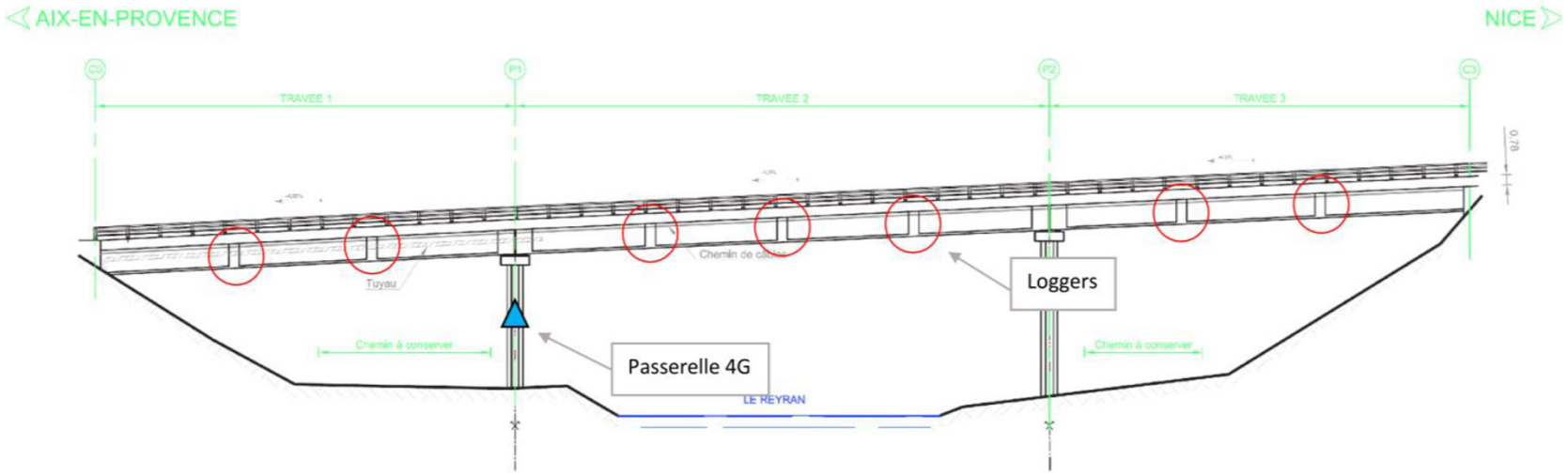
OBJECTIF :
Le monitoring concerne uniquement le tablier Sud.
Il s'agit d'appréhender le fonctionnement de la liaison entre l'existant et l'élargissement et de suivre les déplacements des structures lors de la dépose des éléments métalliques de liaison.
Un dispositif de surveillance autonome a été mis en place sur l'ouvrage afin de quantifier les déplacements sur une période de 6 mois (équivalent travaux).

BOAS

Instrumentation et suivi pour le compte de l'entreprise travaux FREYSSINET

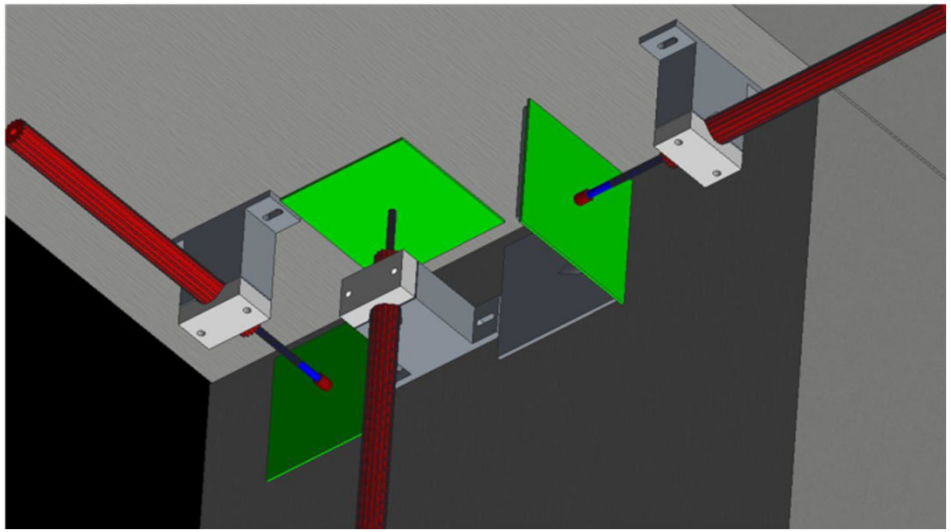
Implantation des capteurs





Dispositif tri-axes

- 21 capteurs de déplacement en montage tri-axes ont été installés à la liaison entre l'ouvrage d'origine et celui d'élargissement, au niveau des entretoises métalliques.





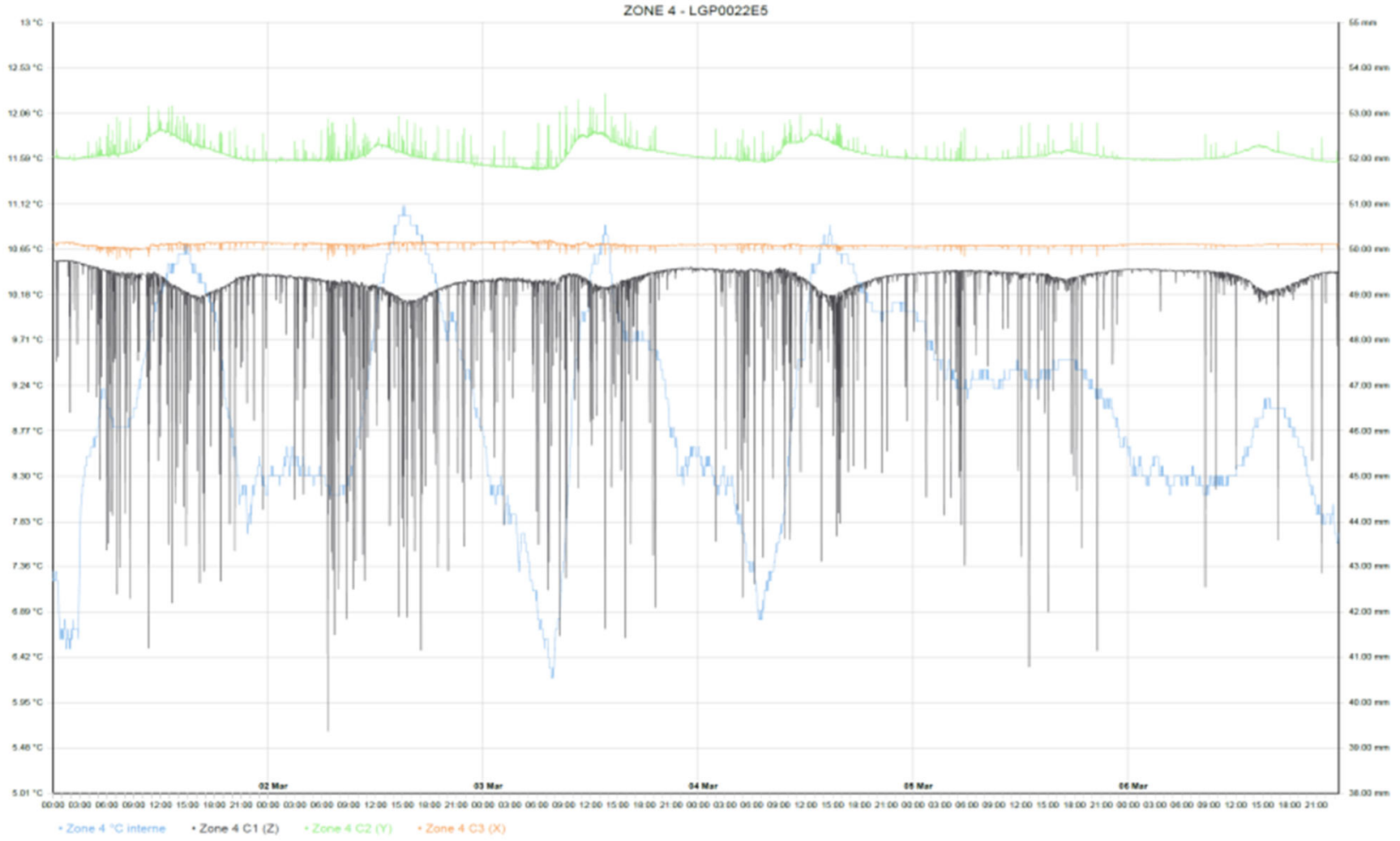
Quelques photos





Extraction des données

4 Graphiques par appareil

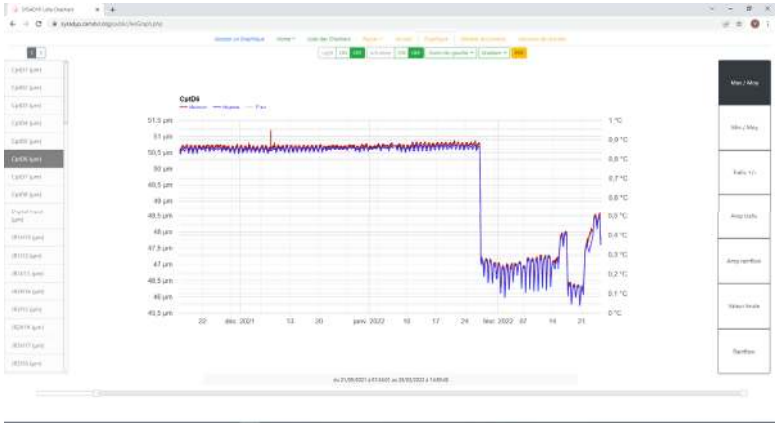


Instrumentation mise en place

- En quantifiant les déplacements entre les deux structures en temps réel dans les trois directions lors des différentes étapes de renforcement de l'ouvrage, l'instrumentation a notamment facilité la remise en œuvre des entretoises métalliques situées entre les poutres de l'existant et de l'élargissement.







Synthèse des mesures

		Zone 1			Zone 2			Zone 3			Zone 4			Zone 5			Zone 6			Zone 7		
Période	Valeur (mm)	C1 (Z)	C2 (Y)	C3 (X)	C1 (Z)	C2 (Y)	C3 (X)	C1 (Z)	C2 (Y)	C3 (X)	C1 (Z)	C2 (Y)	C3 (X)	C1 (Z)	C2 (Y)	C3 (X)	C1 (Z)	C2 (Y)	C3 (X)	C1 (Z)	C2 (Y)	C3 (X)
07/12/2021	Initiale	49.9	50.3	49.4	49.9	50.2	49.9	50.0	50.0	49.8	50.0	49.9	50.1	49.7	50.3	49.9	49.7	50.2	49.8	50.0	49.9	50.0
déc-21	Actuelle	50.0	50.4	49.4	50.0	50.2	49.9	50.1	50.1	49.9	50.1	50.0	50.1	49.8	50.4	49.9	49.8	50.2	49.8	50.1	50.0	50.1
	Variation	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0
janv-22	Actuelle	50.1	50.3	49.4	50.0	50.2	49.9	42.6	52.2	49.7	39.3	53.3	50.0	42.3	53.1	49.6	50.2	50.2	49.8	50.4	49.9	50.1
	Variation	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	-7.4	2.2	-0.1	-10.7	3.4	-0.1	-7.4	2.8	-0.3	0.5	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1
févr-22	Actuelle	53.6	54.7	48.5	53.1	53.0	49.3	49.3	51.6	49.2	49.3	52.1	50.1	50.5	52.3	50.1	48.0	53.1	49.7	47.7	55.2	50.3
	Variation	3.7	4.4	-0.9	3.2	2.8	-0.6	-0.7	1.6	-0.6	-0.7	2.2	0.0	0.8	2.0	0.2	-1.7	2.9	-0.1	-2.3	5.3	0.3
mars-22	Actuelle	51.8	50.6	47.4	50.9	50.4	48.4	49.6	50.3	49.1	50.0	50.2	50.0	50.7	50.7	50.2	53.4	50.5	49.3	53.6	50.5	50.0
	Variation	1.9	0.3	-2.0	1.0	0.1	-1.5	-0.4	0.3	-0.7	0.0	0.3	-0.1	1.0	0.4	0.3	3.7	0.3	-0.5	3.6	0.6	0.0

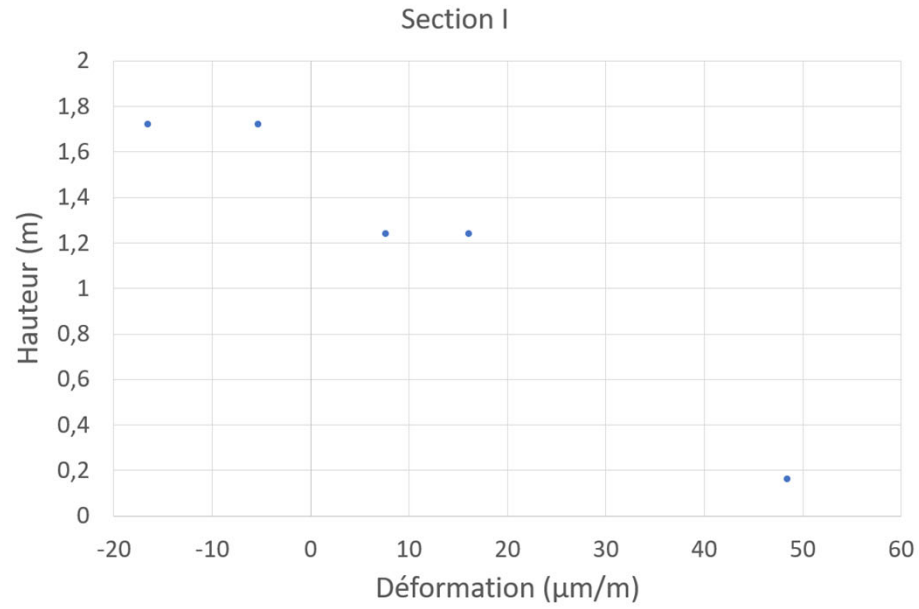
Variation = (Valeur actuelle fin de mois) – (Valeur initiale au 07/12/21)

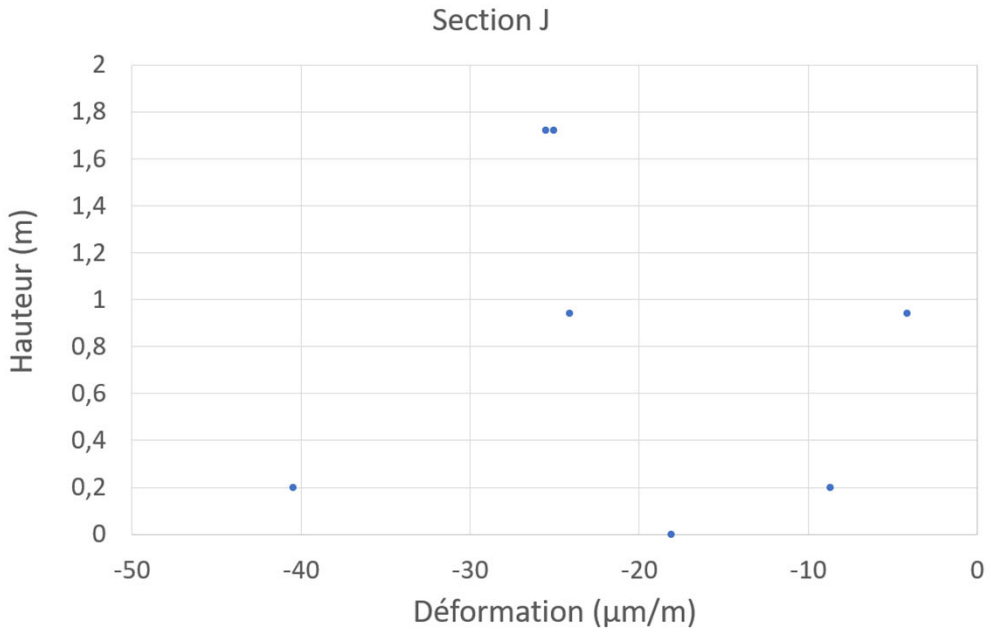
Analyse de quelques résultats

Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

Quelques résultats

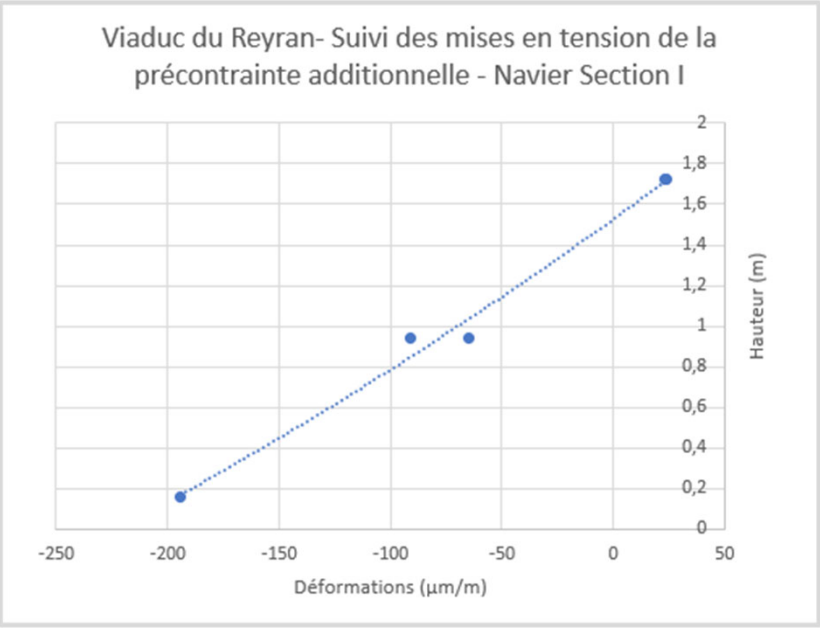
Démontage entretoises précontraintes

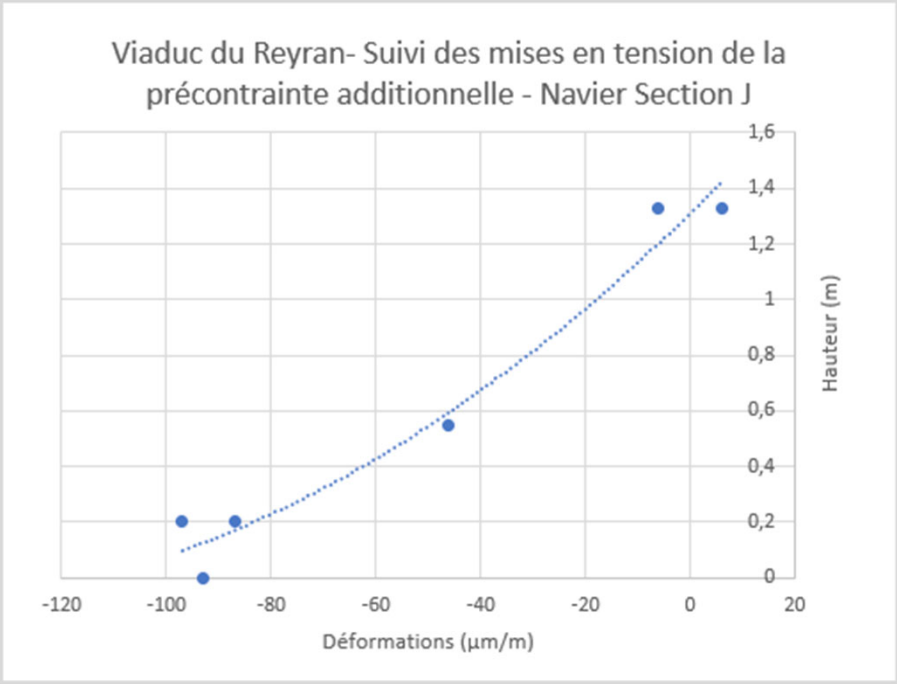




Quelques résultats

Mise en tension de précontrainte additionnelle





Epreuves de chargement après travaux

- **Objectifs :**
  - D'assurer que l'ouvrage livré est apte à supporter les charges d'épreuves et par extrapolation à assurer sa destination finale en termes de portance
  - De vérifier que le fonctionnement mécanique de l'ouvrage sous charge est conforme à sa modélisation de calcul
  - De constituer un des éléments de l'état de référence de l'ouvrage qui peut s'avérer indispensable à l'établissement du diagnostic, en cas de problèmes ultérieurs
- **Référentiel applicable :**
  - Guide Technique du SETRA sur les épreuves de chargement des ponts-routes et passerelles piétonnes

BOAS

Instrumentation mise en place

- Mini-prismes d'auscultation ont été installés aux ¼, ½ et ¾ de la portée de chacune des poutres, ce qui représente un maillage d'environ 60 points de mesure. Le suivi géométrique lors des essais a été assuré par 3 stations totales robotisées de très haute précision (TS50 et TS60 Leica).
- La précision des relevés est de +/- 0.5 mm dans l'axe des Z.
- Un opérateur est chargé de placer les camions sur la chaussée et un opérateur est chargé des mesures et de l'analyse instantanée des valeurs.
- Réalisation des essais sur 1 nuit sous coupure d'un sens de circulation de l'autoroute.

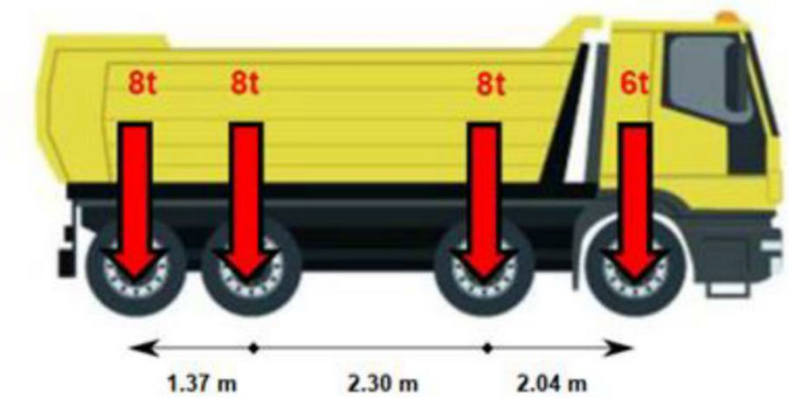


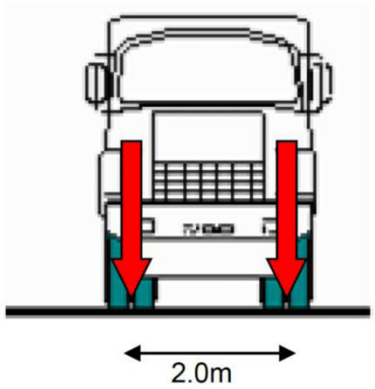
Cas de chargement

Les surcharges d'essais sont constituées par **4 camions benne de type 8x4 chargés de matériaux.**

Le PTAC des véhicules est de **30.0 tonnes ± 3 % (± 900 kg).**

Caractéristiques techniques des véhicules :





Impact de chaque roue : 0.50 m x 0.50 m

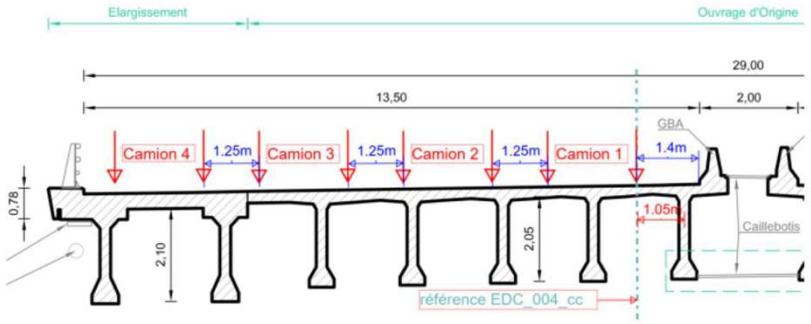
Poids total par camion : 30 tonnes

Véhicules présents :

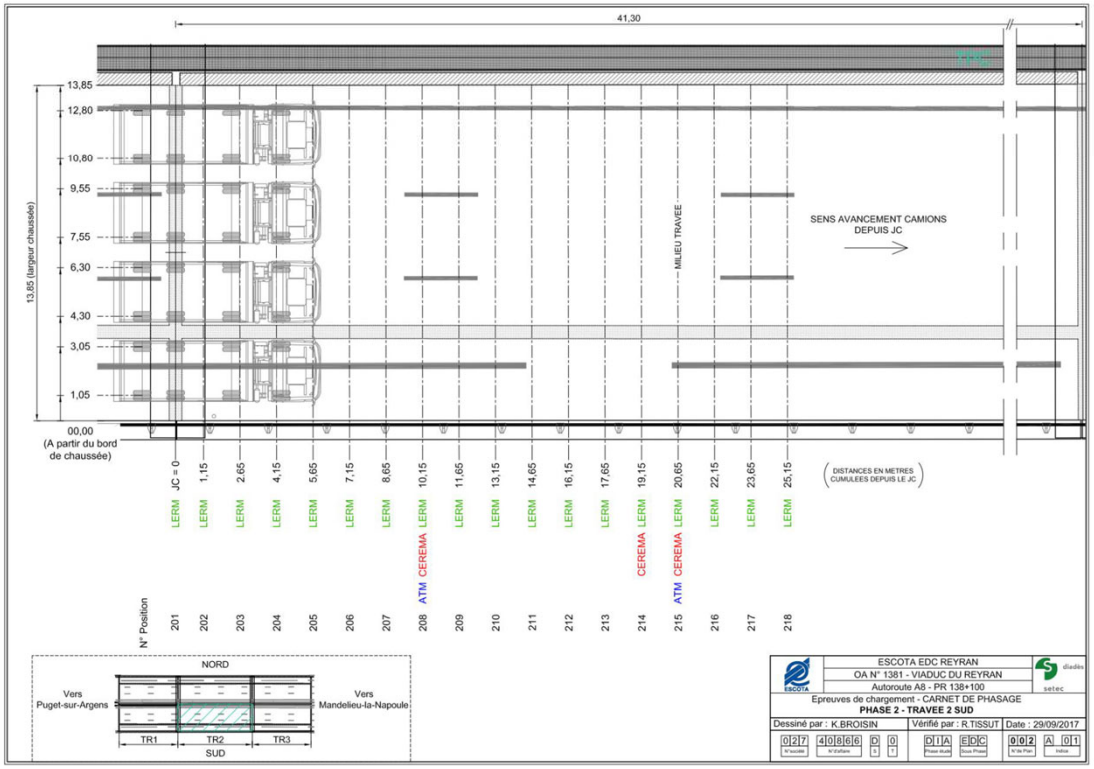
N°	Marques	Types	Immatriculation	Poids en T
1	Mercedes	Arocs 3251	DZ-266-JC	30.18
2	Mercedes	Actros 3248	AS-034-YA	30.20
3	Mercedes	Actros 3244	AP-342-CV	30.18
4	Mercedes	Arocs 3251	EG-832-NZ	30.20
			Poids total :	**120.76**
			Moyenne :	**30.19**

Placement des camions

Positionnement transversal



Positionnement longitudinal



Synthèse sur la travée 2

Déplacements altimétriques - Viaduc du Reyran - Travée 2				Poutre PoS201									
Cas	Type	Position des surcharges	Surcharges	1/4				1/2				3/4			
				M	C	2017	M/C	M	C	2017	M/C	M	C	M/C	
Cas 208	Statique	Chargement cas 208	4 camions	-5.4	-8.1	-	67%	-7.0	-10.4	-	67%	-4.8	-6.9	69%	
Cas 214	Statique	Chargement cas 214	4 camions	-6.6	-	-	-	-9.7	-	-	-	-7.1	-	-	
Cas 215	Statique	Chargement cas 215	4 camions	-5.7	-9.6	-7.2	59%	-8.7	-13.6	-10.6	64%	-6.3	-9.5	66%	
-				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cas 1	Statique	Chargement cas 1	1 camion	0.2	0.6	-	N.S.	0.2	0.9	-	N.S.	0.0	0.6	N.S.	
Cas 4	Statique	Chargement cas 4	1 camion	-1.8	-2.4	-	75%	-2.4	-3.3	-	72%	-1.8	-2.4	76%	
Cas 7	Statique	Chargement cas 7	1 camion	-3.9	-8.2	-	48%	-5.7	-11.8	-	48%	-4.1	-8.1	51%	
Cas 6	Statique	Chargement cas 6	1 camion	-3.5	-7.0	-	50%	-5.2	-10.0	-	52%	-3.6	-6.9	52%	
Cas 5	Statique	Chargement cas 5	1 camion	-2.6	-4.6	-	56%	-3.7	-6.5	-	57%	-2.6	-4.6	57%	
Cas 3	Statique	Chargement cas 3	1 camion	-1.0	-0.3	-	N.S.	-1.3	-0.4	-	310%	-1.2	-0.3	N.S.	
Cas 2	Statique	Chargement cas 2	1 camion	-0.1	0.8	-	N.S.	-0.2	1.1	-	N.S.	-0.3	0.7	N.S.	
Zéro final (déplacement résiduel)			*Ouvrage vide*	*-0.2*	-	-	-	*-0.3*	-	-	-	*-0.4*	-	-	

Conclusion et apport du monitoring

- **Retour d'expériences :**
  - **Validation des hypothèses de dimensionnement**
  - **Suivi et validation des phases critiques des travaux**
  - **Approche complémentaire MOE/ Entreprise/ Cext**
  - **Outil de réception**

diadès

setec

