



Projet AUDACE (devenu IMPACTS)

Journée instrumentation AFGC Hauts de France /IMGC
4 Juin 2025



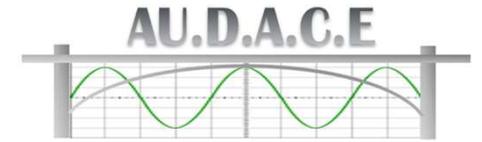
Découvrez sur www.sisgeo.com



Sisgeo est un acteur mondial reconnu dans la conception et la fabrication d'une gamme complète d'instruments de mesure en géotechnique et en auscultation structurelle



LE PROJET : AUto-Diagnostic Après un Choc Endommageant



Objectif du projet : mise au point d'une solution composée de capteurs connectés et d'un algorithme intégrant de l'IA afin qu'elle soit adaptable à l'ensemble des ponts potentiellement soumis à l'aléa « heurt »



PME - Industriel

Conception et développement de capteurs autonomes connectés (IoT)

Mise à disposition des données



EPSCP - Partenaire scientifique

Développement des algorithmes pour le traitement intelligent des données pour la détection des heurts et le diagnostic des conséquences



Grande Entreprise – Gestionnaire d'ouvrages

Apport des compétences métier, critique des résultats attendus

Mise à disposition des OA pour les expérimentations dans les règles de sécurité en vigueur



LE CONSTAT DE DEPART

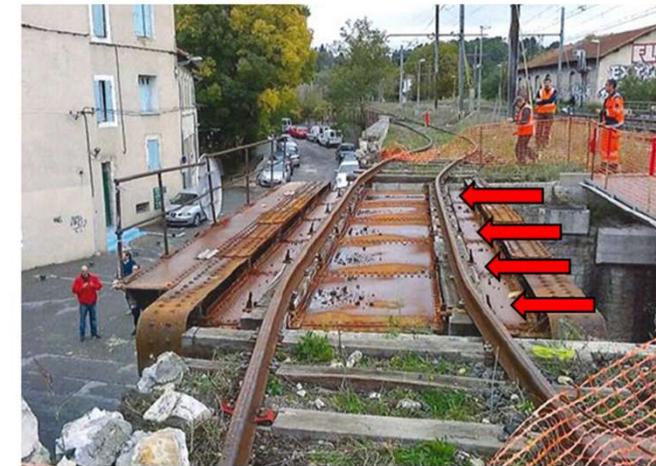
Heurts : ~80% des incidents répertoriés sur les ponts rail gérés par SNCF Réseau

Instrumentation classique

- Systèmes **complexes** et couteux nécessitant des prestataires experts
- Câblages de signal/alimentation **difficiles** à mettre en œuvre et à protéger
- Interprétation **chronophage** et compliquée
- Maintenance **lourde**
- Calibrage de seuils d'alerte **délicat**

Conséquences

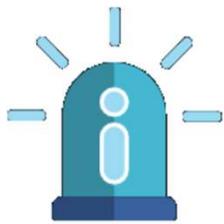
⇒ Nombreux heurts non détectés ou à posteriori notamment lors des visites périodiques



L'OBJECTIF DU PROJET AUDACE

Apport d'information en temps réel au gestionnaire d'ouvrages sur :

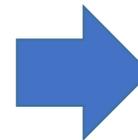
- Survenue d'un incident lié au heurt d'un tablier > *détection*
- Conséquences sur la structure grâce à un algorithme intégrant l'IA > *compréhension*
- Besoin d'une maintenance ou d'une expertise voire arrêt circulation > *décision*



Détection d'un heurt de tablier par IoT



Analyse et caractérisation par l'IA des conséquences sur la structure



Indicateurs pour la prise de décision

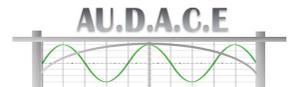
ACQUISITION ET TRAITEMENT DES DONNEES

Adaptation de la solution Ad-Signum

=> suivi en continu - détection – caractérisation – information (données et photo)



Capteur « Probe 2 » de la solution Ad-Signum



La solution AD-SIGNUM

Solution passive, utilisant le bruit ambiant, pas d'excitation nécessaire, capteurs PROBE-2 hybrides

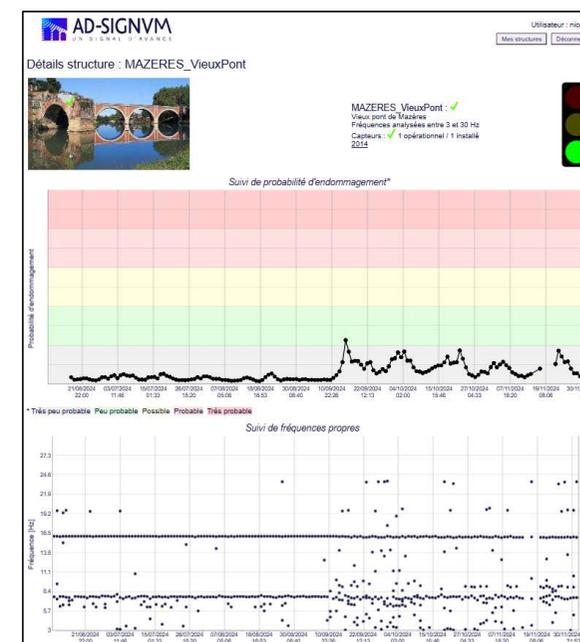
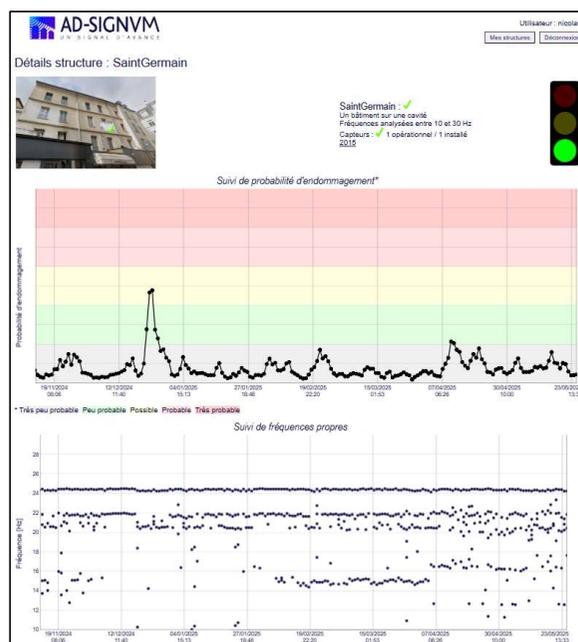
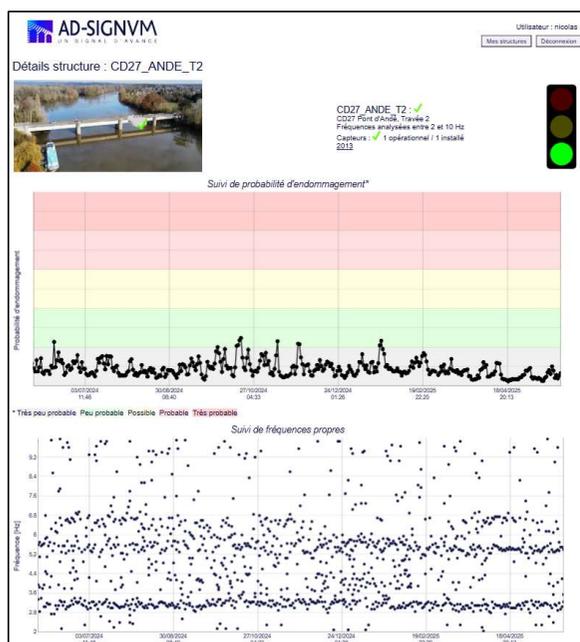
- très sensible (géophones) : capables de mesurer l'imperceptible
- très grande dynamique (accéléromètre MEMS) : capable de quantifier des chocs
- très faible empreinte sur site : peu de points de mesure, autonome

Service mixte :

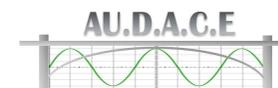
- Analyse Fréquentielle Opérationnelle *in situ* pour le suivi global automatique et continu de l'état structurel
- mais aussi : détection de chocs avec analyse spectrale *in situ* (Edge Computing).



AD-SIGNUM
UN SIGNAL D'AVANCE



Exemples de structures sous surveillance continue



La solution AD-SIGNUM



Feu rouge : attention, la structure a changé, l'ouvrage nécessite une inspection

Feu orange : le système de surveillance est partiellement défaillant

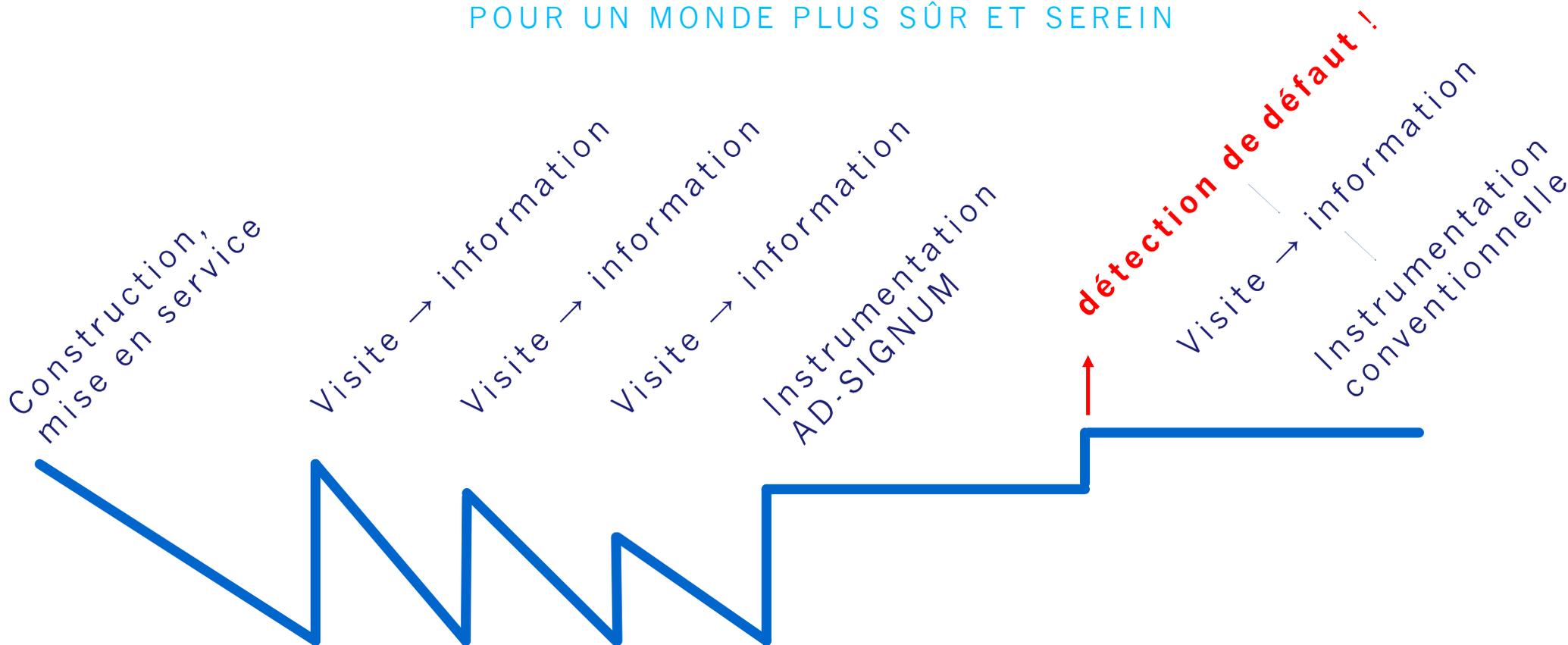
Feu vert : aucun changement structurel détecté, l'instrumentation fonctionne correctement... sérénité préservée

L'indicateur de modification de la réponse vibratoire de la structure est issu d'un calcul statistique basé sur l'évolution de la cohérence de répartition des fréquences propres sur une période de quelques jours comparée aux données plus anciennes.

La solution AD-SIGNUM



POUR UN MONDE PLUS SÛR ET SEREIN



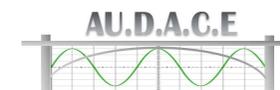
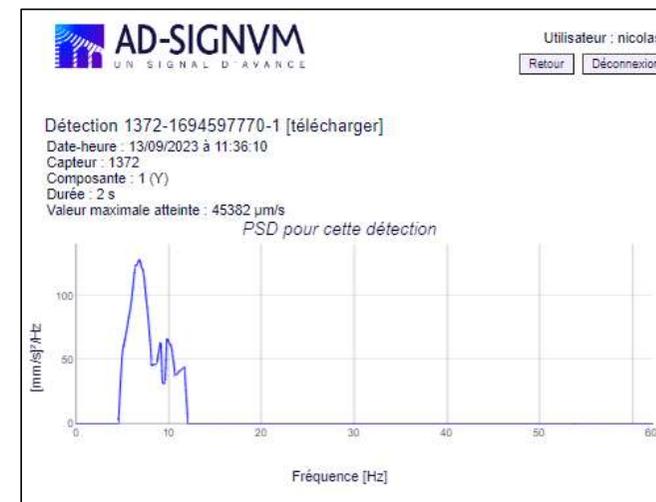
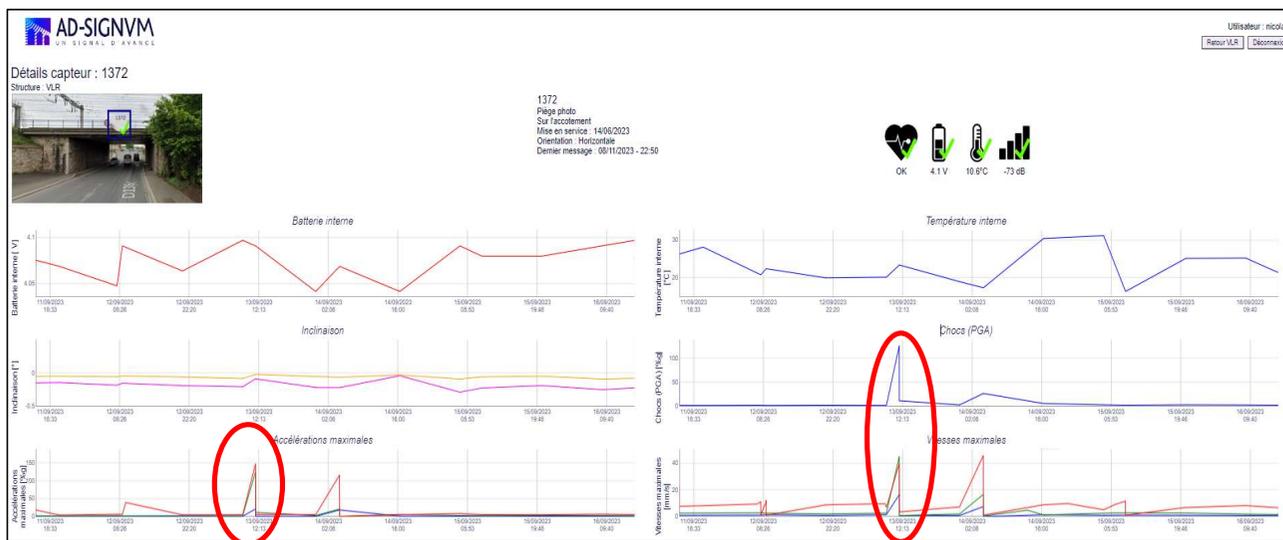
Niveau de connaissance de l'état de la structure

=> *Optimisation des opérations de maintenance et détection préventive*

ADAPTATION DE L'AD-SIGNUM POUR AUDACE

3 adaptations apportées liées aux besoins du projet AUDACE :

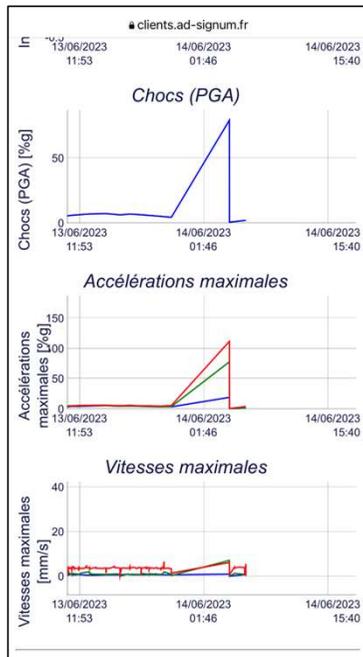
1. Pics d'accélération et de vitesse pour chacune des composantes : X, Y, Z
2. Extraction des spectres pour chacun des événements
3. Sortie OUTPUT pour déclencher une action sur franchissement de seuil => photo



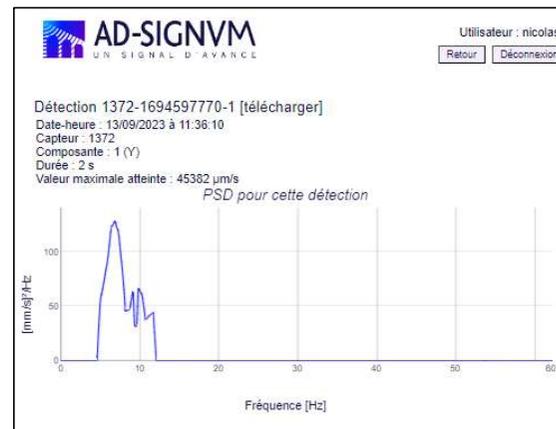
DETECTION D'UN HEURT (événement anormal)



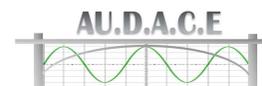
Détection



Caractérisation



SMS & prise de photo



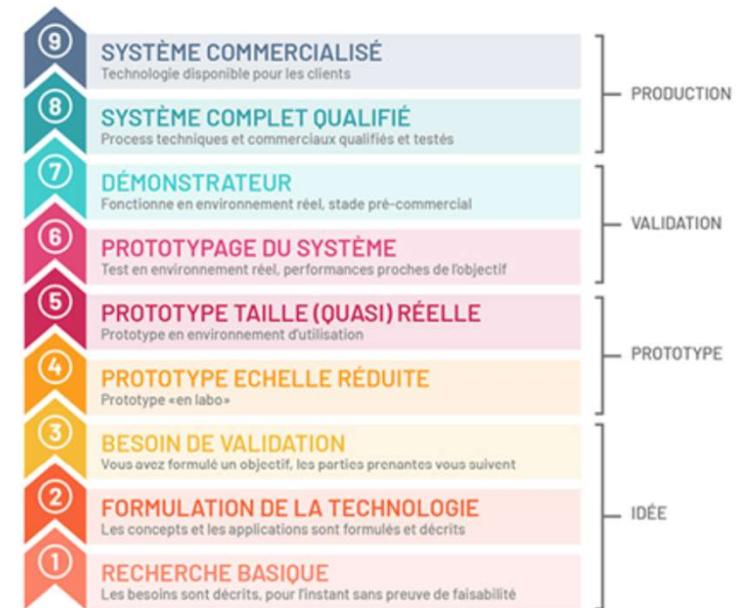
RESULTATS OBTENUS

- Suivi et analyse des données (situation normale / exceptionnelle)  100 %
- Développement de l'autonomisation et de la connexion permanente de capteurs sélectionnés  100 %
- Développement des algorithmes intégrant l'IA pour la caractérisation et l'aide à la prise de décision  100 %
- Réalisation de prototypes IoT et mise en place sur ouvrages  100 %
- Développement de la visualisation intuitive sur la base des résultats  80 %
- Ajustement des algorithmes intégrant l'IA  80 %
- Calage des seuils  80 %

MATURITE TECHNOLOGIQUE

TRL de SORTIE ~7

- ‘AD-SIGNUM’ pour la détection et le suivi de l’état structurel : **TRL 9**
- Algorithme intégrant l’IA pour la caractérisation automatisée des heurts : **TRL 7**



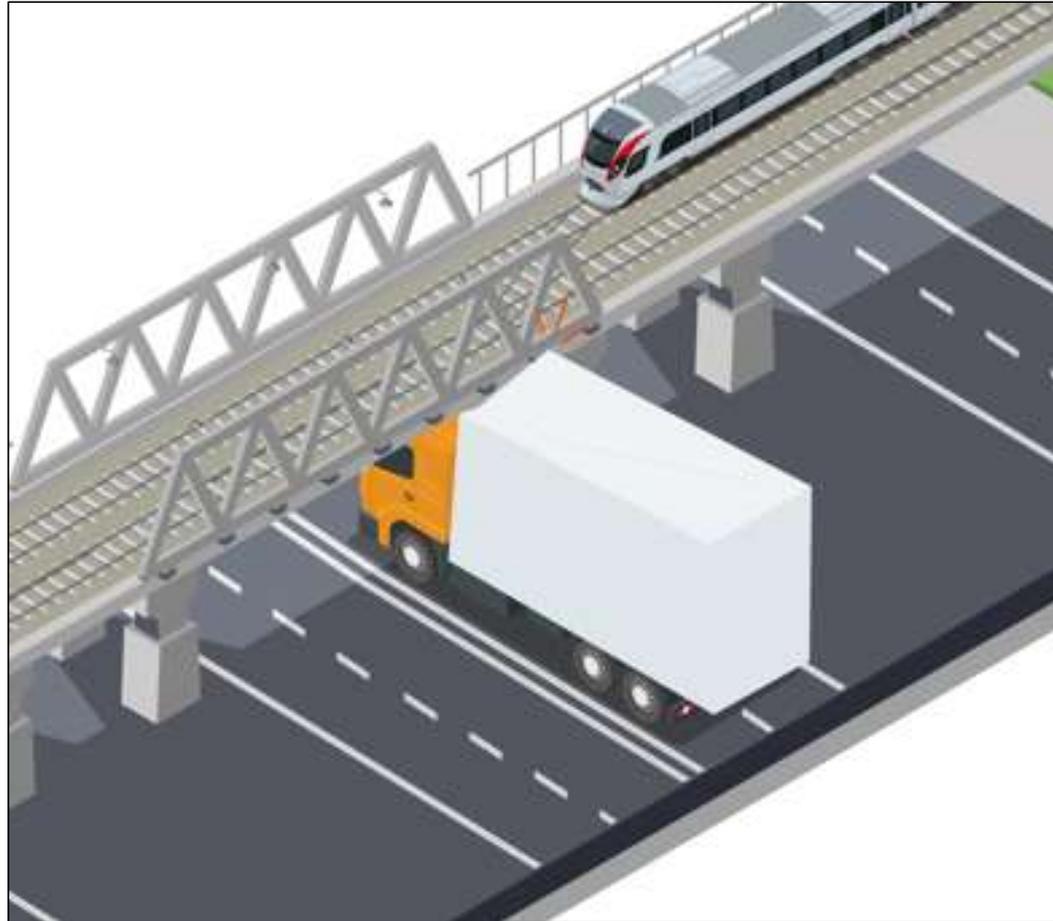
*Echelle de maturité technologique
Technology Readiness Level (TRL)*

Publication : Judenherc, S., Poitrineau, N. (2023). Continuous SHM of Railway Bridges Based on Vibration Analysis of Qualitative, Selected, Asynchronous Data. In: Limongelli, M.P., Giordano, P.F., Quqa, S., Gentile, C., Cigada, A. (eds) Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering Structures. EVACES 2023. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 432. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-39109-5_16

AUDACE... la suite ! => solution « **IMPACTS** »



**INTEGRATED
MONITORING
PROCESS FOR
ANALYSING
CRITICAL
TRANSPORT
STRUCTURES**



Systeme IMPACTS



Dernières étapes pour atteindre le TRL 9

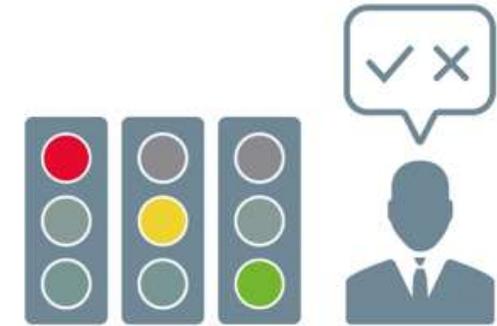
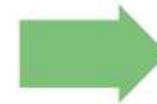
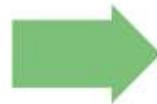
- Intégrer plusieurs types d'ouvrages
- Calage automatique des seuils
- Intégration de l'ensemble des données dans une plateforme dédiée



Systeme IMPACTS



Principe de fonctionnement automatisé



Suivi continu de la signature vibratoire de la structure et détection automatique d'un événement exceptionnel sur franchissement de seuils prédéfinis

Caractérisation automatique de l'événement par un algorithme embarqué et évaluation de ces conséquences sur la structure

Déclenchement d'indicateurs pour la prise de décision (photo, modification de la signature vibratoire de l'ouvrage, déplacements, etc)





NUMOXGS N46.55'33" E001.26'33" 50F 10C 01/04/2025 14:29:35

00000000VLR (78F 26C 15/06/2023 11:11:00

NUMOXGS



NUMOXGS N46.55'34" E001.26'33" 48F 8C 25/04/2025 13:57:41





Le système aurait pu s'appeler « TICP »





IMPACTS

MERCI POUR VOTRE ATTENTION !

Nicolas POITRINEAU – 07.89.64.02.36
Directeur SISGEO France
nicolas.poitrineau@sisgeo.com