

# SÉCURISATION DU PONT DE L'ILE-AUX-TOURTES (CAN)

## Instrumentation et mesures Slotstress

SHM France Nantes, 19 sept 2024

7ème JOURNEE NATIONALE  
CONTROLE SANTE ET MONITORING DES STRUCTURES

Stéphane JOYE

*Transforming your infrastructure into living assets*

intro  
SIXENSE

01  
CONTEXTE

02  
MESURES SLOTSTRESS

03  
INSTRUMENTATION PAR  
JAUGES DE CONTRAINTE

outro  
SYNTHESE & SUITE DU PROJET

# SIXENSE

Contexte du projet

Mesures Slotstress

Instrumentation par Jauges de contraintes

Conclusion

Sixense accompagne ses clients pour faire face aux enjeux des marchés de la construction et de la gestion du patrimoine :



## Vieillesse des infrastructures

- ▷ Prolongation de la durée de vie
- ▷ Sécurité des usagers
- ▷ Optimisation des budgets



## Densité d'occupation des sols

- ▷ Concentration urbaine
- ▷ Maîtrise des risques



## Enjeux environnementaux

- ▷ Changement climatique
- ▷ Résilience aux événements naturels
- ▷ Bruit / vibrations / qualité de l'air



## Transformation digitale

- ▷ Partage des informations en temps réel
- ▷ Productivité et maîtrise des opérations
- ▷ La donnée, source de valeur

## NOS 4 DOMAINES D'EXPERTISE



### Engineering

- ▷ Inspection
- ▷ Structural Analysis
- ▷ Diagnostics



### Monitoring

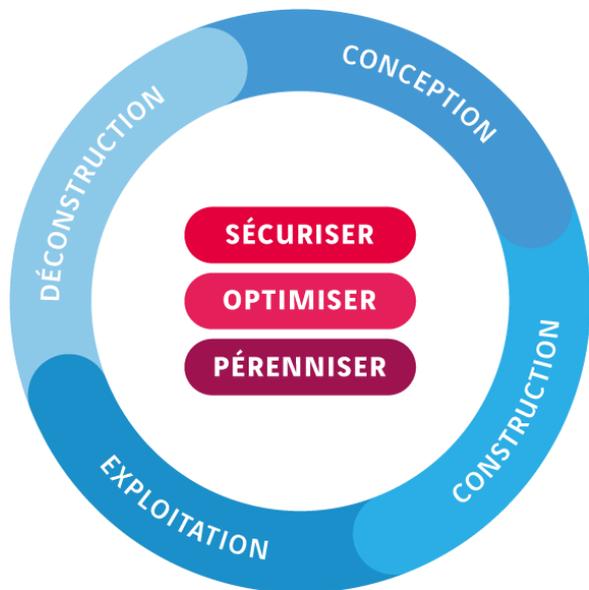
- ▷ Instrumentation
- ▷ Monitoring of structures and environment



### Digital

- ▷ Softwares
- ▷ Data Management

## NOTRE MISSION



## LES DONNEES COMME SOURCE DE VALEUR







Transport (Ponts, tunnel, rail, route)



Hydraulique (Barrages, ports)



Energie (Nucléaire, pétrole, gaz, éolien)



Industrie, Mine



Ouvrages fonctionnels (Bâtiments, stades, patrimoine)



Sixense

# CONTEXTE DU PROJET

Instrumentation par Jauges de contraintes

Mesures Slotstress

Conclusion

# ▷ CONTEXTE | UN OUVRAGE EXCEPTIONNEL



Ministère des Transports du Québec (MTQ)



Interlag, EXP-Stantec-CIMA



Montréal, Québec, Canada



1965



1963m



Autoroute A40 , 6 voies, 87000 véhicules / jours

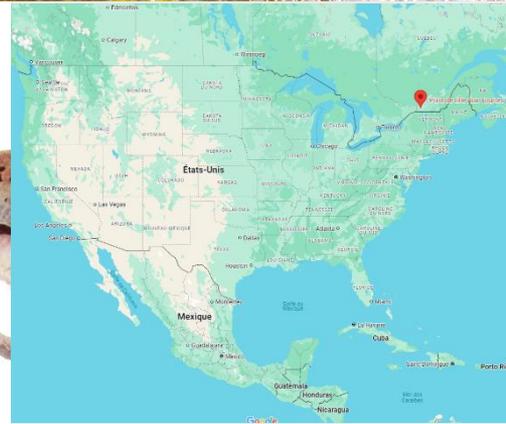


Poutres type VIPP (x8/travées)

Travées +/-64m



Tourte voyageuse (Ectopistes)



## ▷ CONTEXTE | FISSURATION



2012 - Nov 2023



**Fissuration**



Dalle et poutres



Surcharge dû à l'excès d'enrobage

Perte de précontrainte interne dans les  
VIPP (corrosion)



## ▷ CONTEXTE | SÉCURISATION

- ⊘ Restrictions de circulation
- 📏 Barres de précontrainte
- 🌸 Précontrainte additionnelle externe
- 🩹 Tissus Fibre de carbone (TFC)
- 📊 **Instrumentation et mesures** des variations de contrainte
  - ▶ 2016
  - ▶ 2017
  - ▶ 2024





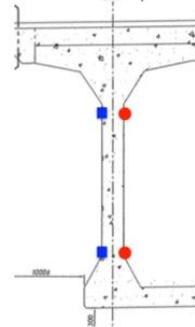
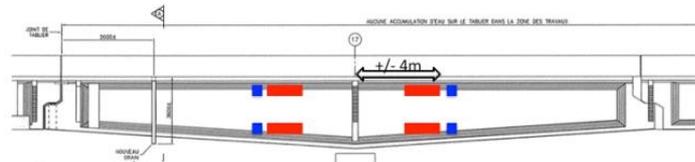
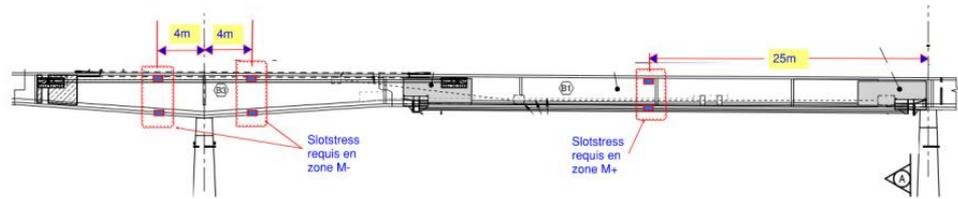
60 mesures slotstress



48 jauges de contraintes

Au niveau de 3 sections

Sur les 8 poutres de chaque section



Les cellule de charges ne sont pas représentées

■ Essai au vérin plat

■ Jauges de déformations

Sixense

Contexte du projet

# SLOTSTRESS

Instrumentation par Jauges de contraintes

Conclusion

# ▷ SLOTSTRESS | PRINCIPE



Pesage par **relaxation** de contrainte



Réalisation d'une **saignée optimisée**

$\Delta\varepsilon$

Mesure des déplacements autour de la saignée mise en charge par vérins



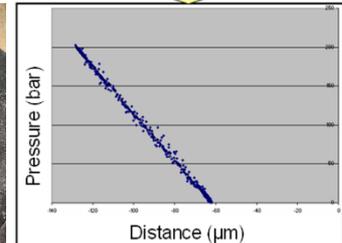
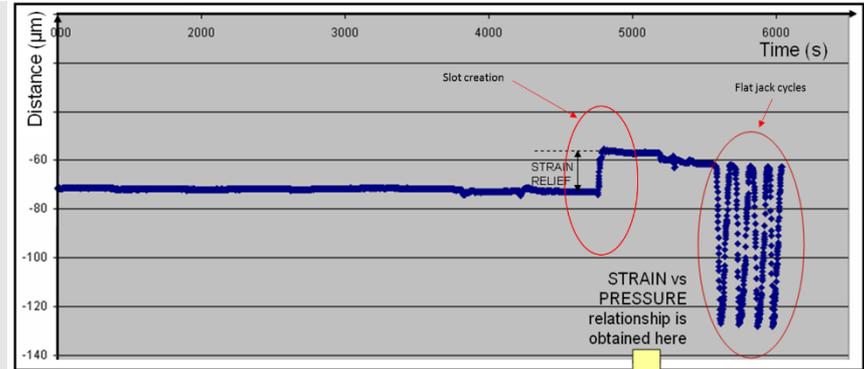
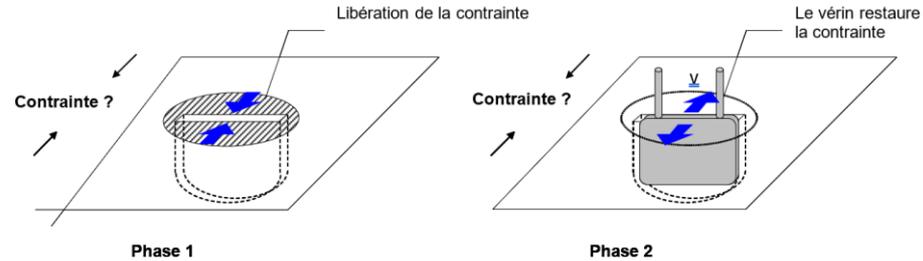
Analyse de la courbe Pression = f( $\Delta\varepsilon$ )



Resultat :  $\sigma$  (Mpa)



Breveté



## ▷ SLOTSTRESS | MISE EN ŒUVRE

# Repérage des renforcements de béton

Identification de la zone

🔨 Installation du bâtif

Percement de la saignée

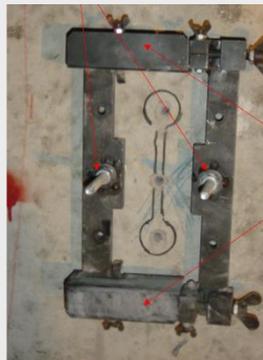
Installation des vérins

📏 Mesures par cycles de charge

👤 2 pers

🕒 2-3h / slots

⚙️ Analyses « off site »



# ▷ SLOTSTRESS | RÉSULTATS



60 slots

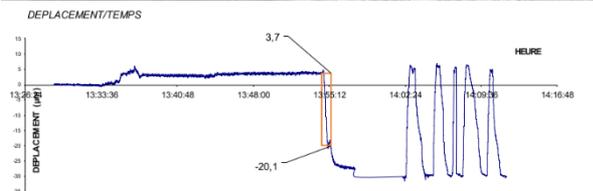


6 semaines

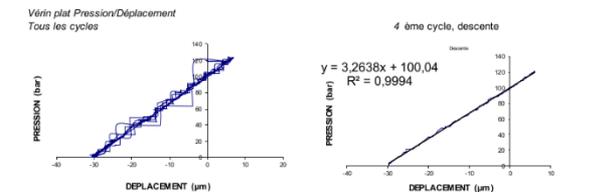


Analyses

- ▶ **Concordance** avec évènements passés suite aux travaux de renforcement
- ▶ Ajout de **Précontrainte extérieures**



a) DEPLACEMENT µm 23,8



b) PENTE bar/µm 3,2638

=axb) PRESSION CALCULEE POUR LE DEPLACEMENT INITIAL bar 77,84



Sixense

Contexte du projet

Mesures Slotstress

# JAUGES DE CONTRAINTES

Conclusion



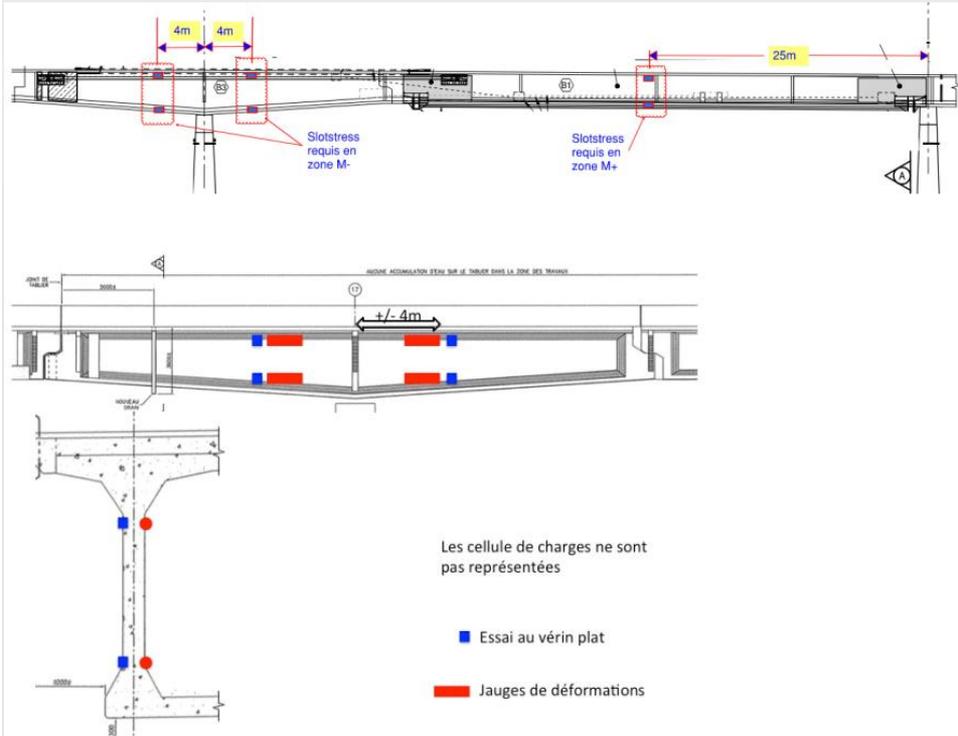
## 48 Jauges de contrainte (6/poutre)



Lecture durant le renforcement par PT  
Ext



Lecture éventuelle de l'évolution après  
travaux





Suivi continu



Spécification

- ▶ Plage mesure 3000 $\mu\epsilon$
- ▶ Précision 0.5%
- ▶ Base de mesure 100 à 200 mm
- ▶ Compensée en température

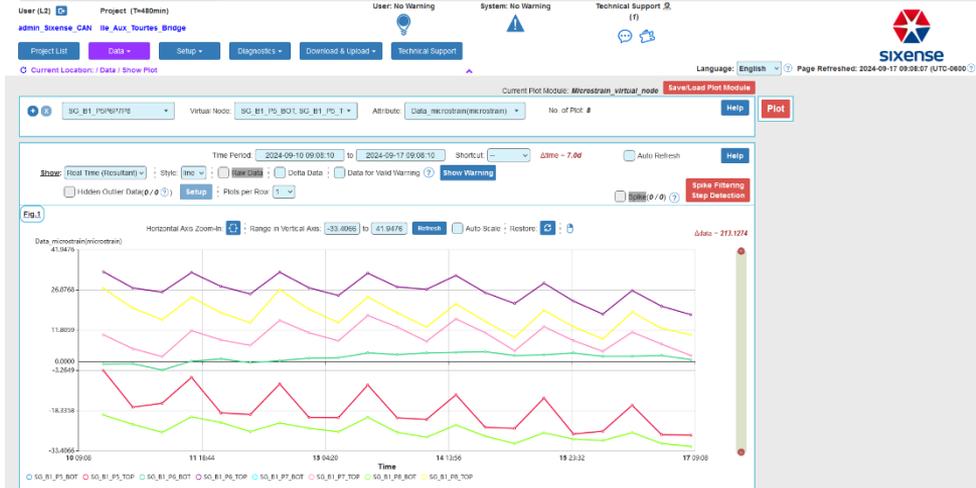


Validation des calculs de structure liés aux travaux de renforcement

- ▶ Bonne visualisation des variations de contrainte durant les mises en charges



Comparaison (et alertes) avec les limites acceptables



Sixense

Contexte du projet

Mesures Slotstress

Instrumentation par Jauges de contraintes

# CONCLUSION

## ▷ CONCLUSION | LA TECHNIQUE



### Complémentarité

- ▶ **Etablir un TO** avant l'instrumentation continue



### Fiabilité

- ▶ Mesure directe
- ▶ Conforme ASTM D4729-087
- ▶ +/- 0.5 MPa



### Semi destructif

- ▶ 200x50cm



### Toute orientation (vertical, horizontal)

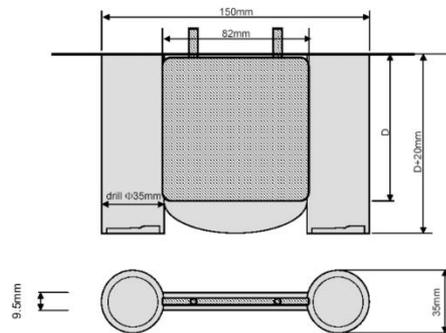
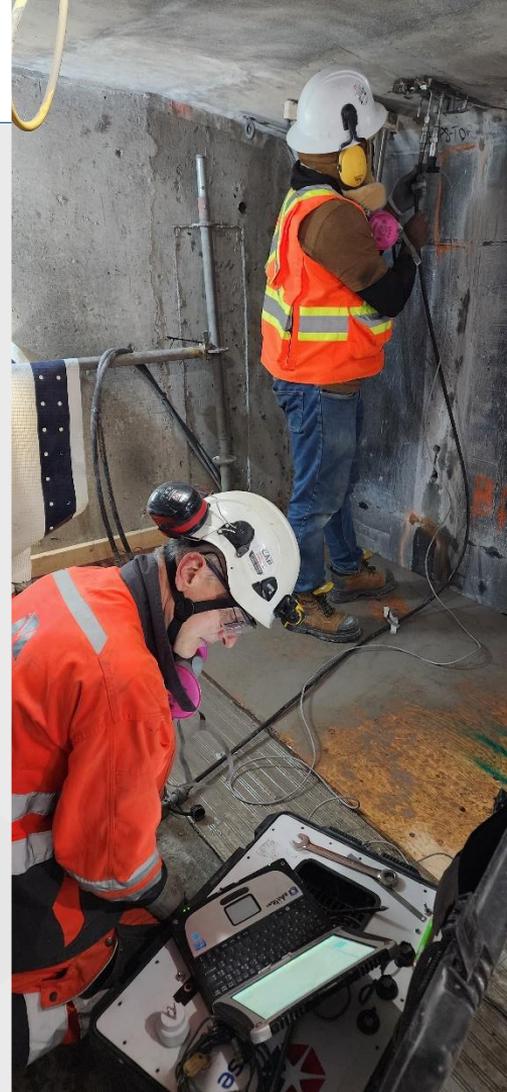


Figure 3 – Géométrie fente

## ▷ CONCLUSION | L'OUVRAGE



48 jauges



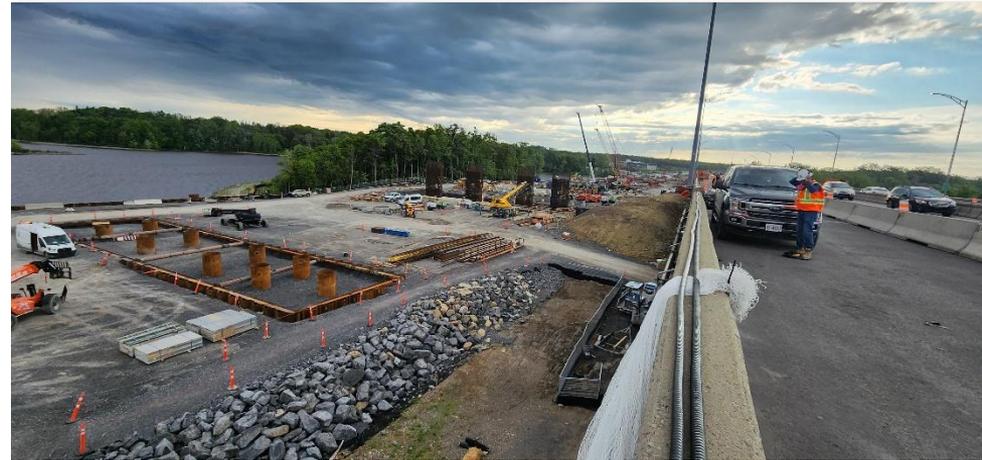
60 slotstress



Prolongation jusqu'à 2026



Remplacement de l'ouvrage (2026)





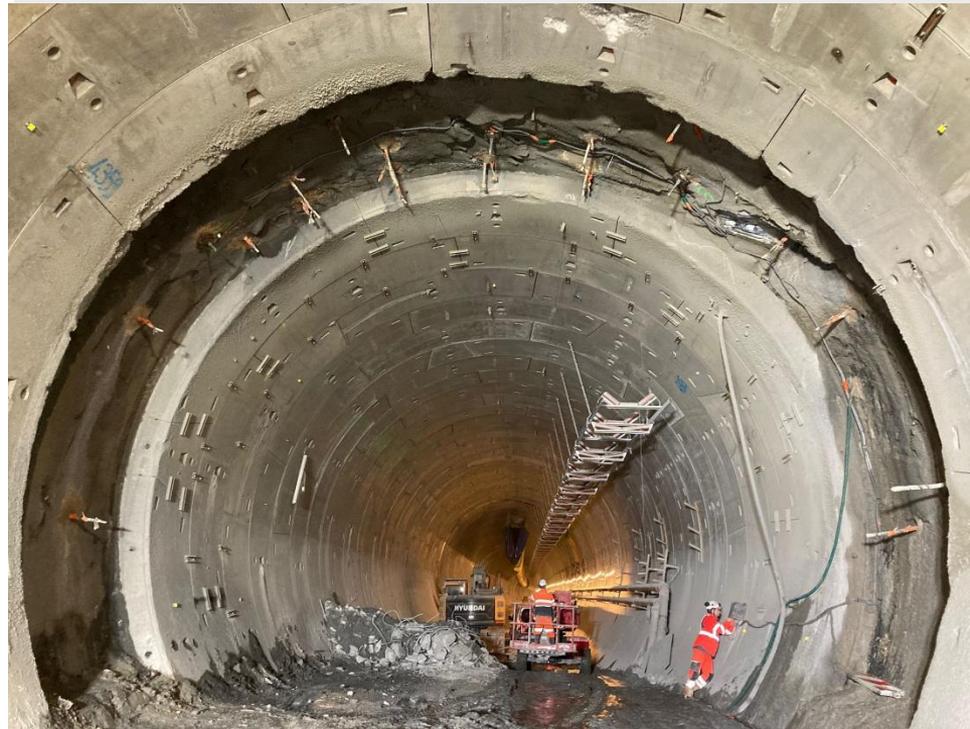
### Grand Paris (Ligne 15)

- ▶ Validation de la méthode en cas de besoin de mesures ultérieures
- ▶ 3 Slotstress (2021)



### TELT (Tunnel Lyon-Turin)

- ▶ Vérifier contrainte dans voussoirs existants suite à modification géologiques.
- ▶ 10 slotstress (2024)
- ▶ Résultats à venir





Merci Thanks



Stéphane JOYE  
SHM director  
Sixense Monitoring  
+33 6 23 60 03 38  
[stephane.joye@sixense-group.com](mailto:stephane.joye@sixense-group.com)