

**Journée de la
recherche Univ
Eiffel-IGN-ENSG**

28 mars 2024

**Nicolas Hautière
UGE/COSYS**

Les jumeaux numériques au service de la sécurité des ouvrages



**Université
Gustave Eiffel**

PROGRAMME NATIONAL PONTS - Appel à projets « Ponts Connectés »

Projet IA² (Indicateur Adimensionnel par Instrumentation et Assimilation de données pour le contrôle de santé des ouvrages : application aux affouillements)

Equipe projet UGE : E. Bourgeois, F. Bourquin, C. Chevalier, S. Hachem, P. Lévêque, G. Perrin, F. Schmidt, D. Siegert, B. Streichenberger, D. T. Vu, J. Waeytens

Projet IA2

Objectifs :

- Conception d'un procédé industriel, sans intervention humaine, sobre en instrumentation sur ouvrage comme en calcul.
- Outil d'aide à la décision qui détecte et localise quelques endommagements typiques, en particulier les pertes de raideur aux fondations des piles, caractéristiques des affouillements.
- IA2 tire parti de la généricité inhérente à deux familles d'ouvrages, les ponts mixtes et les ponts en maçonnerie.

Familles de ponts

Pont mixte sur la Loire (A85)

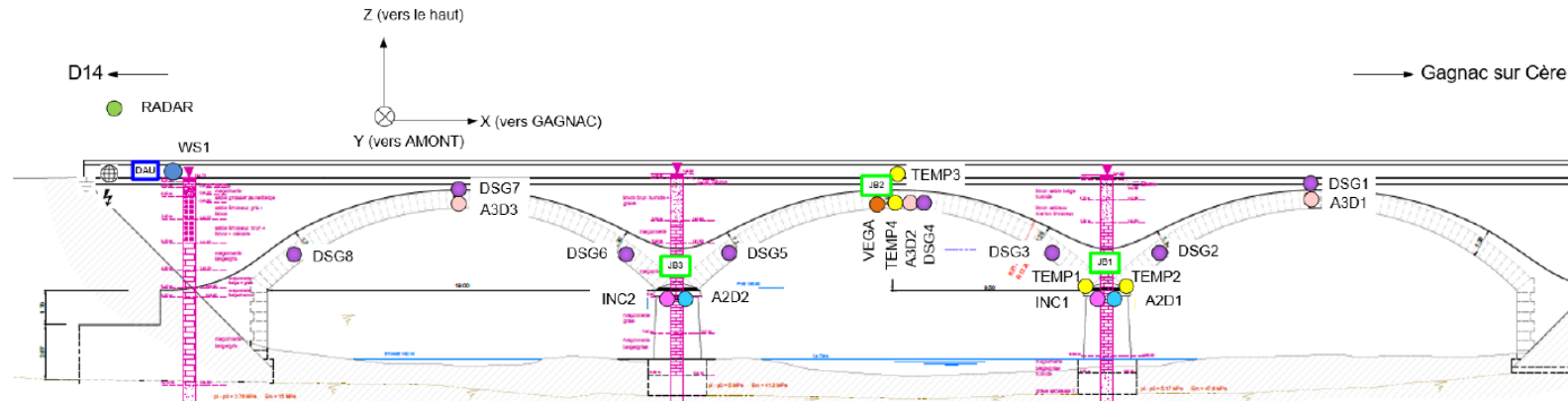


Pont maçonnerie (Gagnac sur Cère)



Cas du pont en maçonnerie (chargement quasi statique)

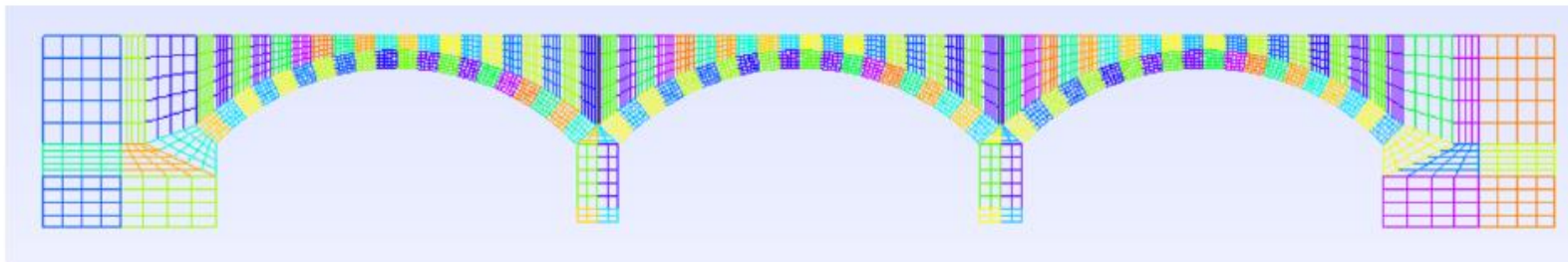
Dossier d'ouvrage + instrumentation



Paramètres,
recalage



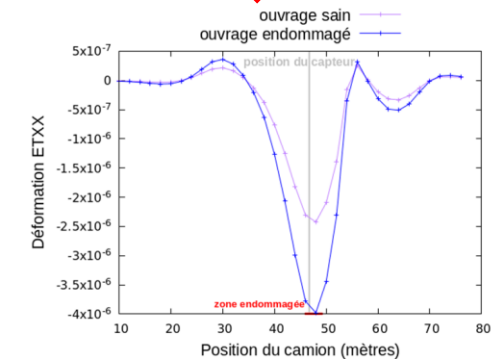
Maquette numérique (CESAR – LCPC)



Optimisation
du placement
des capteurs
(déformation)



Défaut,
« data
driven »

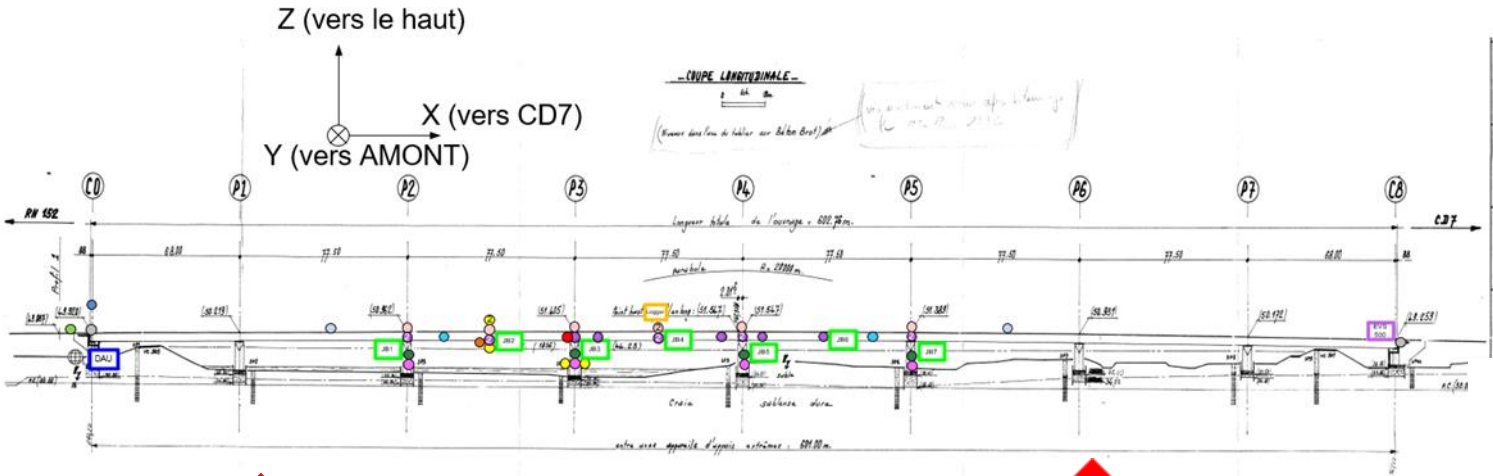


Evaluation du
défaut



cas du pont mixte (excitation ambiante par le trafic)

Dossier d'ouvrage + guide de conception + instrumentation

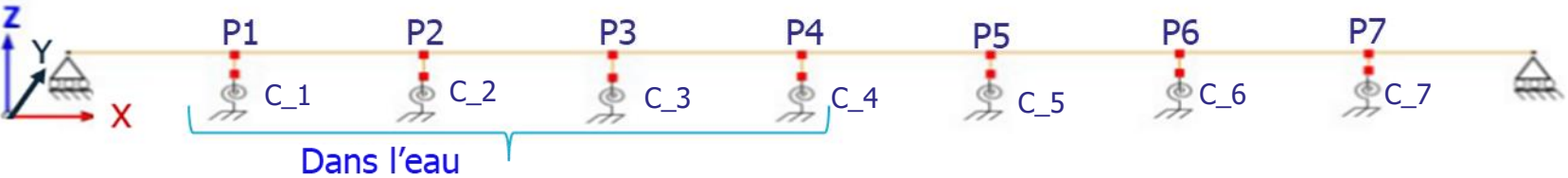


Paramètres
de la
structure

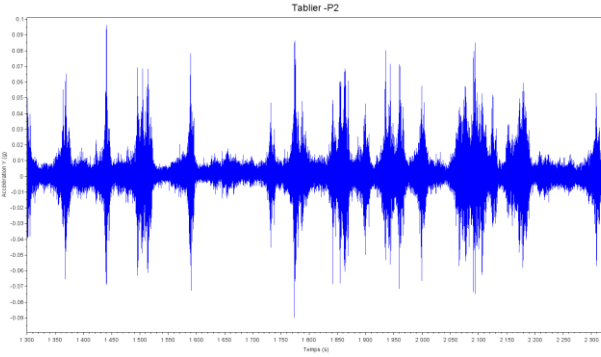


Analyse
modale,
recalage

Maquette numérique (CESAR – LCPC)



Optimisation
du placement
des capteurs
(accélération)



Sélection des fréquences $\left\{ \frac{\delta f}{f} \right\}$



Pertes de raideur de fondation $\left\{ \frac{\delta C}{C} \right\}$

Résultats et enseignements

La validation des méthodes est fondée actuellement sur les maquettes numériques des ponts et sur des scénarios virtuels d'endommagement.

Ponts en maçonnerie

- Approche basée sur la déformation des voûtes.
- Détection d'endommagement, sans calcul, pour un convoi de poids connu.
- Recalage complexe du modèle.

Ponts mixtes

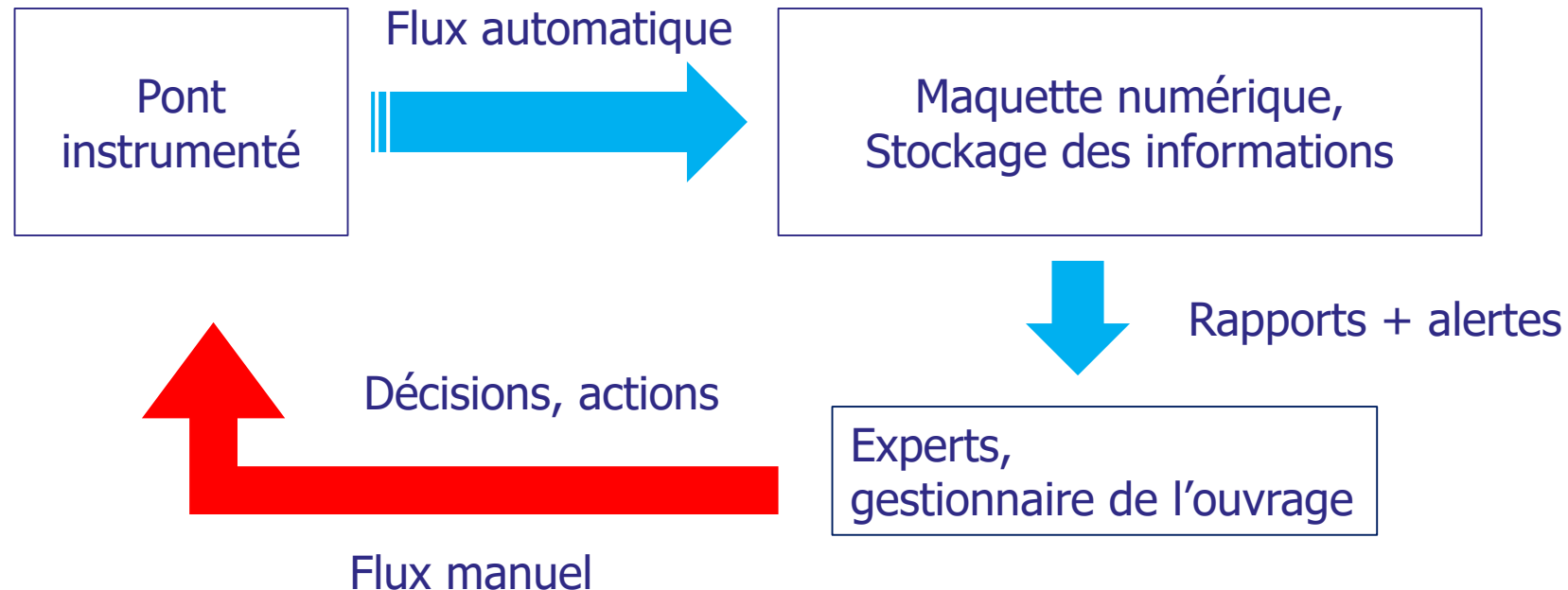
- Approche basée sur la sélection de modes propres sensibles et un calcul de perturbations au premier ordre (à priori, réalisé une fois pour toute).
- Vibrations ambiantes
- Recalage pour apparier les modes expérimentaux et du modèle (raideurs de fondation).

Perspectives

- Modèles thermoélastiques
- Corrélation entre les pertes de raideur un état limite
- Seuil d'alerte
- Systèmes d'excitation dynamiques
- Couplage de la maquette numérique au protocole d'instrumentation et d'analyse modale opérationnelle
- Réalisation d'une preuve de concept
- Jumeaux numériques

Vers un jumeau numérique ?

Flux des mesures vers la maquette numérique pour évaluer et prédire l'état du pont



Besoin industriel ?

Dominique Siegert

Dominique.siegert@univ-eiffel.fr

