

Restitution du chantier démonstrateur du pont d'Osserain : **Résultats du benchmark de méthodes de calcul**



PN DOLMEN

Paul TAFOREL, MiMeTICS engineering
ptaforel@mimetics-engineering.fr

& Pierre MORENON, LMDC, INSA Toulouse
morenon@insa-toulouse.fr



GT Modélisation

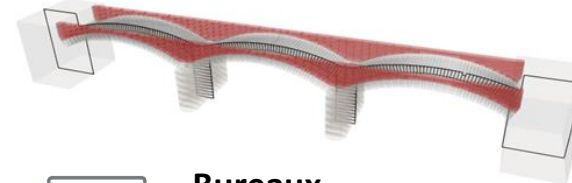


Académiques /
Universitaires

2-10



Spin-off / cellules
de transfert 7/8-9-3/11



Bureaux
d'Etudes

1-4-5-6-11



2D

GETEC / Conseil OA / Expert OA ¹



SETEC ⁵



MiMeTICS engineering ⁹



Université de Limoges L2GC ²



BOLLINGER + GROHMANN ⁶



Université de Montpellier LMGC ¹⁰



QUADRIC - Artelia Group ⁴



INAS Toulouse / LMDC ⁷⁻⁸















STONO ³⁻¹¹



3D



Comparaison entre modélisations

1		VOUTE	2D	Mono arche	Analyse Limite
2			2D	Multi-arches, piles, remblai	
3		THRUST	2D	Multi-arches, piles, tympan	
4			2D	Mono arche, non-lineaire élastique	Méthodes des Éléments Finis
5			2D	Homogénéisation, orthotropic damage	
6			2D	Elasto-plastique	
7			3D	Homogénéisation, endommagement anisotrope & plasticité dans les directions des contraintes principales	
8			3D	Homogénéisation, endommagement anisotrope dans la direction des joints	Méthodes des Éléments Discrets
9			2D	Corps élastiques avec loi de contact frottante	
10			3D	Corps rigides avec lois cohésives	
11			3D	Corps rigides, frottement tangentiel & contact normal unilatéral élastique	

1 - Prédiction

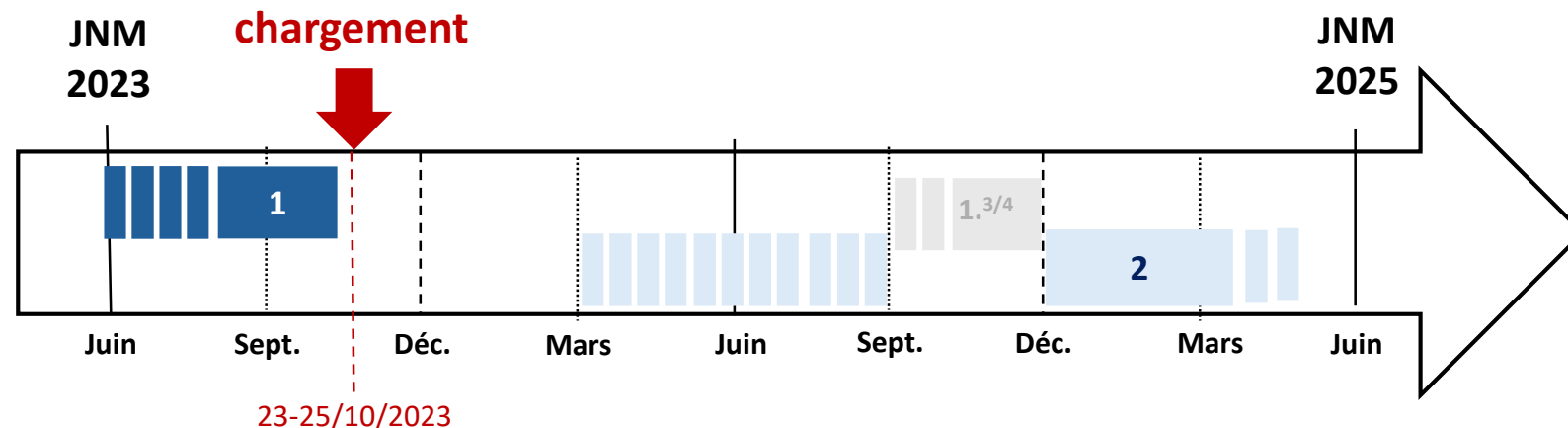
Juin 2023 → octobre 2024

- Proposer & valider un **plan de chargement** satisfaisant aux contraintes de l'opération
- **Prédire le comportement** de l'ouvrage pour le chargement considéré
- **Guider l'instrumentation** pour être à même de mesurer les phénomènes prédits

2 – Post-diction

Mars 2024 → avril 2025

- **Exploiter les données** et mesures disponibles sur l'ouvrage pour **recaler les modèles**
- **Comparer les réponses des modèles** entre eux et aux données / mesures & mesurer les écarts entre une modélisation en aveugle et une modélisation environnée



1 - Prédiction

Juin 2023 → octobre 2024

- Proposer & valider un **plan de chargement** satisfaisant aux contraintes de l'opération
- **Prédire le comportement** de l'ouvrage pour le chargement considéré
- **Guider l'instrumentation** pour être à même de mesurer les phénomènes prédits

2 – Post-diction

Mars 2024 → avril 2025

- **Exploiter les données** et mesures disponibles sur l'ouvrage pour **recaler les modèles**
- **Comparer les réponses des modèles** entre eux et aux données / mesures & mesurer les écarts entre une modélisation en aveugle et une modélisation environnée



- *principaux résultats et enseignements*
- *réflexion autour de la modélisation*



Prédiction

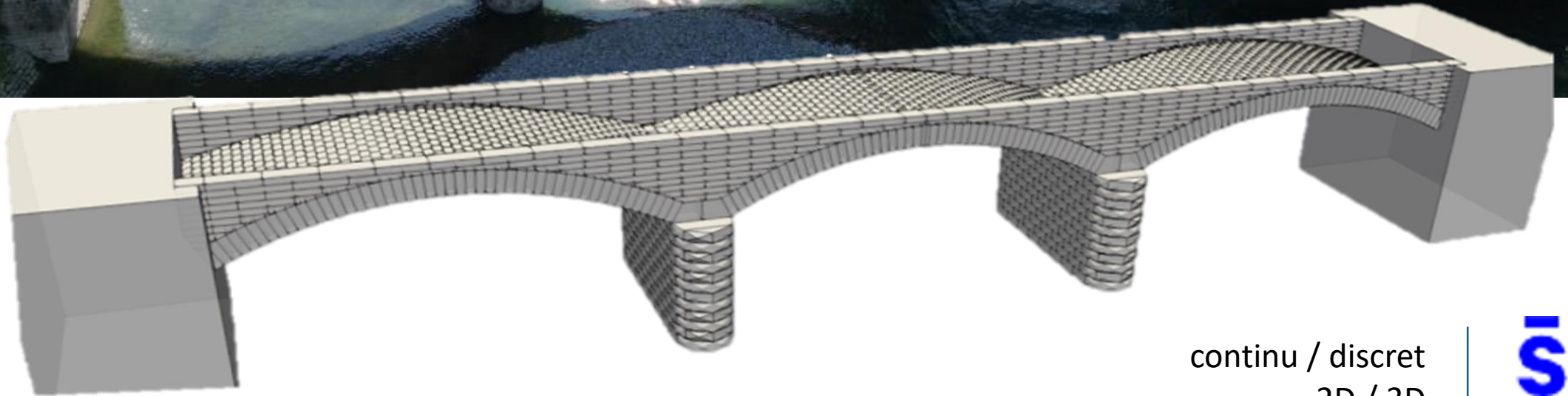


Géométrie

- Relevés topo
- Sondages à la pelle
- Nuage de points
- ~~Description Cules / piles~~



Modèle géométrique



continu / discret
2D / 3D



Géométrie



2D / 3D
continu / discret

- Relevés topo
- Sondages à la pelle
- Nuage de points
- ~~Description Cules / piles~~



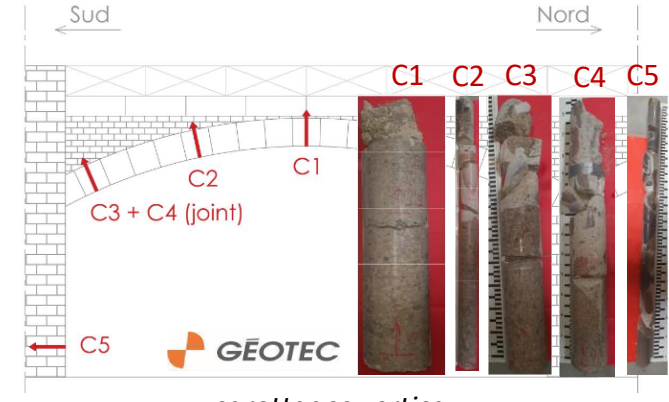
sondages à la pelle



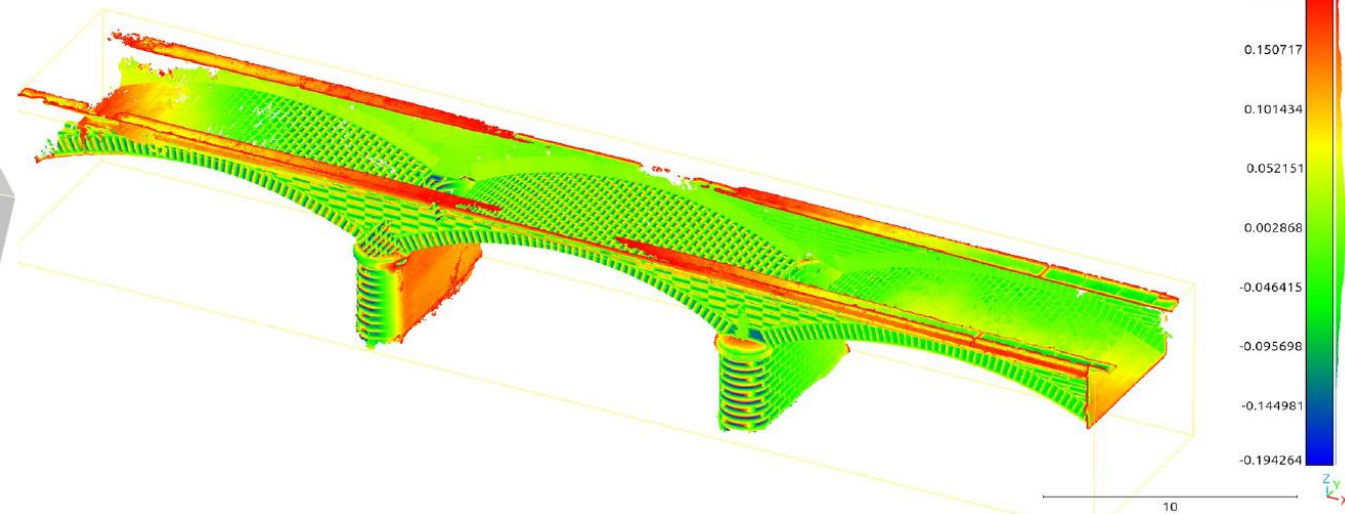
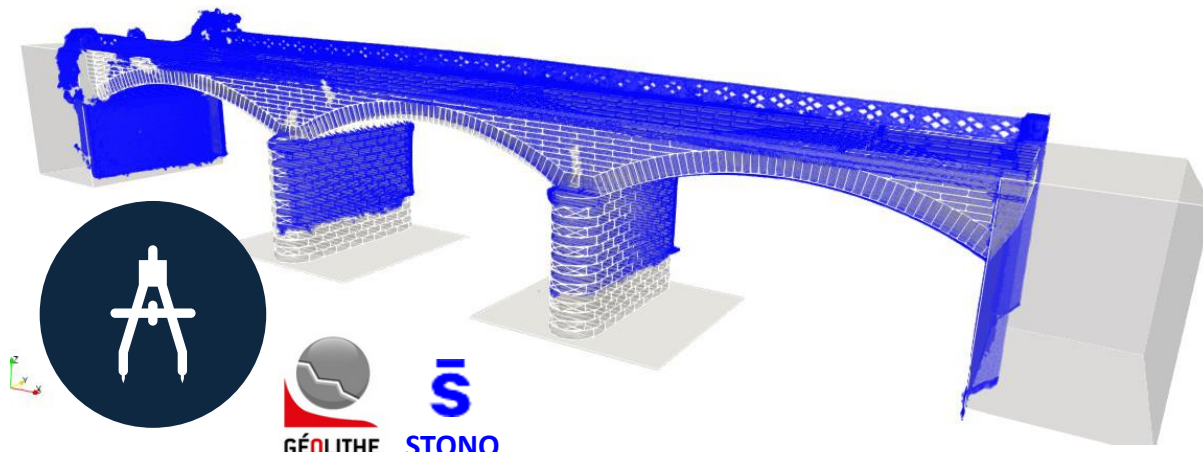
sondages



carottages horizontaux



carottages verticaux





422


CARRIÈRES DE PIERRE DE TAILLE

DÉPARTEMENT DES HAUTES-PYRÉNÉES

1913

DÉSIGNATION des communes ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM de la carrière	CARRIÈRE ou de l'ensemble de leur étendue	NOM
---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----

maçonneries

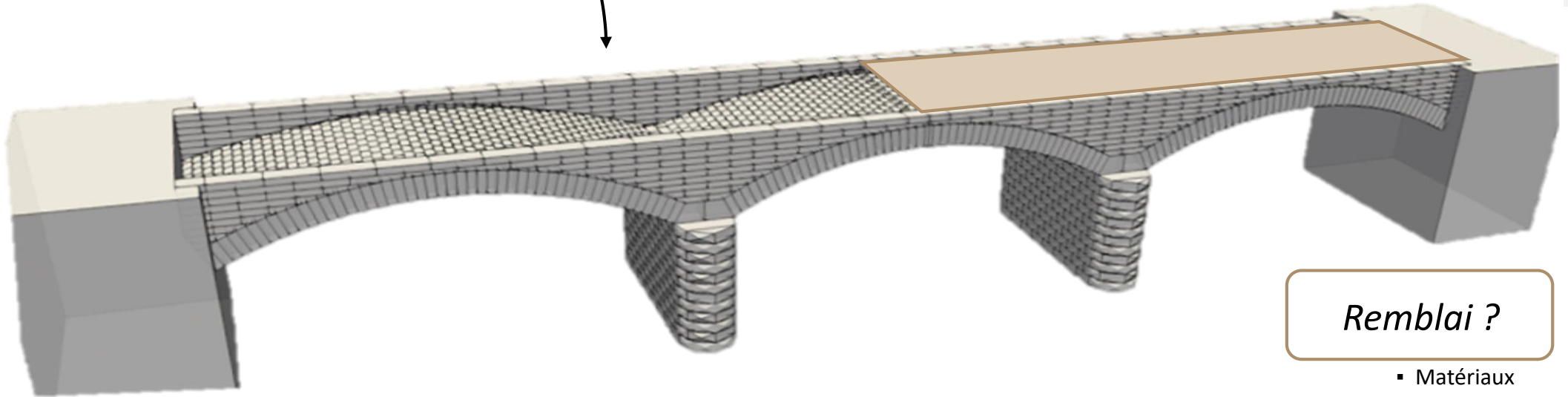
joints 

- Corps de Voûte
- **Queutage**
- Piles
- Tympan
- Culées



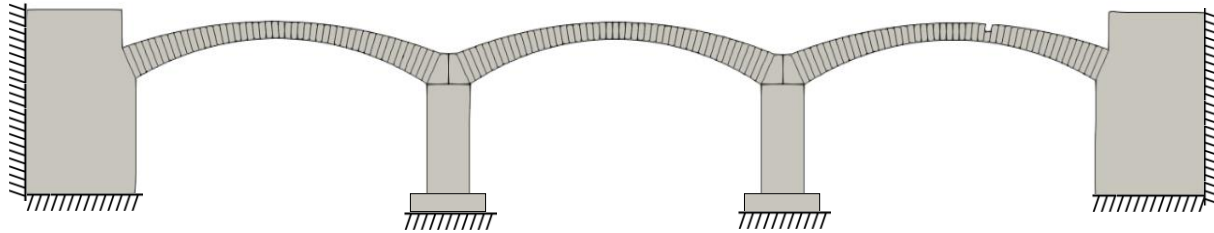
Remblai ?

- Matériaux
- Modélisation
(masse, poussée, ...)

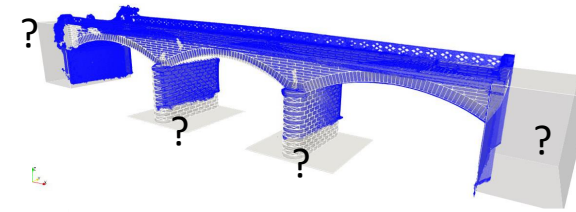
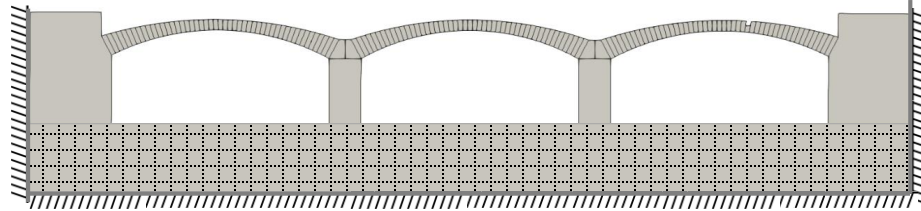




Conditions aux Limites

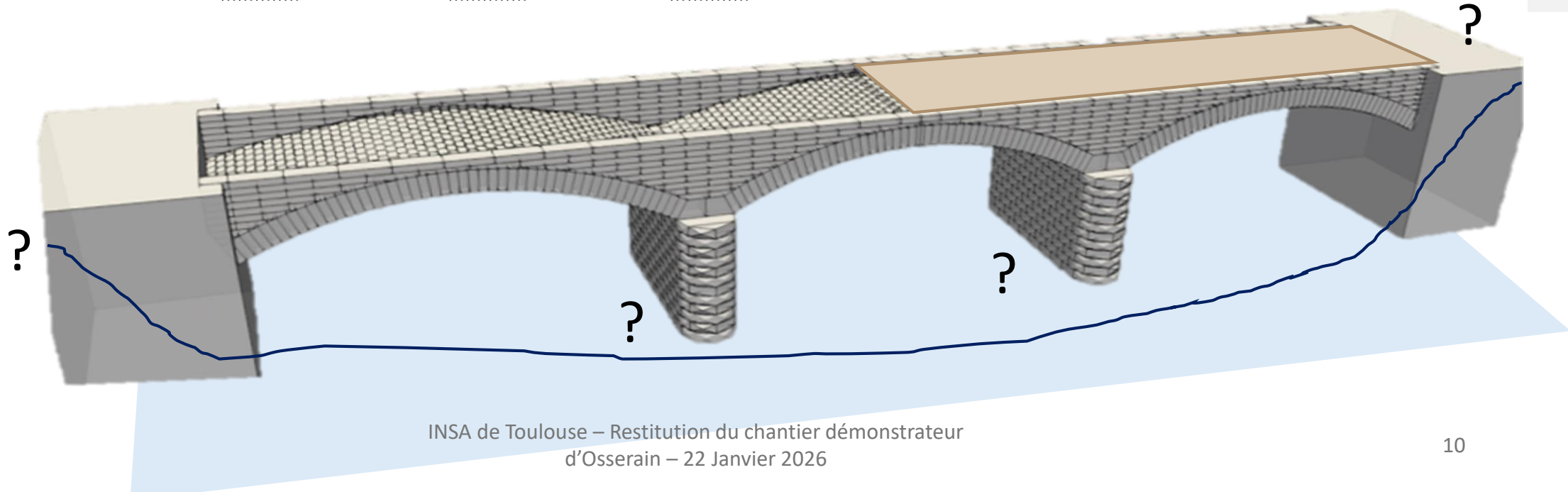


Interaction sol-
structure ☒



Encastrement des piles
et des culées ☒

- Sondages
- ~~Mesures~~

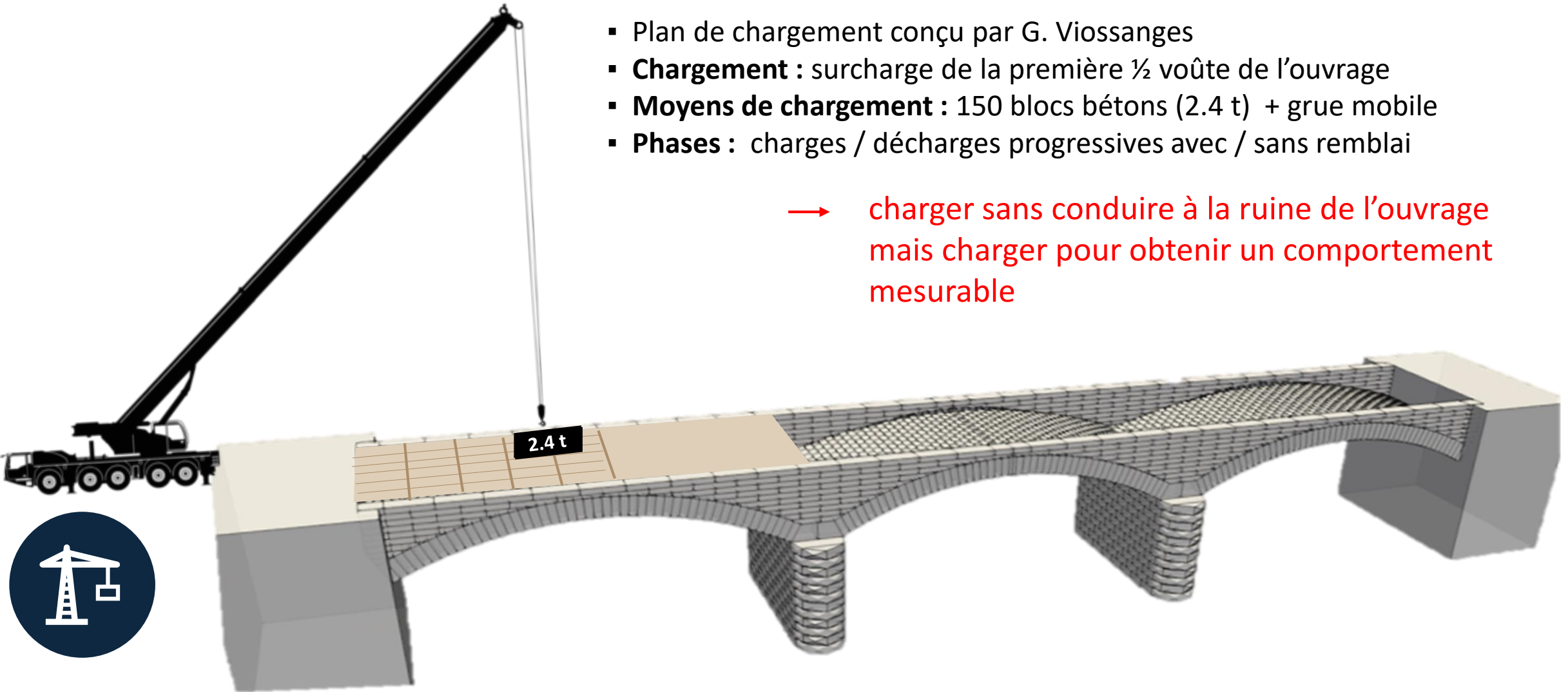




Chargements

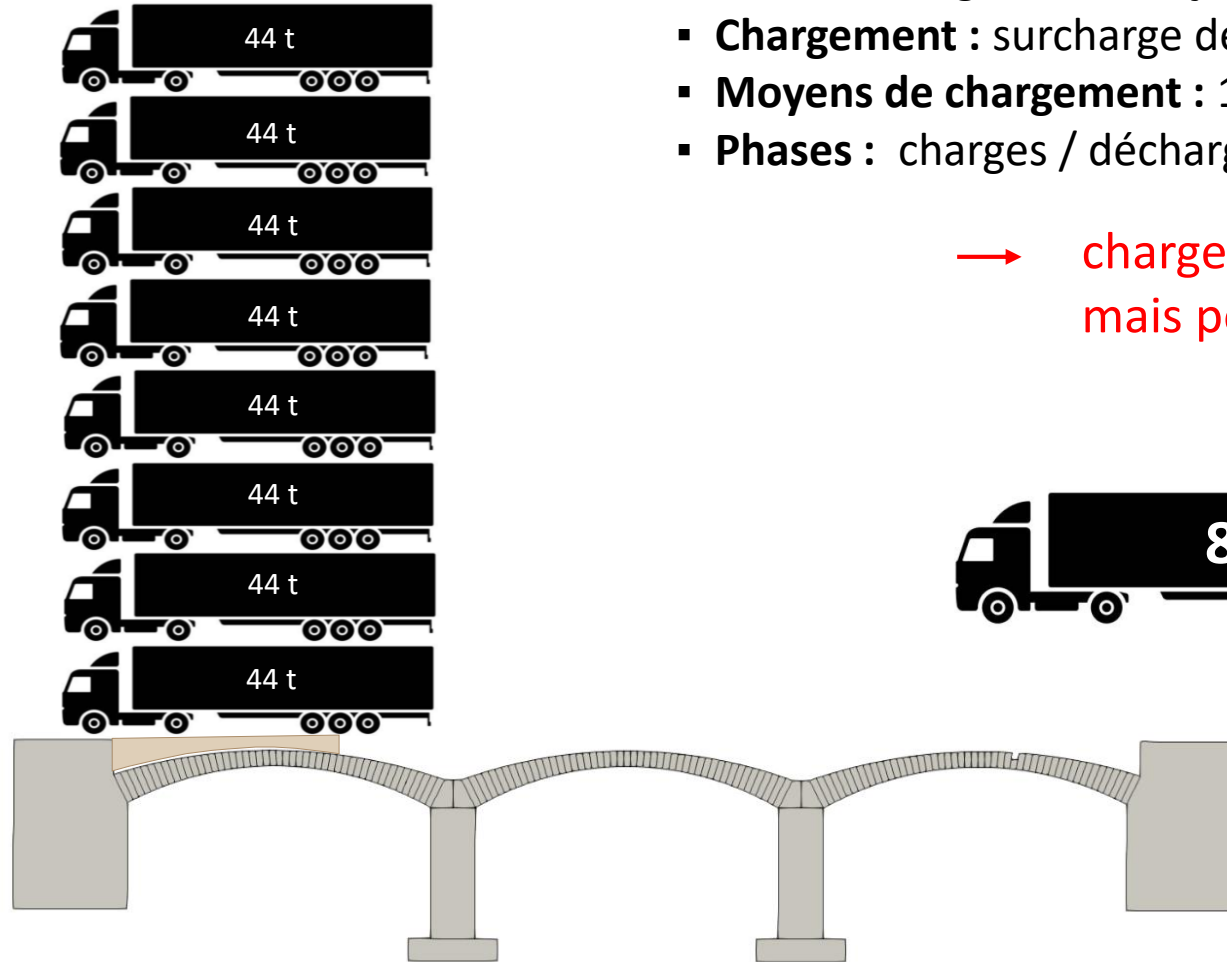
- Plan de chargement conçu par G. Viossanges
- **Chargement** : surcharge de la première $\frac{1}{2}$ voûte de l'ouvrage
- **Moyens de chargement** : 150 blocs bétons (2.4 t) + grue mobile
- **Phases** : charges / décharges progressives avec / sans remblai

→ charger sans conduire à la ruine de l'ouvrage
mais charger pour obtenir un comportement mesurable





Chargements



- Plan de chargement conçu par G. Viossanges
- **Chargement** : surcharge de la première $\frac{1}{2}$ voûte de l'ouvrage
- **Moyens de chargement** : 150 blocs bétons (2.4 t) + grue mobile
- **Phases** : charges / décharges progressives avec / sans remblai

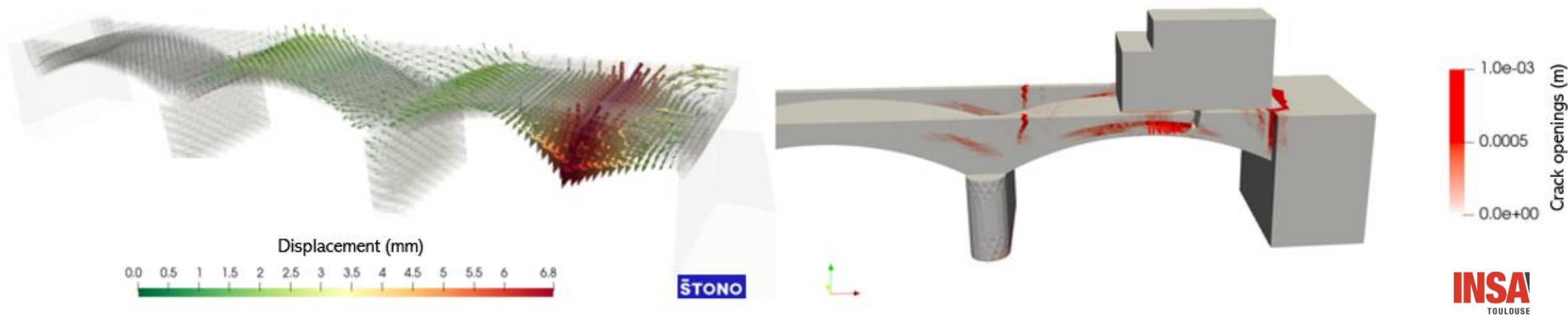
→ charger sans conduire à la ruine de l'ouvrage
mais pour obtenir un comportement non linéaire



- valider le plan de chargement
- contribuer au plan d'instrumentation

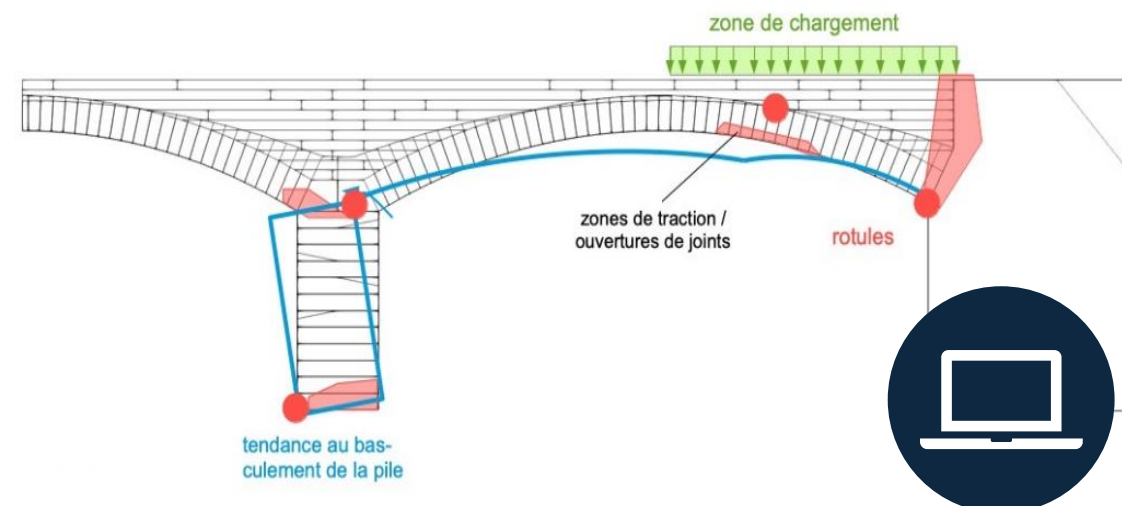


Comportement du pont | préconisations



Résultats

- Ruine par basculement de la pile P1 sous 13-15 niveaux de blocs
- **Affaiblissement** du pont par réalisation d'une **saignée** au droit de la zone de rotule du pont + **décaissement** voûtes → **plan chargement**
- Préconisations → **plan instrumentation**





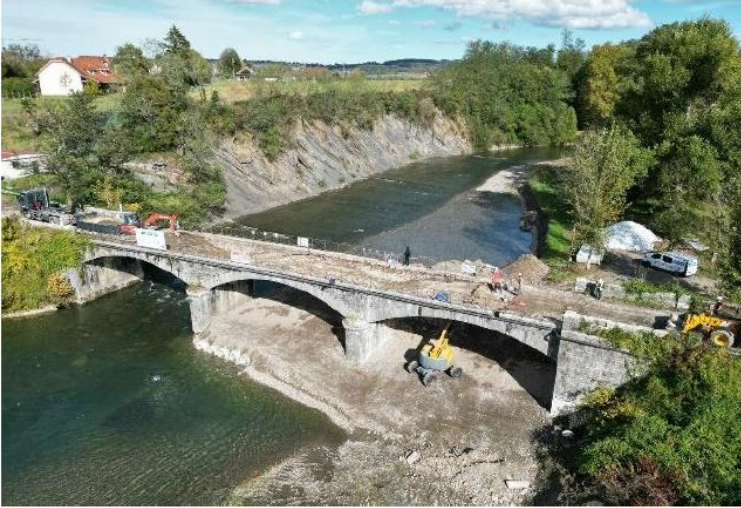
Plan d'instrumentation



- Prismes EST topographie (implantation symétrique à l'OUEST) visés par théodolites ➡
- ◆ Inclinomètres EST (implantation symétrique à l'OUEST)
- ▲ Fissuromètres
- Fibre Optique
- ◁ Corrélation d'image
- ◁ Capture motion
- ↓ Vélocimètres



Finalisation du plan de chargement



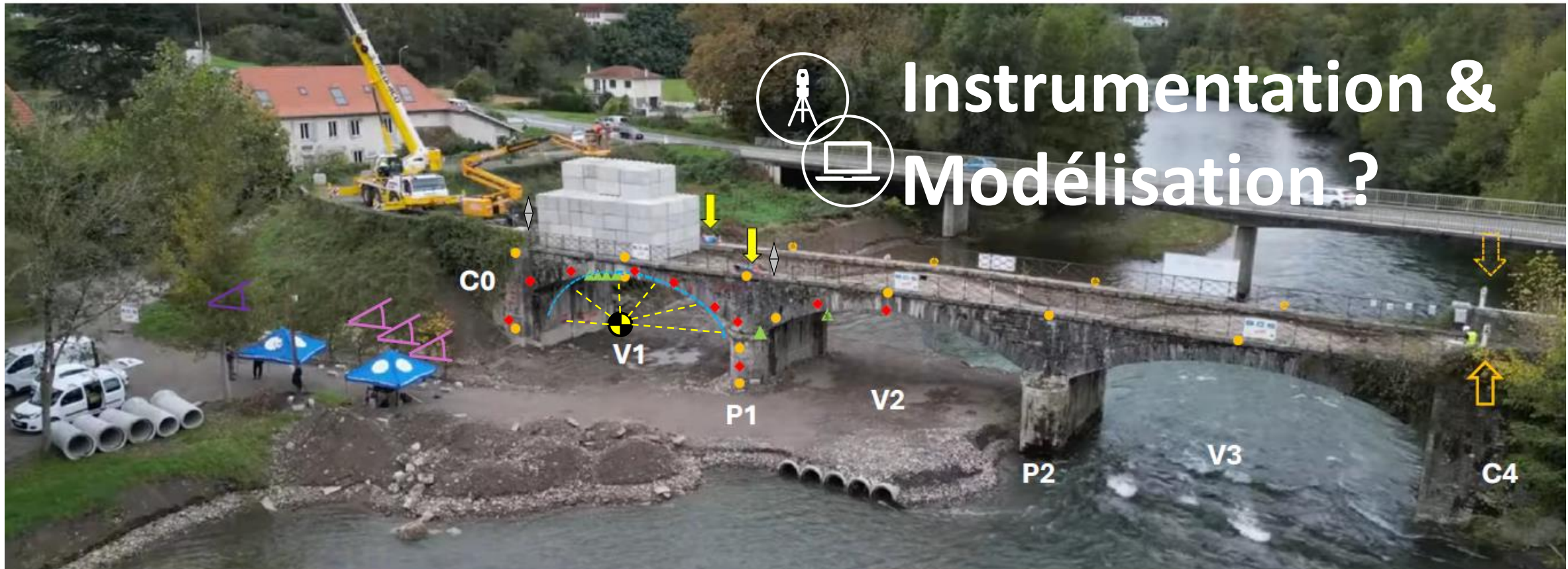
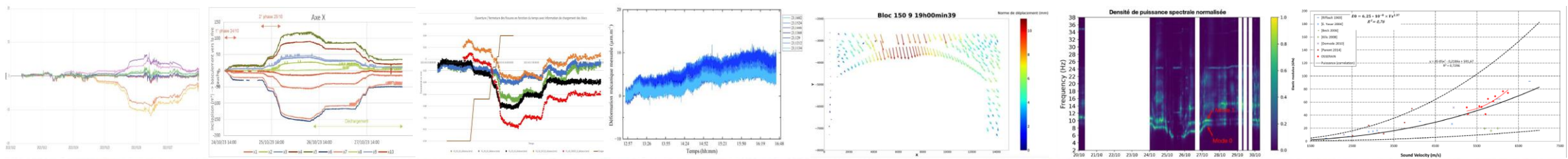
- Décaissement des voûtes
- Réalisation d'une saignée au droit de la zone de rotulage
- Phasage : un cycle de charge / décharge sur 2 jours
- Pose des blocs sur une $\frac{1}{2}$ travée
- 4 niveaux + 2 $\frac{1}{2}$ niveaux

→ **Surdimensionnement de l'ouvrage / pont très résistant**





Post-diction



- Prismes EST topographie (implantation symétrique à l'OUEST) visés par théodolites ➡
- ◆ Inclinomètres EST (implantation symétrique à l'OUEST)
- ◇ Essais de sol
- ▲ Fissuromètres
- Fibre Optique
- ◁ Corrélation d'image
- ◁ Capture motion
- ↓ Vélodimètres
- Mesures Vitesse Son & caractérisation labo



Prediction vs Postdiction

PHASE 1: PREDICTION



Géométrie & maillages basés sur mesures sur site & point cloud



Propriétés des matériaux issues de la littérature



Conditions aux limites basées sur les observations in situ



Analyse des différents plans de chargement



Analyse du fonctionnement de l'ouvrage et de la charge ultime



Géométrie & maillages basés sur mesures sur site & point cloud

Propriétés des matériaux issues de tests ND & destructifs complétés par la littérature

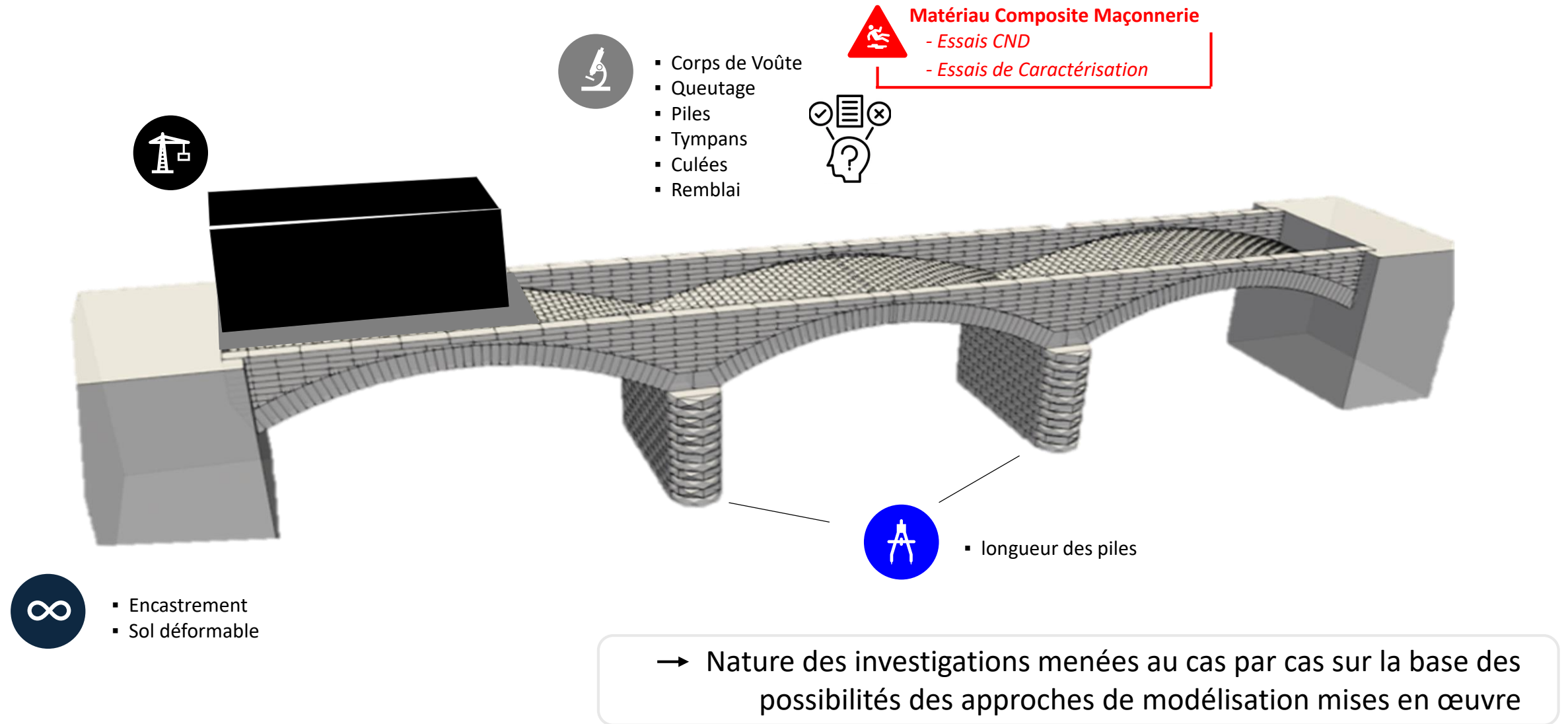
Conditions aux limites basées sur l'analyse des réponses

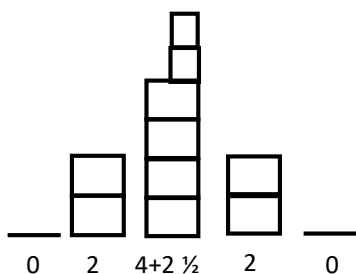
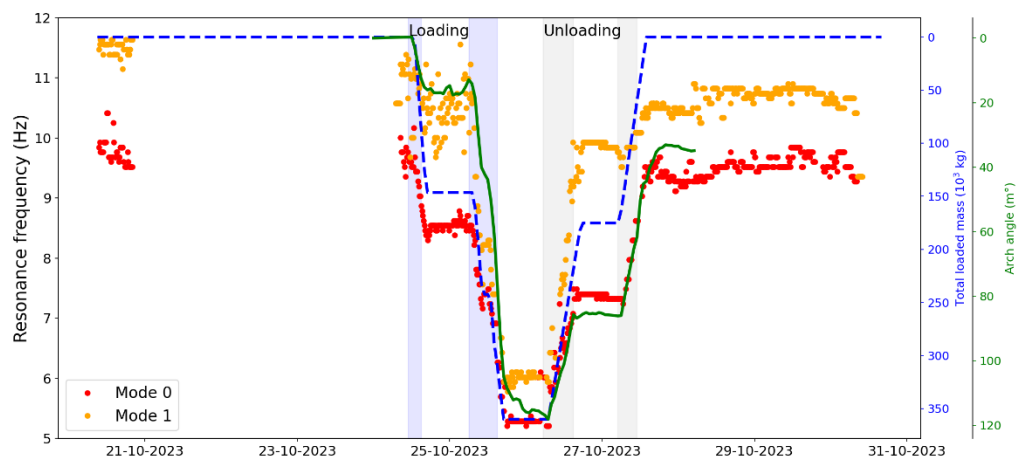
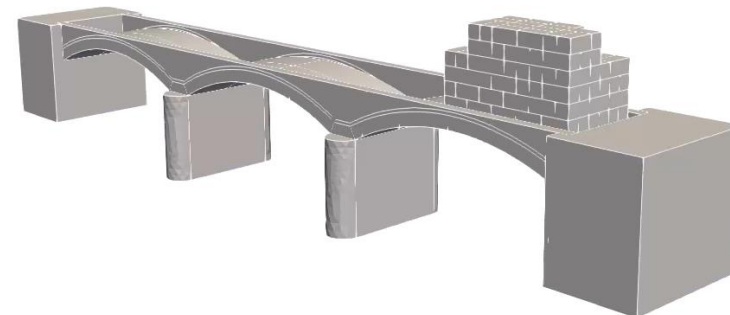
Application du chargement réel

Analyse du comportement et comparaison avec les mesures

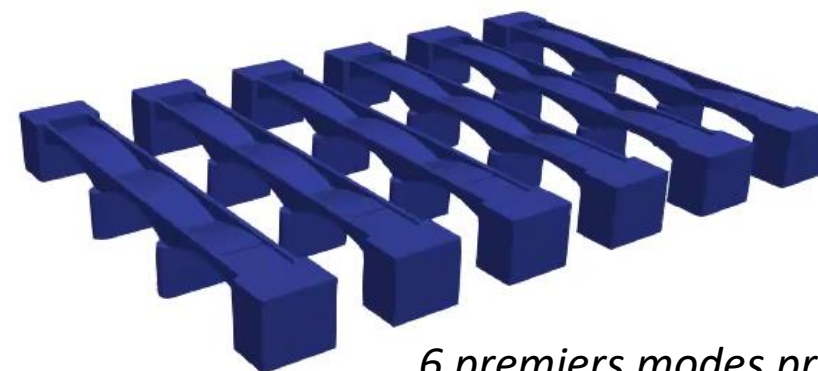
PHASE 2: POSTDICTION







→ **Calibration du module d'élasticité à 4.8 Gpa**
(*modèle élastique*)



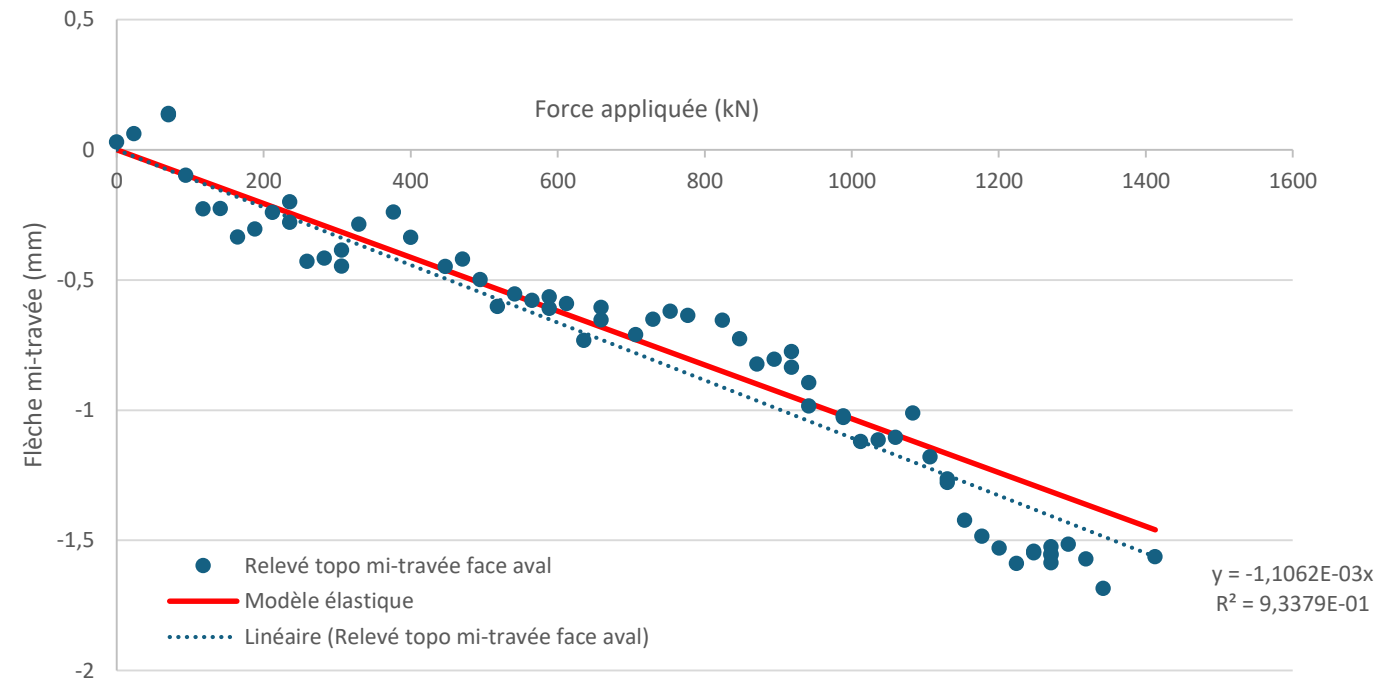
6 premiers modes propres

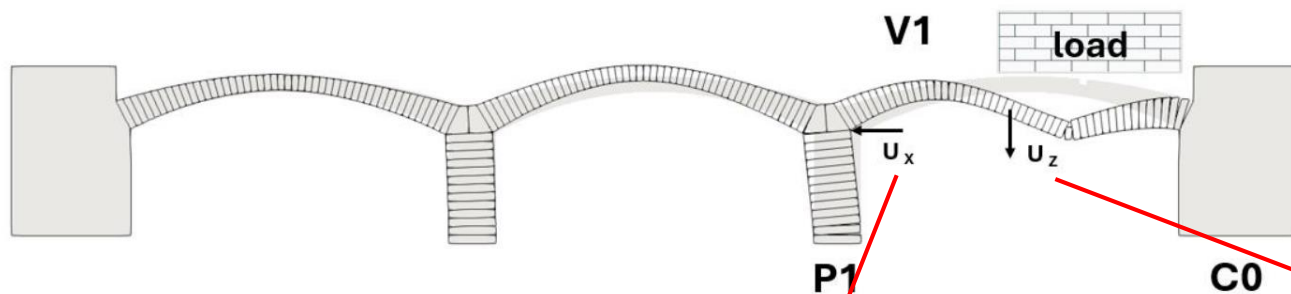
Validation par comparaison de la flèche à mi-travée lors du chargement des premiers blocs de béton



↳ **Erreur** de seulement **7%** sur la **raideur apparente**

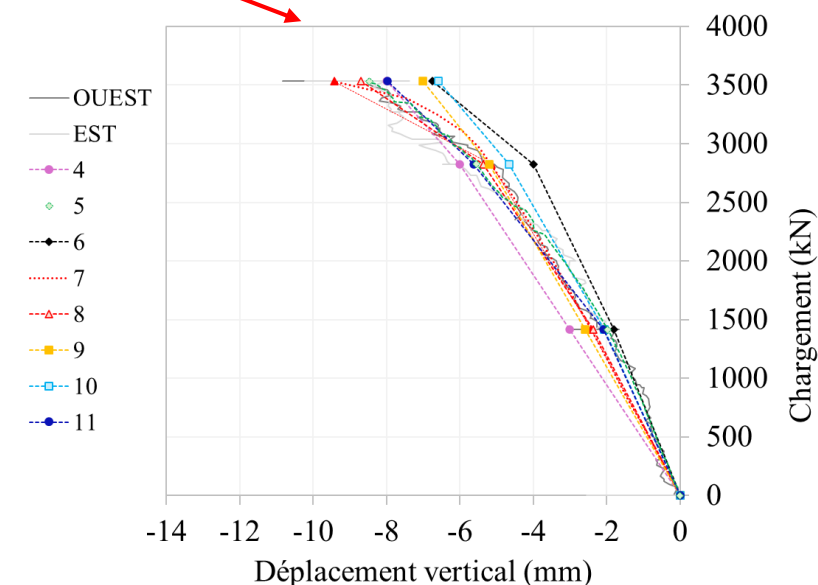
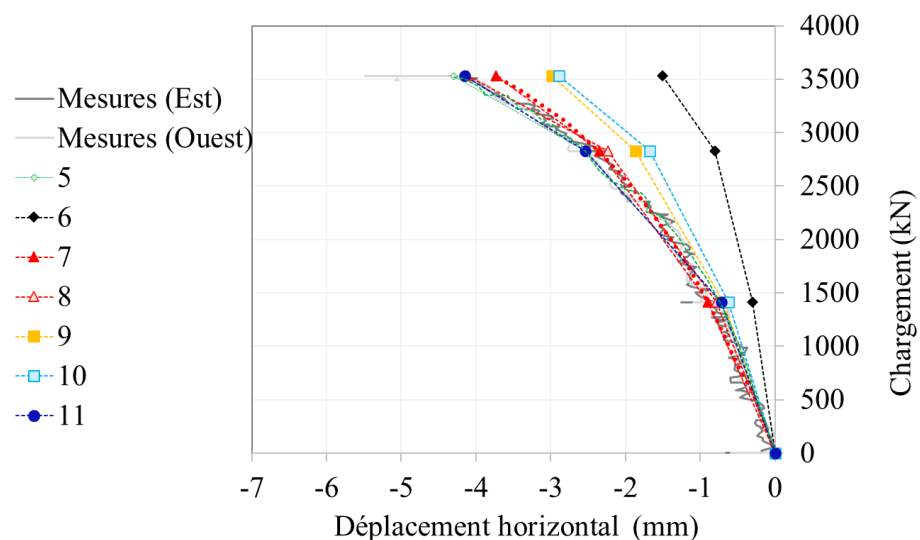
↳ **La méthode donne des résultats très satisfaisants**





Ajustements :

- Propriétés Maçonneries
- Conditions aux Limites





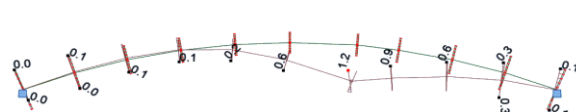
Résultats des différents modèles

SETRA
VOÛTE 1.0
CHARGEMENT 6 NIVEAUX INCOMPLETS

OSSERAIN ENGRAVURE CHARG 2 4 6 NIVEA
DOUELLE 45CM 17MPA QUEUTAGE 12MPA
LIGNE OPTIMALE TRACTION-COMPRESSION

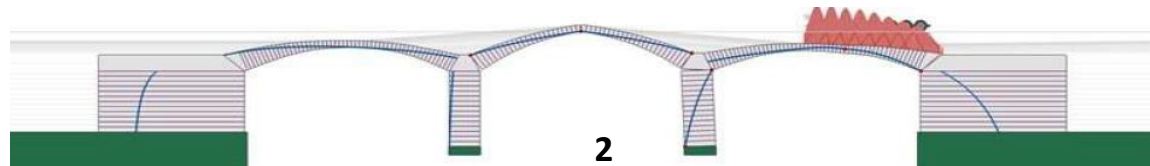


1

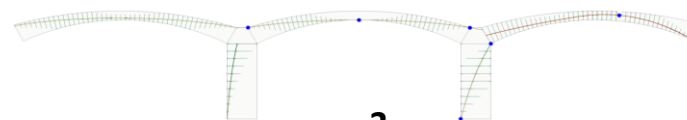


4

Dép. 0cm
Max=1,2



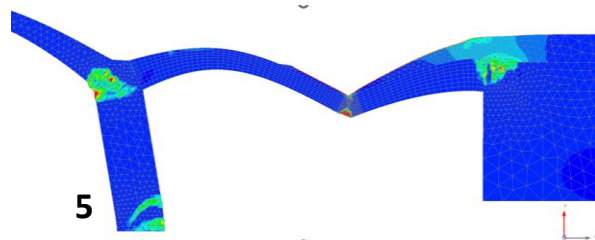
2



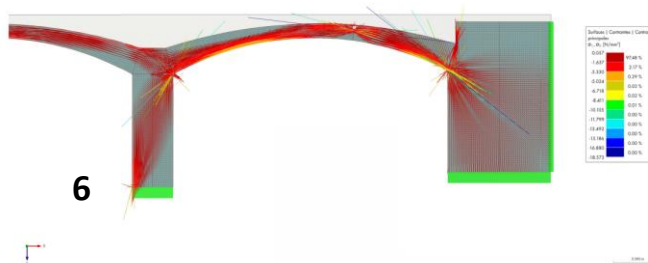
3

Réaction Magnitude
2904 13076

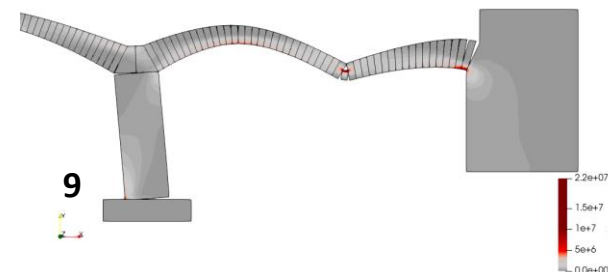
hinges



5

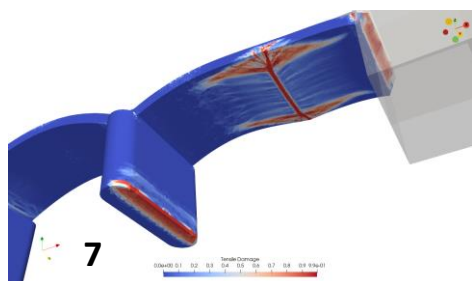


6

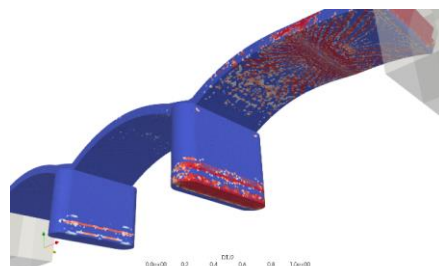


9

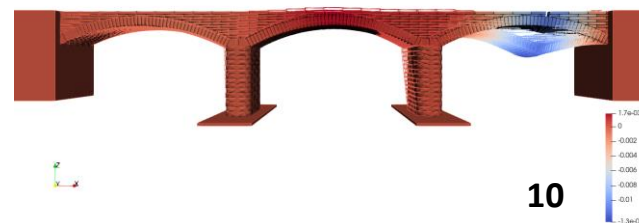
2.2e+07
1.5e+7
1e+7
5e+6
0.0e+00



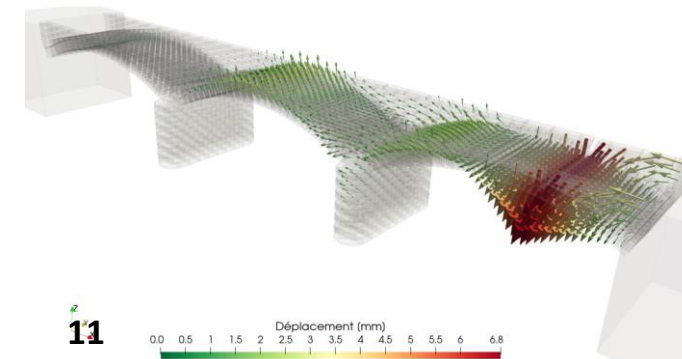
7



8



10



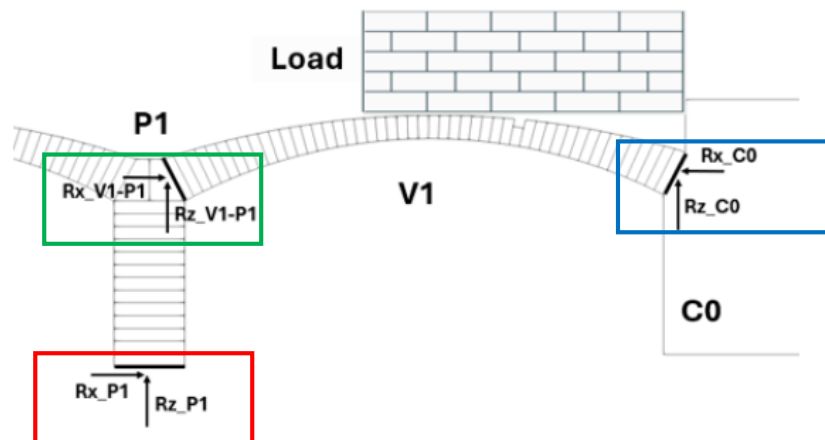
11

Déplacement (mm)
0.0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.8

25



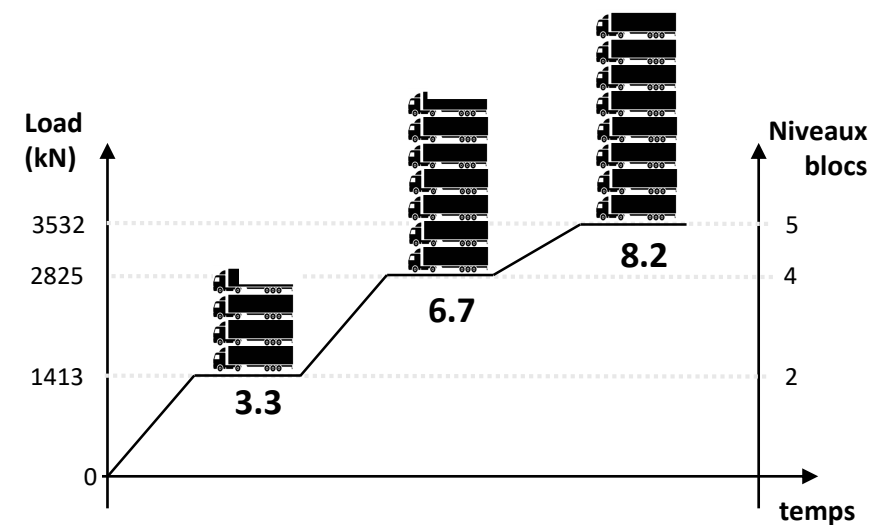
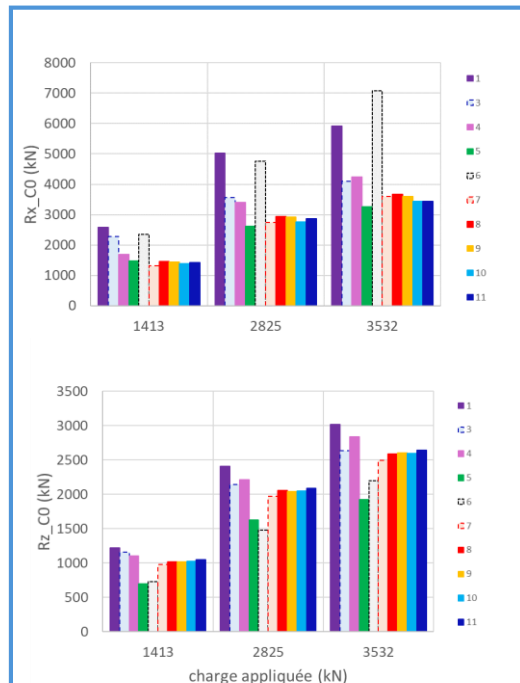
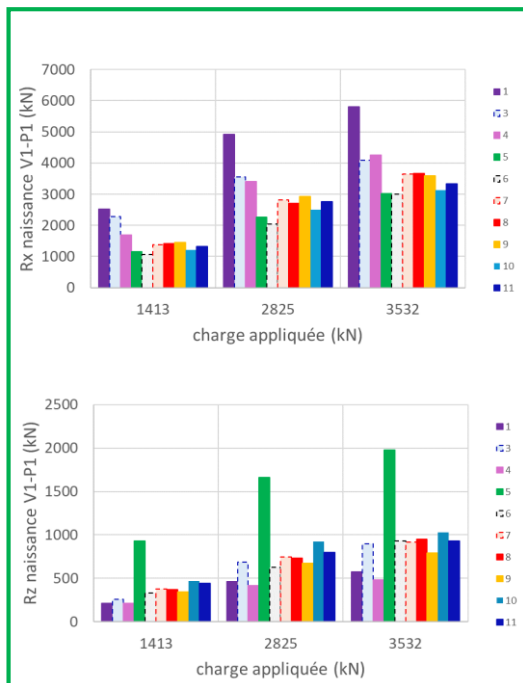
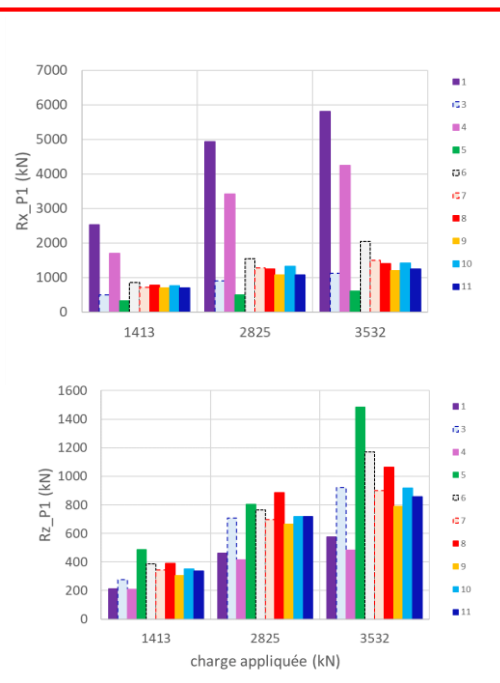
Comparaison entre modélisations

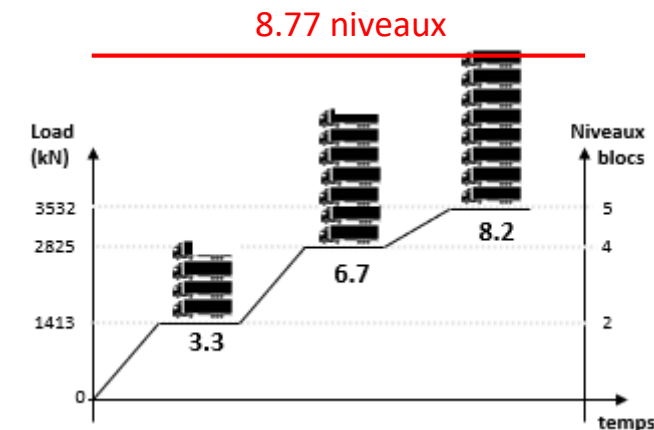
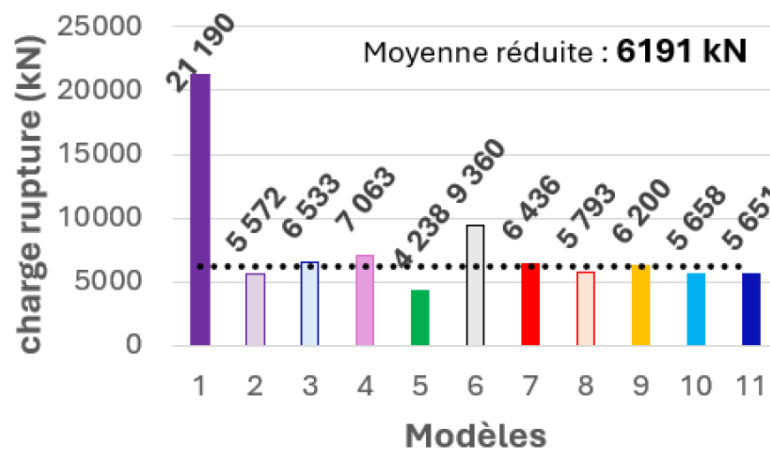
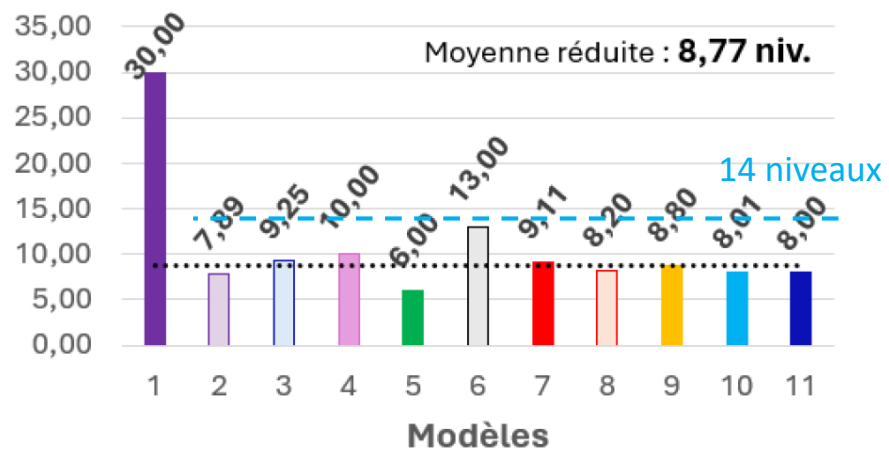


Models			
1	3	4	5
6	7	8	9
10	11	-2	

Ajustements :

- Propriétés Maçonneries
- Conditions aux Limites

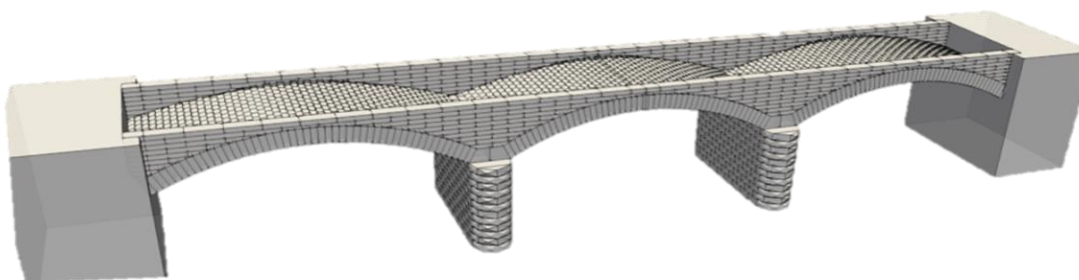




- **Niveaux de blocs à la rupture :**
13-15 niveaux (phase de prédiction) contre près de 9 en phase de post-diction
- **Rupture ?**
critère cinématique ? niveau de décompression des joints ? critère de contrainte ? etc

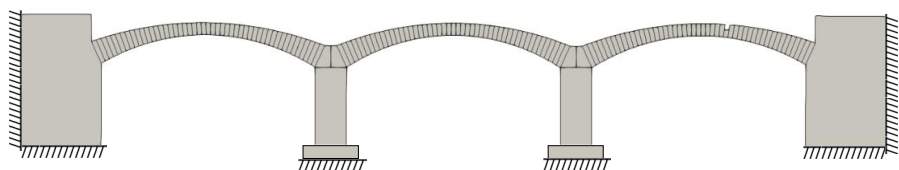
Modèle 3D : Prise en compte du bandeau (non scié)

Module d'élasticité maçonnerie homogénéisée entre **8 et 10 GPa**



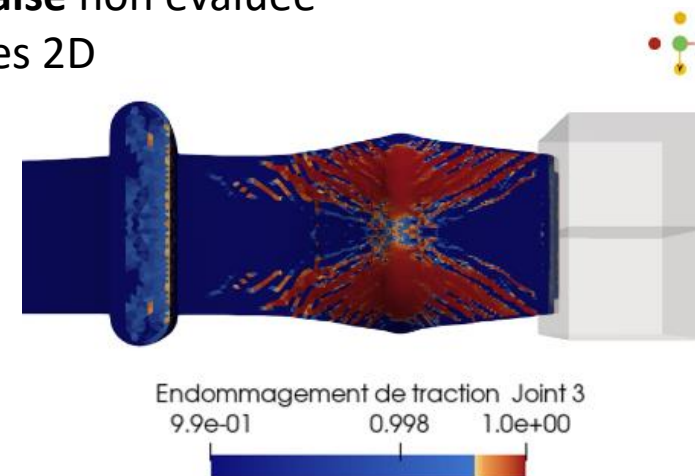
Modèle 2D : section médiane (équivalent bandeau scié)

Module d'élasticité maçonnerie homogénéisée entre **15 et 20 GPa**

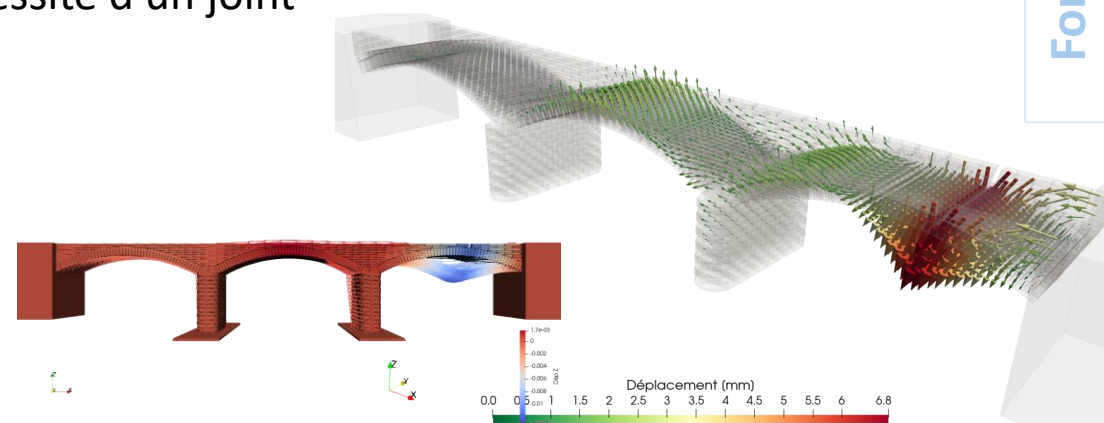


Module d'élasticité

Fissuration biaise non évaluée par les modèles 2D



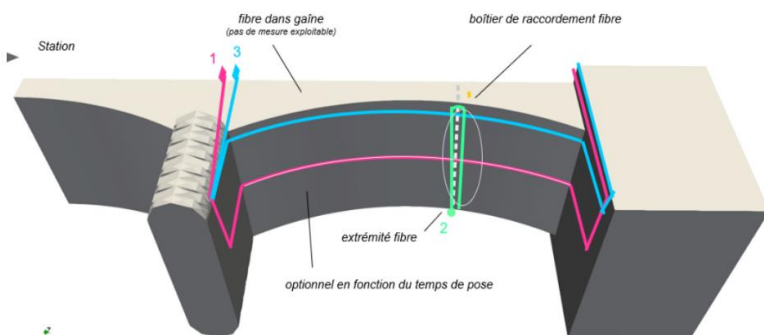
Effet du mur tympan sur la raideur : nécessité d'un joint



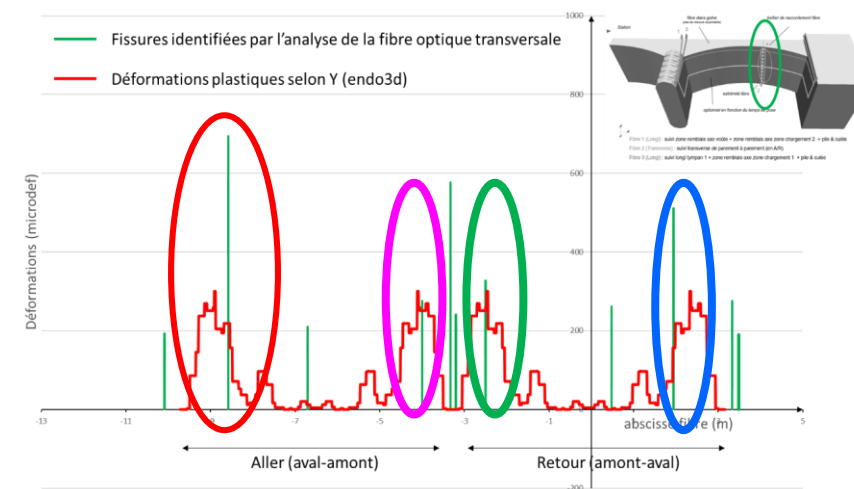
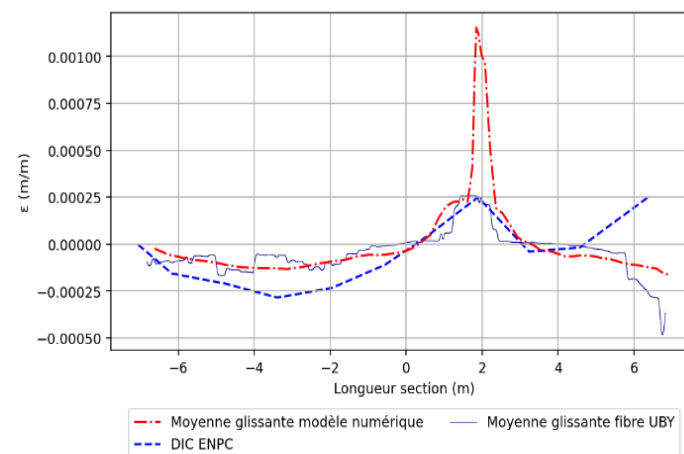
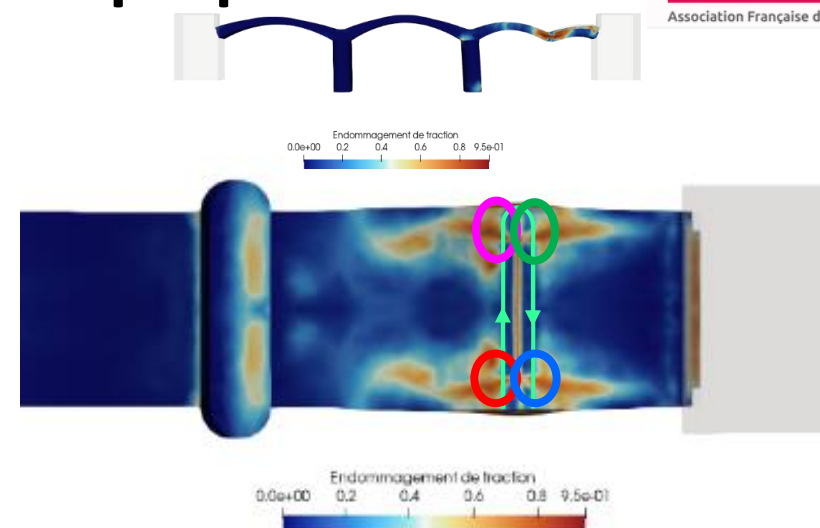
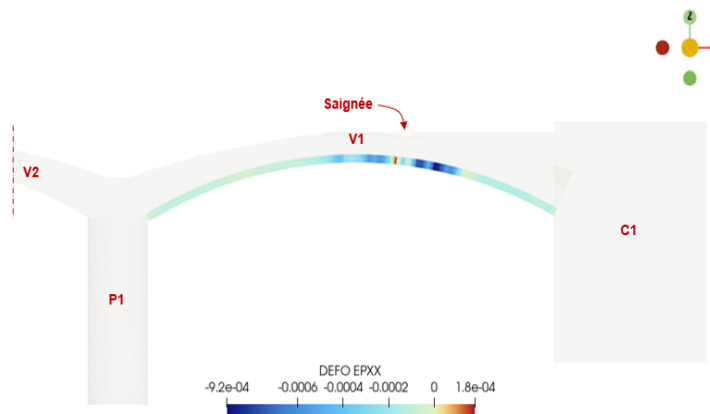
Fonctionnement de l'ouvrage



Pour aller plus loin : comparaison avec la fibre optique

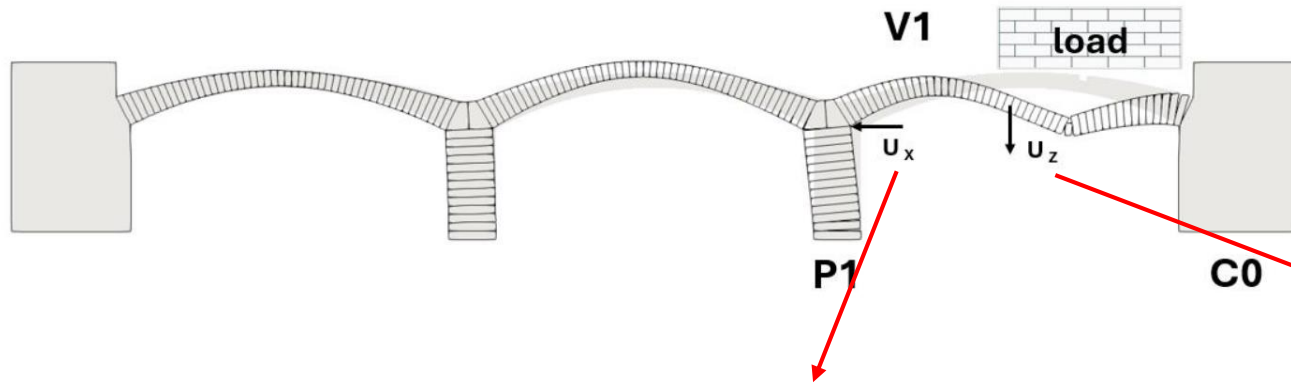


- Fibre 1 (Longi) :** suivi zone remblais axe voûte + zone remblais axe zone chargement 2 + pile & culée
- Fibre 2 (Transverse) :** suivi transverse de parement à parement (en A/R)
- Fibre 3 (Longi) :** suivi longi tympan 1 + zone remblais axe zone chargement 1 + pile & culée



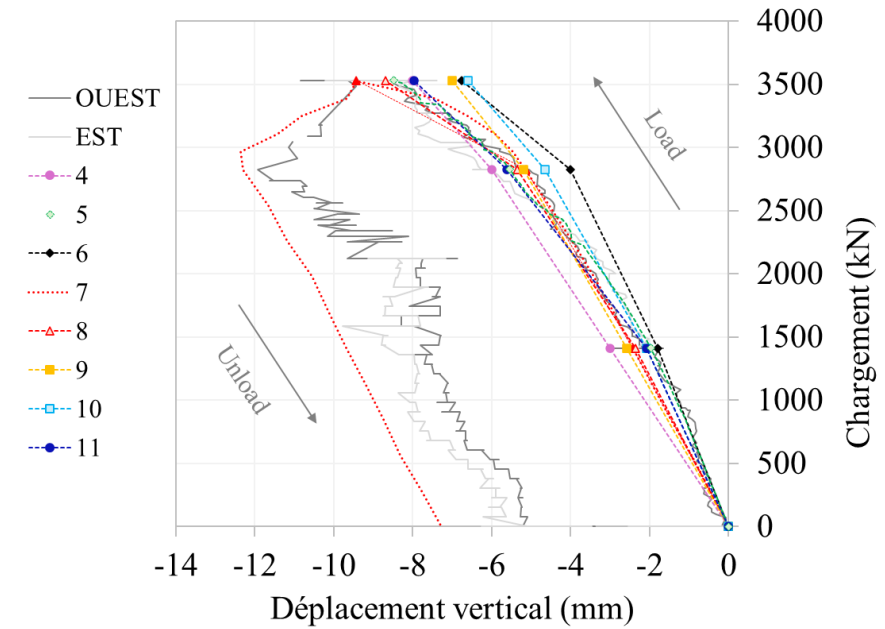
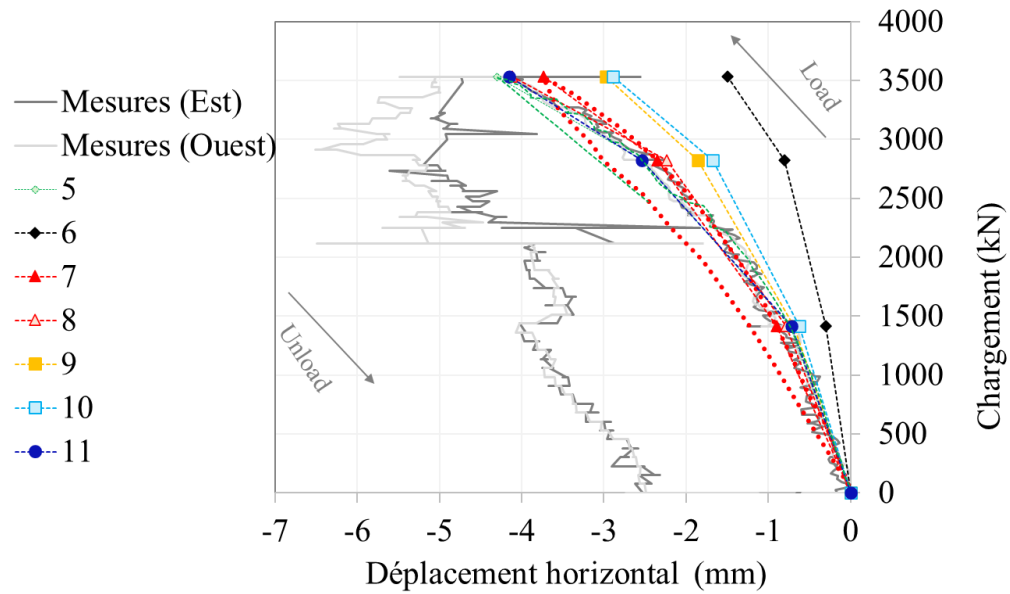


Pour aller plus loin : la décharge



Ajustements :

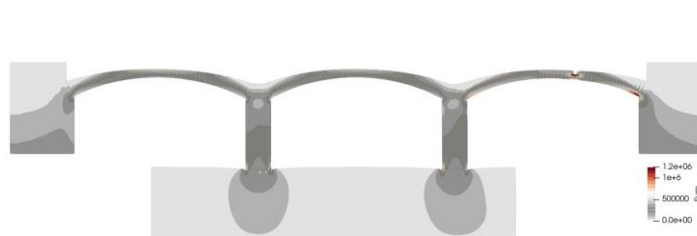
- Propriétés Maçonneries
- Conditions aux Limites



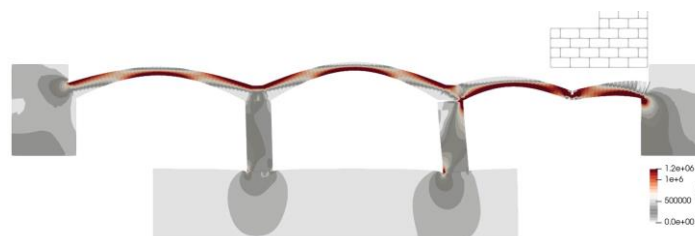


Pour aller plus loin : interaction sol-structure

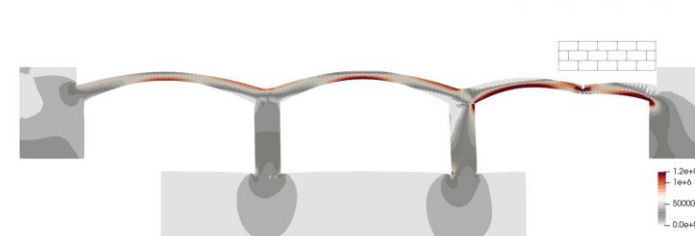
Prise en compte du sol dans le modèle



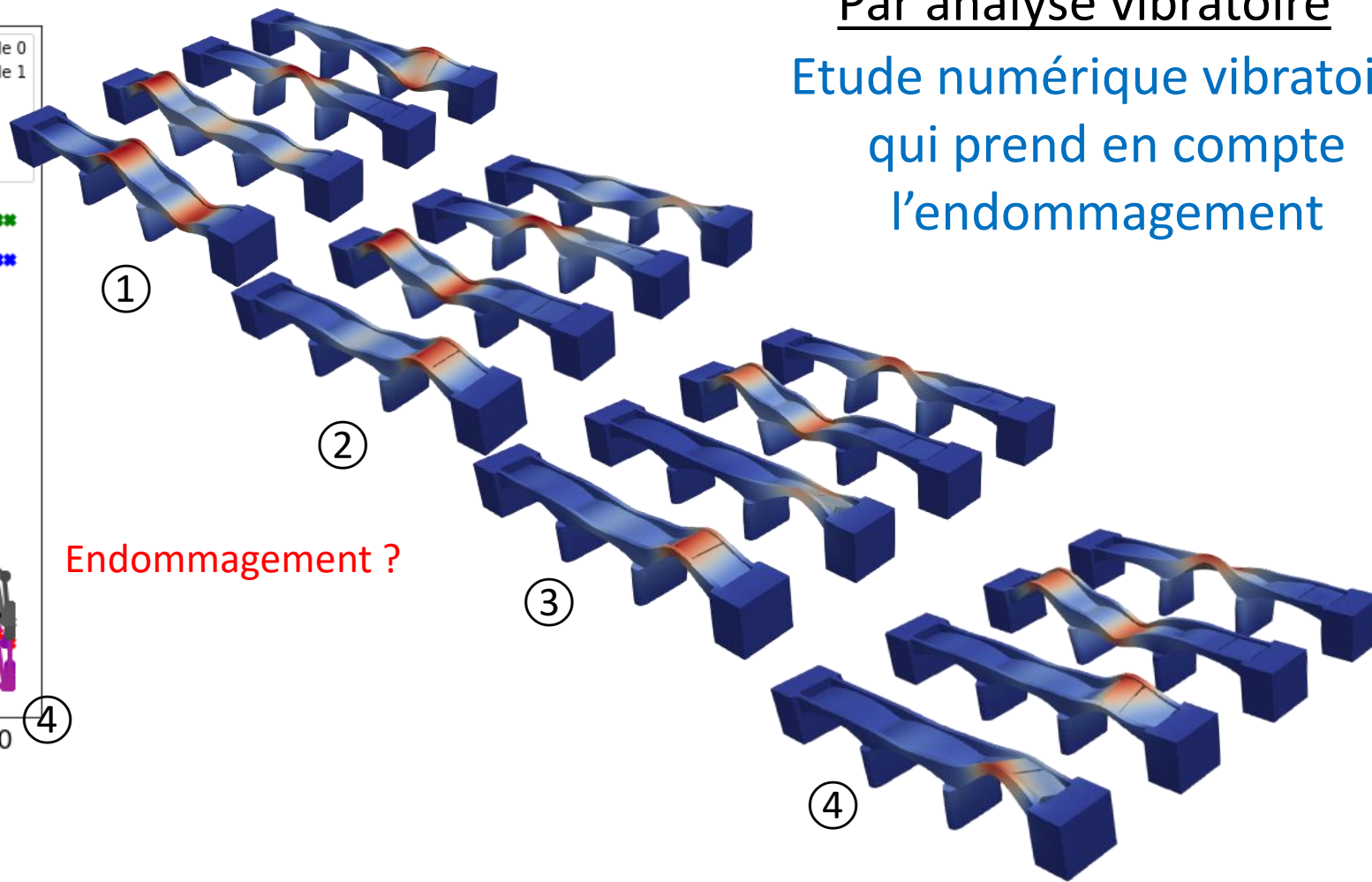
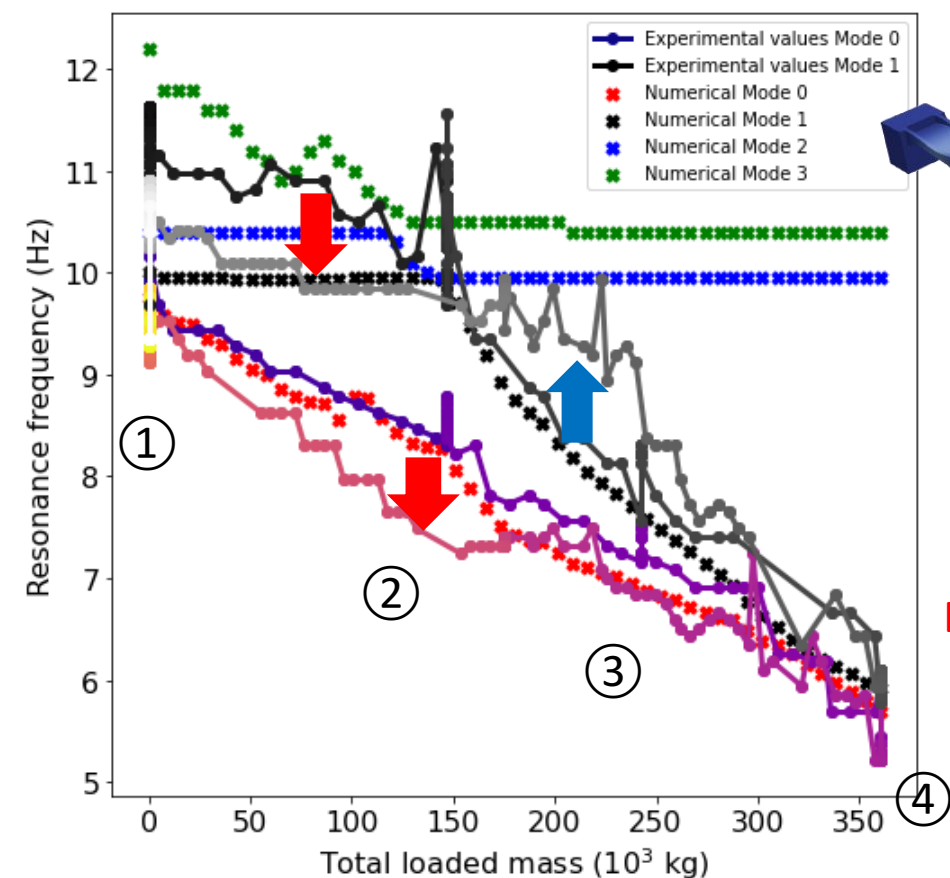
poids-propre



charge



décharge



Par analyse vibratoire

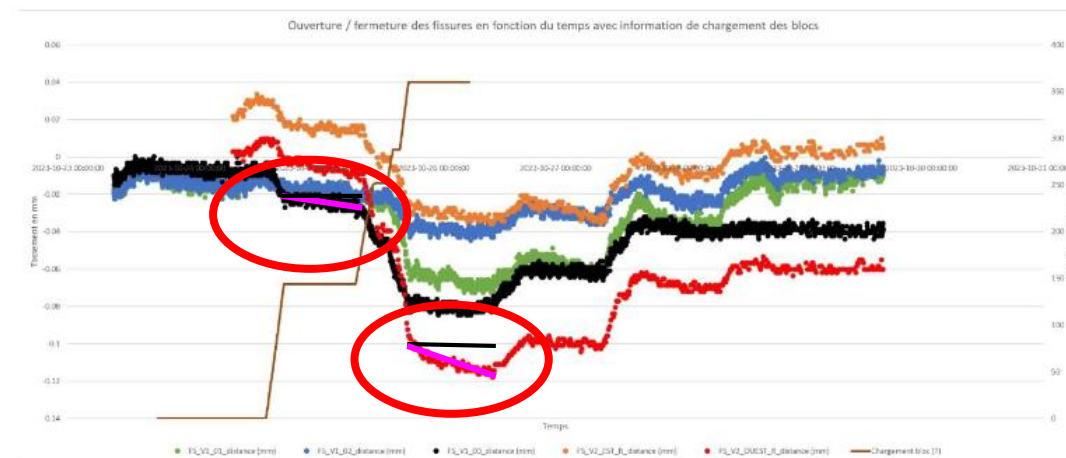
Etude numérique vibratoire
qui prend en compte
l'endommagement



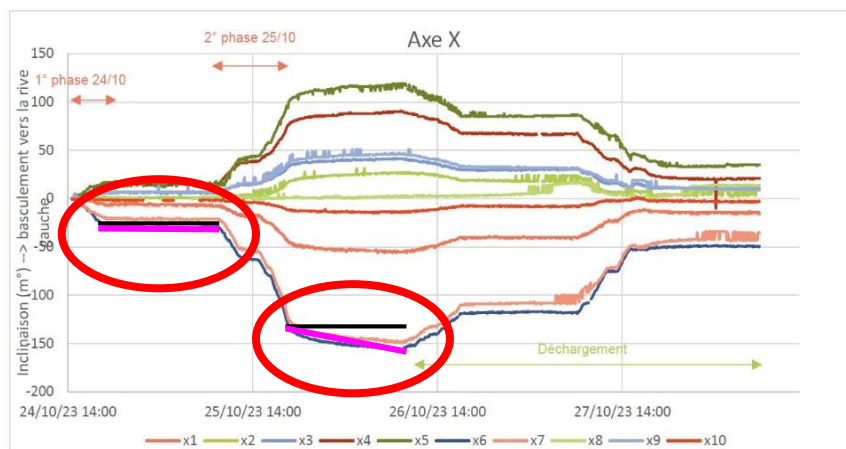
Pour aller plus loin : déplacements vs endommagement

Prise en compte du fluage et de la température

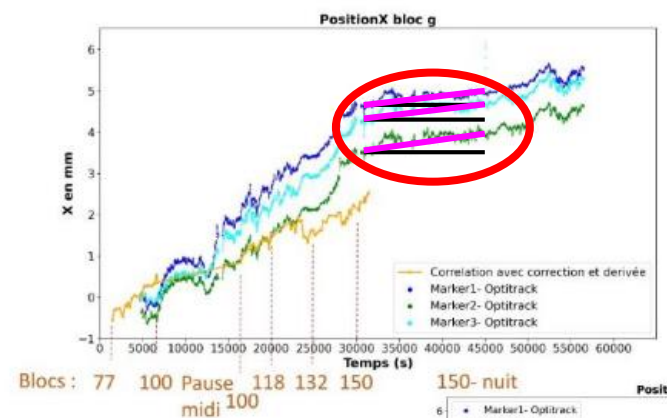
Fissuromètres



Mesures topo



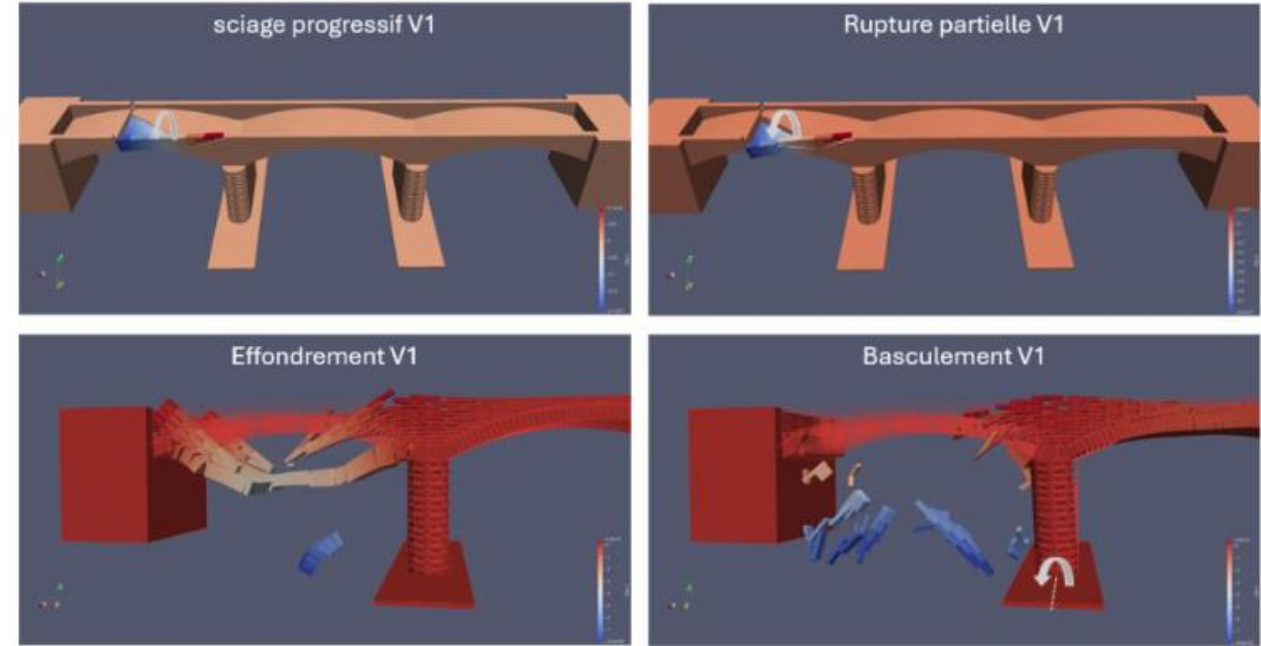
Optitrack



Fluage du mortier comprimé ?

Pour aller plus loin : phase de démolition

Modélisation de la ruine de l'ouvrage



Des faciès de ruptures **comparables**

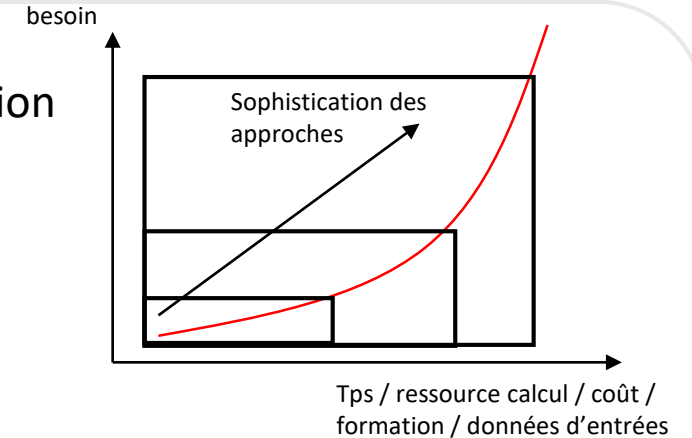
Type d'approche permettant de modéliser les structures jusqu'à leur **ruine**

Quid de l'approche de modélisation miracle ?

Elle n'existe pas. Il faut accepter le fait qu'il y ait différentes approches de modélisation avec leurs forces, leurs faiblesses et surtout leurs limites, d'une part et qu'il y ait des experts sur ces approches susceptibles de les exploiter au mieux

→ **Choix de la méthode** : *équilibre besoin / finalité de l'étude vs moyens à disposition (données, temps, €, etc)*

→ **Approches les + avancées** : possibilité d'**investiguer** un **espace paramétrique complexe susceptible d'évoluer** en fonction des **besoins de représentativité**



Quelle stratégie adoptée ? solutions tout en un ? multi-approches ?

→ **on ne remplacera pas l'expertise sur les outils**

→ **Plateforme tout en 1** : **OUI** pour faire **découvrir d'autres approches** [PN Dolmen / Axe 2 – F. Dubois] **mais NON** pour une utilisation avancée de ces approches

→ **Bonne connaissance des limites des outils utilisés & curiosité pour les autres approches**

Benchmarks du PN DOLMEN

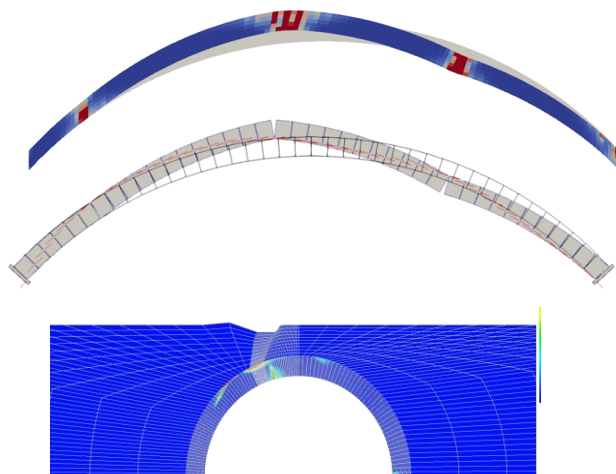
Peut-on être conclusif sur ce seul benchmark pour évaluer les approches entre elles ?

NON : Osserain reste une structure spécifique (pont massif très surbaissé) avec peu de remblais

Attendons les conclusions des autres benchmarks du PN pour tâcher de l'être !

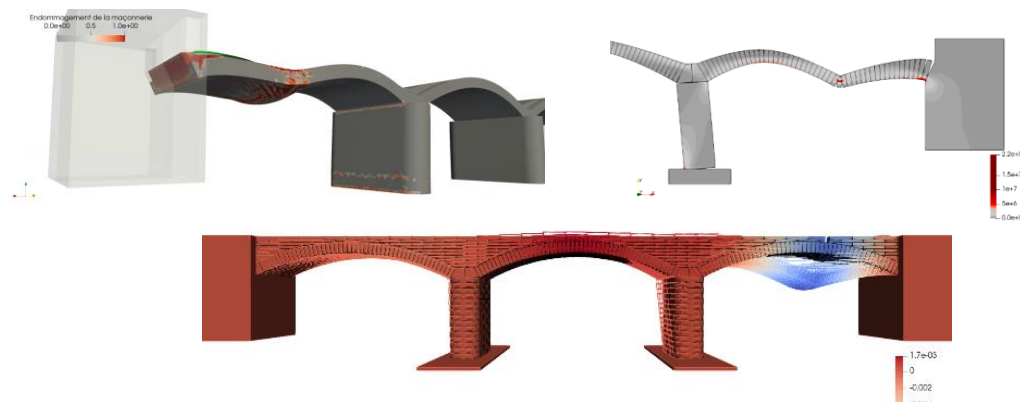
Prestwood Bridge I & II [P. Morenon]

Analyse de sensibilité des paramètres
pour la capacité portante d'un pont à 1 arche



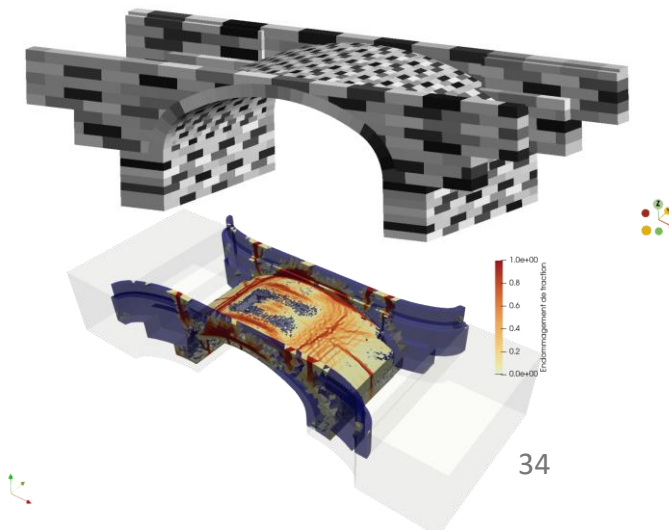
Pont d'Osserain [P. Taforel]

Prédiction / Finalisation plan de charge
et d'instrumentation / post-diction & recalibration



Ponts SNCF-RATP [F. Dubois]

Etude de la réponse des ouvrages
sous chargements normatifs



INSA de Toulouse – Restitution du chantier démonstrateur
d'Osserain – 22 Janvier 2026



Merci de votre attention

Contacts :

Paul TAFOREL, *MiMeTICS*
ptaforel@mimetics-engineering.fr

& Pierre MORENON, *LMDC, INSA Toulouse*
morenon@insa-toulouse.fr

Dolmen

Développement d'Outils et de Logiciels
pour la Maçonnerie Existante et Neuve

MiMeTICS
Engineering Solutions Provider

INSA INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
TOULOUSE
LMDC
Toulouse - Tarbes

Merci de votre attention

Contacts :

GETEC, Benoît Malenfant, benoit.malenfant@getec-so.com

Expert OA, Bernard Jacquier, bernard.jacquier51@orange.fr

Conseils OA, Gérard Viossanges, g.viossanges@gmail.com

Université de Limoges, Sylvie Yotte, sylvie.yotte@unilim.fr

Quadric, Judith Christophe, Judith.CHRISTOPHE@arteliagroup.com

SETEC, Omar Moreno-Regan, omar.moreno-regan@setec.com

Bollinger & Grohmann, Félix Cassiani-Ingoni, fcassiani-ingoni@bollinger-grohmann.fr

Bollinger & Grohmann, Pierre Marquis-Lhuillier, pmarquislhuillier@bollinger-grohmann.fr

INSA Toulouse / Toulouse Tech Transfer, Pierre Morenon et Jules Cinier, morenon@insa-toulouse.fr

MiMeTICS engineering, Paul Taforel, ptaforel@mimetics-engineering.fr

Université de Montpellier / LMGC, Frédéric Dubois, frederic.dubois@umontpellier.fr

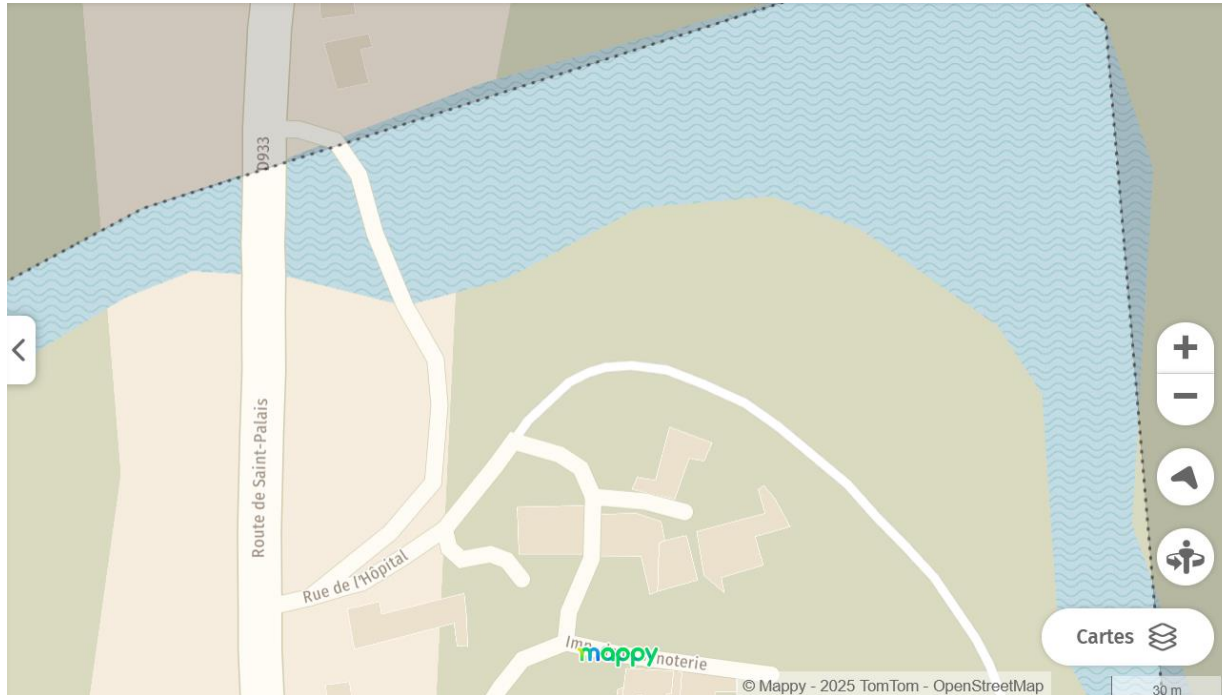
STONO, Marine Bagnérès, bagneris@stono.fr

STONO, Fabien Cherblanc, cherblanc@stono.fr

DolmEn

Développement d'Outils et de Logiciels
pour la Maçonnerie Existante et Neuve





mappy





Développement d'Outils et de Logiciels
pour la Maçonnerie Existante et Neuve