



Belgisch **Wegen**congres
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022

Instrumentation au service de la gestion des ponts

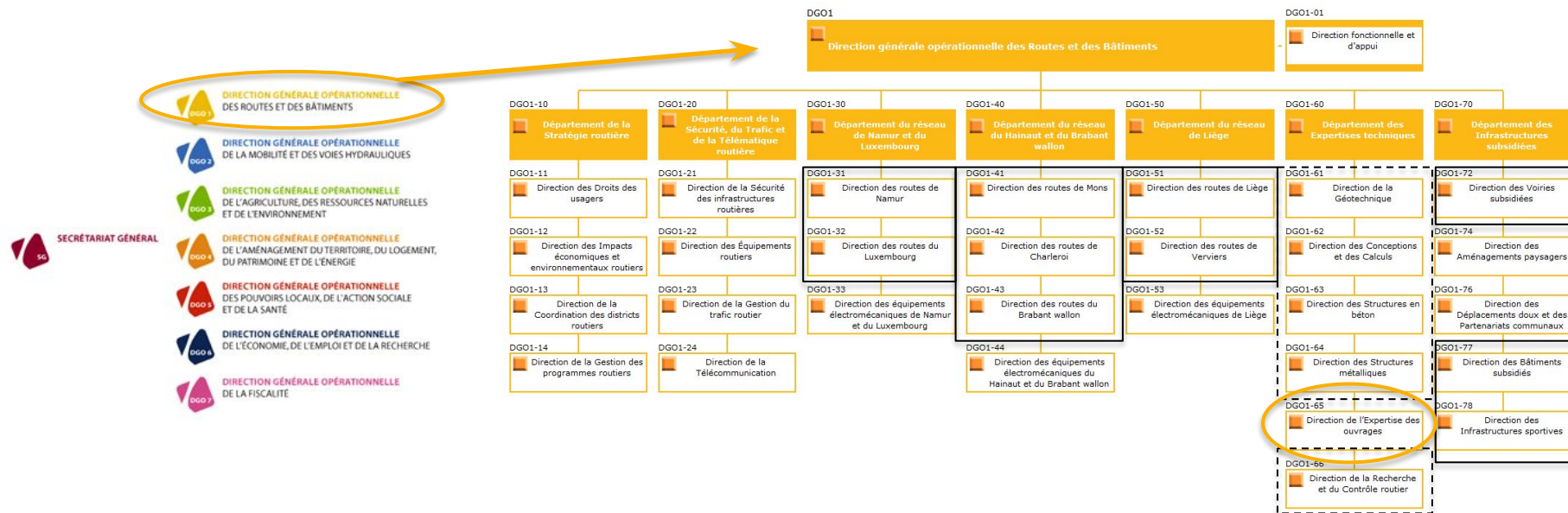
Sébastien Flawinne

Ingénieur des constructions – Direction de l'Expertise des Ouvrages – SPW MI





Direction de l'Expertise des Ouvrages





Missions de la Direction

- Organiser la gestion des 6.000 ouvrages du SPW MI
- Organiser des formations techniques « ponts » pour les agents du SPW MI
- Réaliser des expertises spécifiques
- Organiser le monitoring temporaire ou continu d'ouvrages
 - Cellule instrumentation : 2 ingénieurs et 1 gradué
 - Compétence interne pour la plupart des demandes :
 - Achat matériel
 - Mise en place des capteurs et dataloggers
 - Transmission des données sur la cloud
 - Traitement et analyse
 - Pour des cas spécifiques, collaboration avec des spécialistes



Instrumentation



*Suivi des paramètres d'un ouvrage
en « continu » via capteurs*

Instrumentation d'ouvrages

Trois objectifs possibles d'une instrumentation

Suivi sécuritaire

Aide à la décision

Prolongement de
la durée de vie





Instrumentation d'ouvrages

Plupart des instrumentations d'ampleur « limitée » □ celles-ci sont entièrement gérées par le SPW

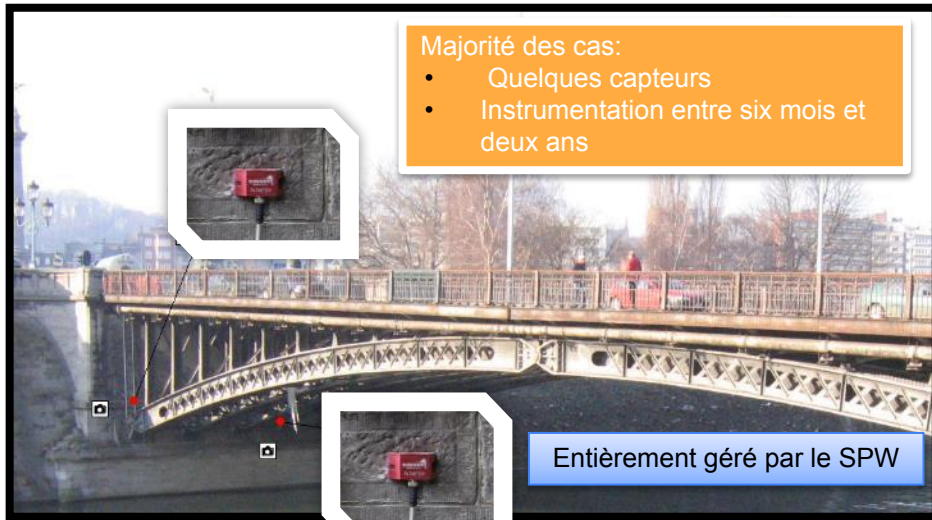
Cas assez rare



Géré par le SPW ou externe

Majorité des cas:

- Quelques capteurs
- Instrumentation entre six mois et deux ans



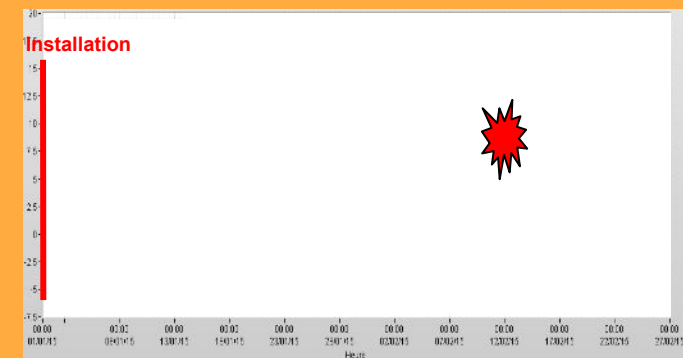
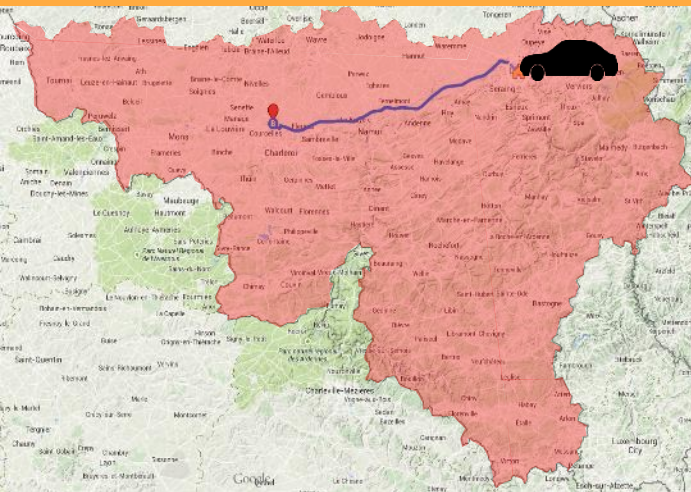
Entièrement géré par le SPW



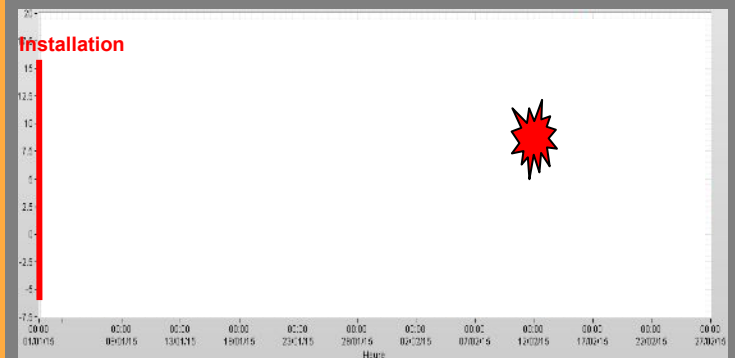
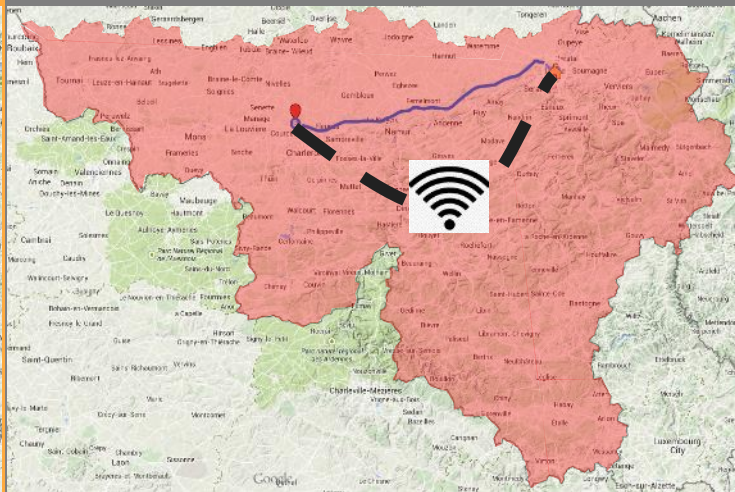
Belgisch **Wegencongres**
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022

INSTRUMENTATION CLASSIQUE



INSTRUMENTATION PAR TELEMEASURE



La télémesure

Mesures rapatriées
automatiquement via
4G, LoRa...



INSTRUMENTATION CLASSIQUE

AU MOMENT DE L'AGGRAVATION DE SITUATION

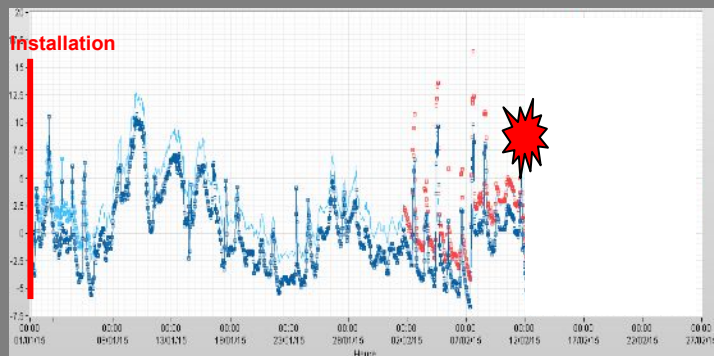
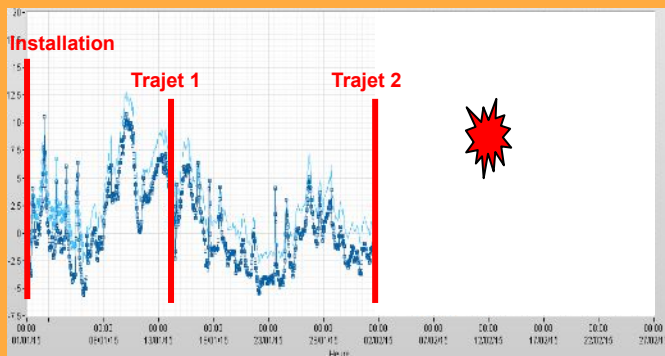


INSTRUMENTATION PAR TELEMEASURE



La télémessure

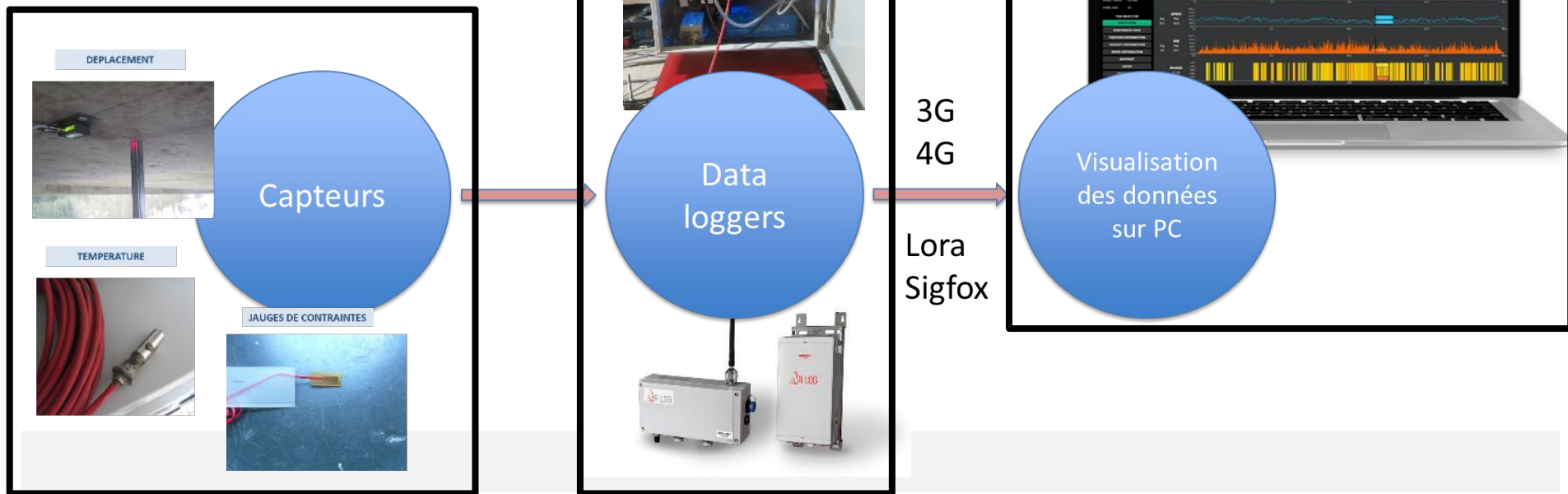
En cas de problème,
réaction directe...





La télémesure

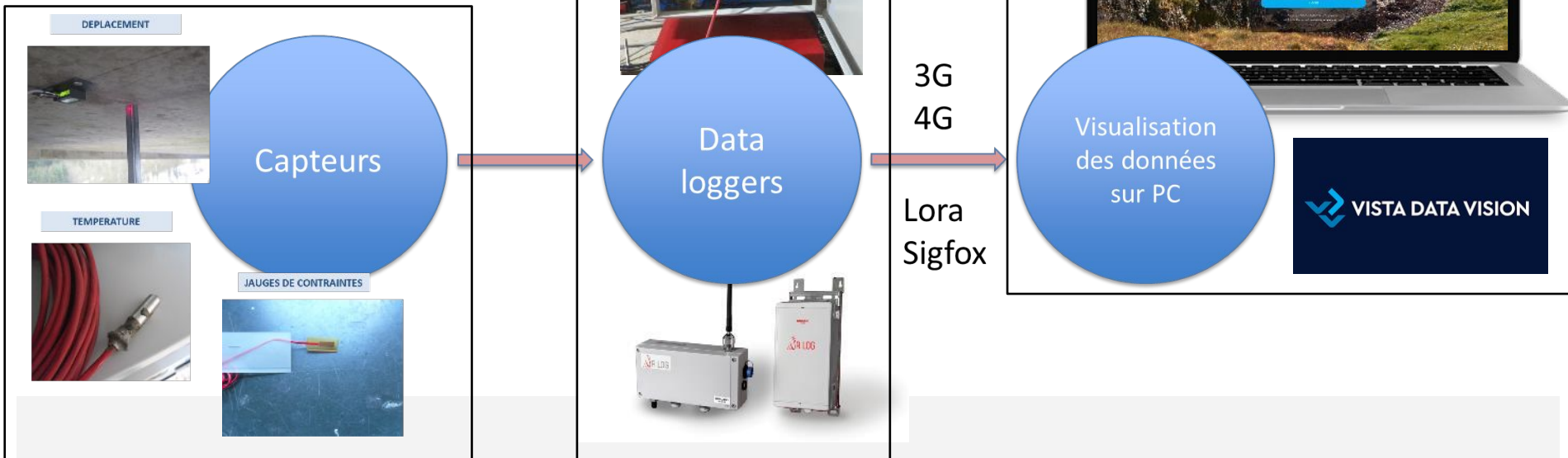
Chaine de mesure composée
de trois pôles





La télémesure

Le SPW possède ses capteurs,
dataloggers et licences de
plateforme WEB





Fonctionnalités de VDV

Affichage des mesures sur divers types de graphes

Système de comptes utilisateurs avec accès personnalisés

Real time display

Outil de reporting automatique

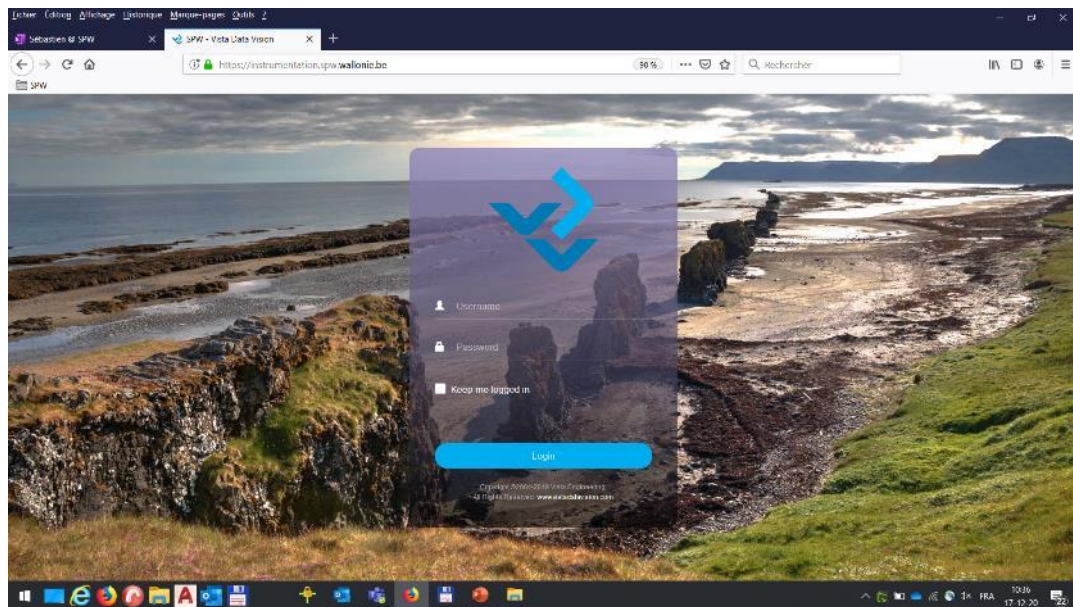
Création de dashboards de présentation

Variables virtuelles

Système d'alertes et alarmes

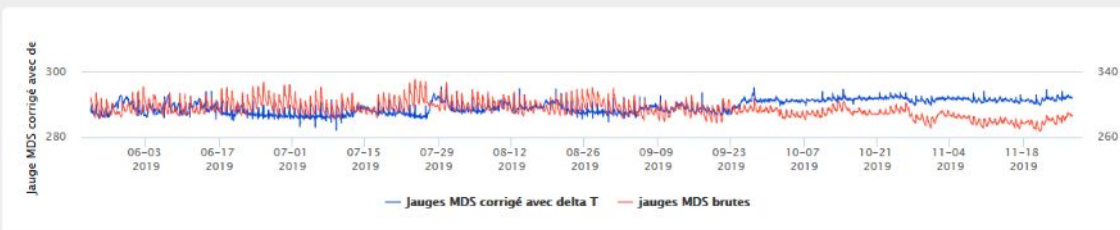
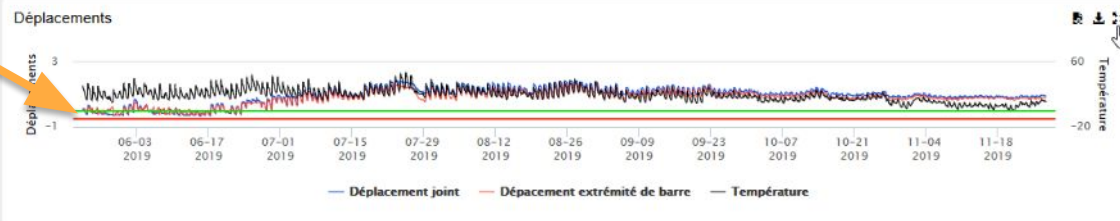
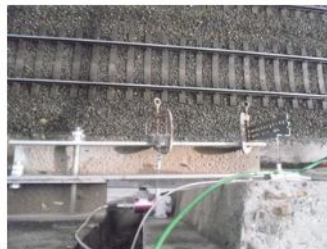
Compatible GIS et webcam

...





Traits représentant des
seuils d'alarmes





Fonctionnalités de VDV

Affichage des mesures sur divers types de graphes

Système de comptes utilisateurs avec accès personnalisés

Real time display

Outil de reporting automatique

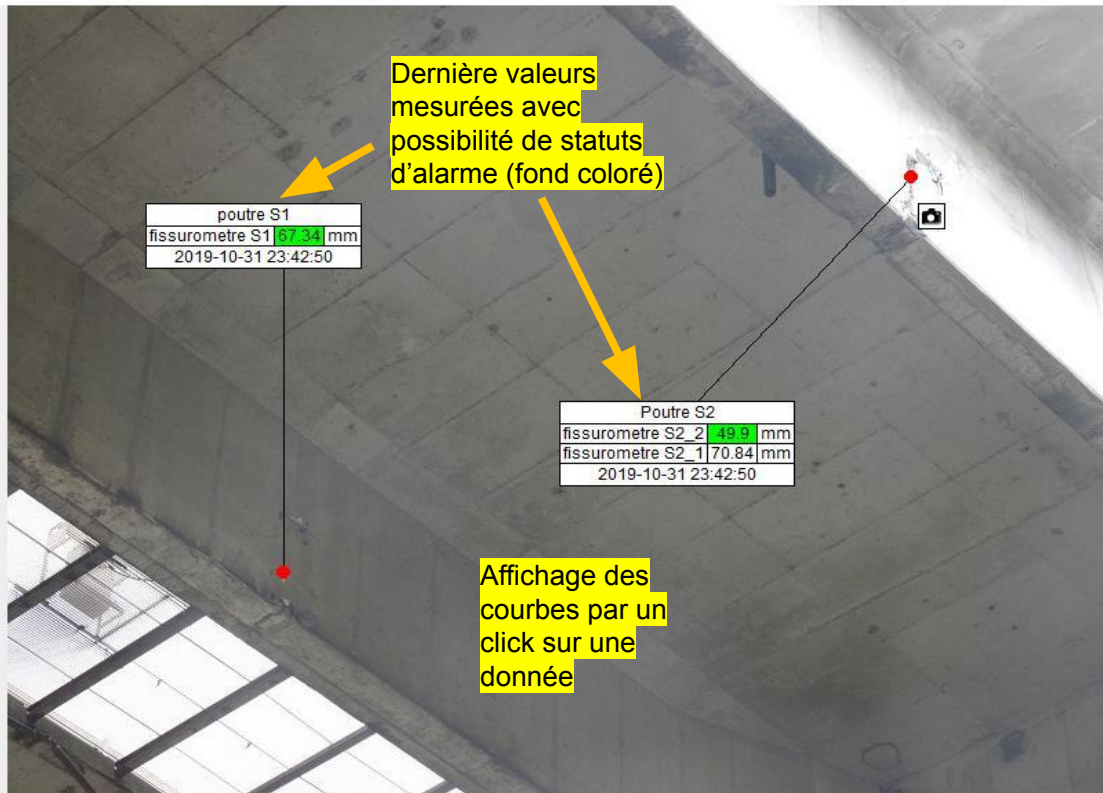
Création de dashboards de présentation

Variables virtuelles

Système d'alertes et alarmes

Compatible GIS et webcam

...





Belgisch **Wegencongres**
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022



Fonctionnalités de VDV

Affichage des mesures sur divers types de graphes

Système de comptes utilisateurs avec accès personnalisés

Real time display

Outil de reporting automatique

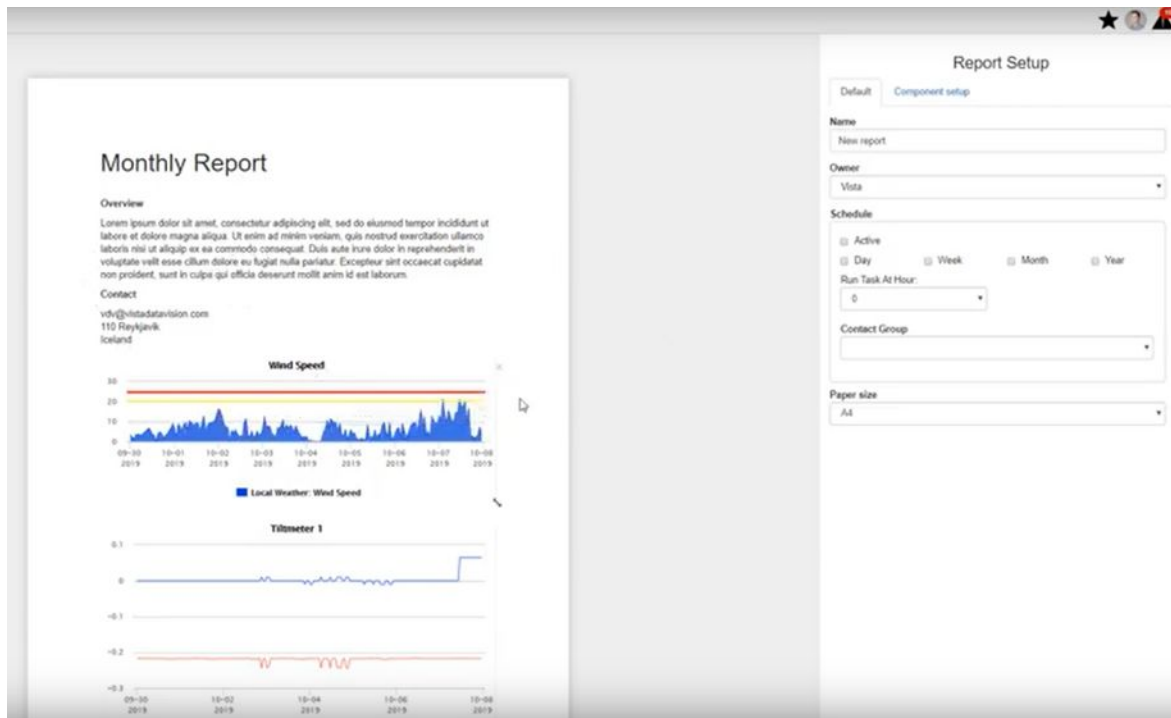
Création de dashboards de présentation

Variables virtuelles

Système d'alertes et alarmes

Compatible GIS et webcam

...



Instrumentation du mur de soutènement de la sortie 34 de l'A602 (BDOA 12218)

But de l'intervention : contrôle du basculement sur le domaine infrabel

1. OBJET

Une partie du mur de soutènement présente une inclinaison en direction de la ligne de chemin de fer reliant Liège à Bruxelles.

Sur proposition de la Direction des Etudes de ponts, un système composé de deux poutres métalliques, destiné à reporter les poussées des terres sur une partie stable du mur, a été mis en oeuvre.

Afin de contrôler le comportement du mur et le bon fonctionnement de la solution, une instrumentation a été mise en place par la Direction de l'Expertise des Ouvrages.

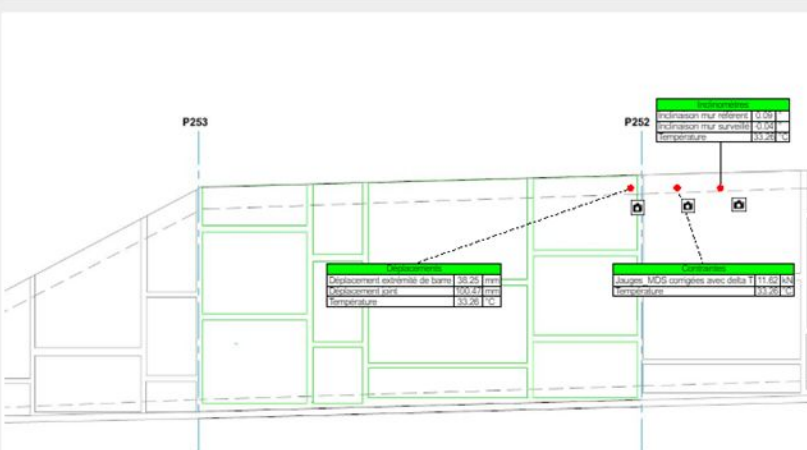


Le graphe ci-dessous renseigne les dernières valeurs collectées pour les différents capteurs placés sur le mur. En cliquant sur les boîtes de valeurs, les courbes des capteurs sont visualisables.

Les icônes photos permettent, en cliquant dessus, de faire apparaître les photos des capteurs mis en place.

L'instrumentation se compose des capteurs suivants:

- A) Deux capteurs de déplacement mesurant les déplacements en tête du mur incliné
- B) Deux couples de jauges de contraintes mesurant les efforts dans les tiges
- C) Deux inclinomètres, dont un placé sur la portion à surveiller et l'autre sur la portion adjacente
- D) Une sonde de température, placée sur une des poutres métalliques.



Deux alarmes ont été placées:

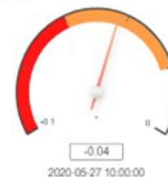
1. Alarme sur les efforts dans les jauges de contrainte sur les tiges
2. Alarme sur l'inclinaison du mur surveillé

Les jauges suivantes montrent les valeurs en cours de ces deux alarmes et les seuils d'alarme (en orange) et alerte (en rouge) associés

Efforts dans les barres en temps réel

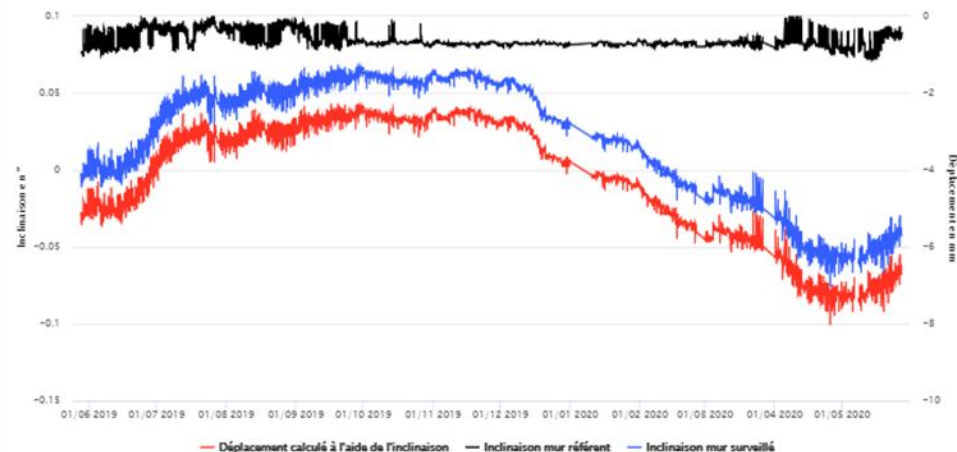


Inclinaison du mur surveillé



Le graphe ci-dessous montre l'inclinaison du mur surveillé (en bleu) et le déplacement calculé à l'aide de cette inclinaison (en rouge). L'inclinaison du mur référent est représenté en noir.

Inclinaisons et déplacements des têtes de mur



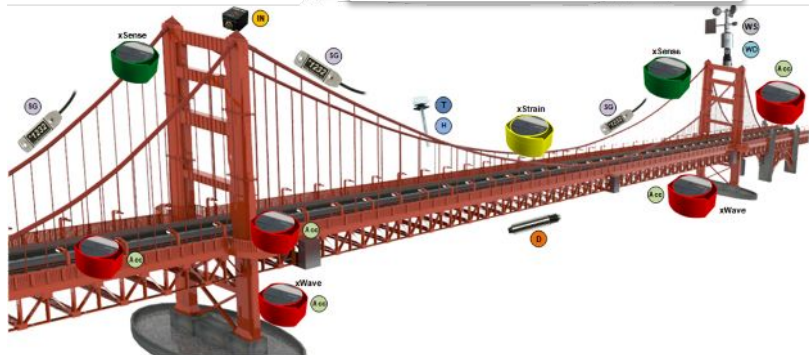


Plateforme WEB

Toutes les données (même externes) passent par notre plateforme



Instrumentation complexe ☐
peut être gérée en externe



Instrumentation limitée ☐ entièrement
gérée par le SPW

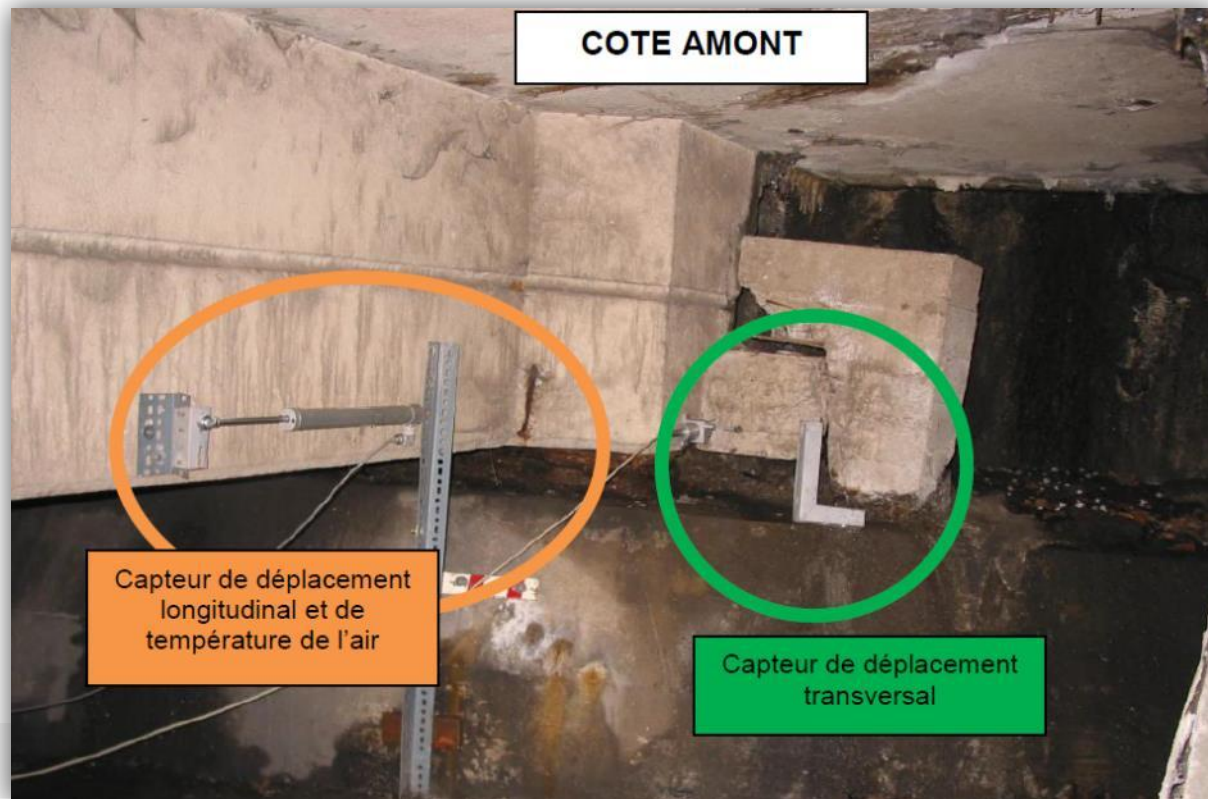


CAS CLASSIQUE: SUIVI D'APPUIS ET JOINTS



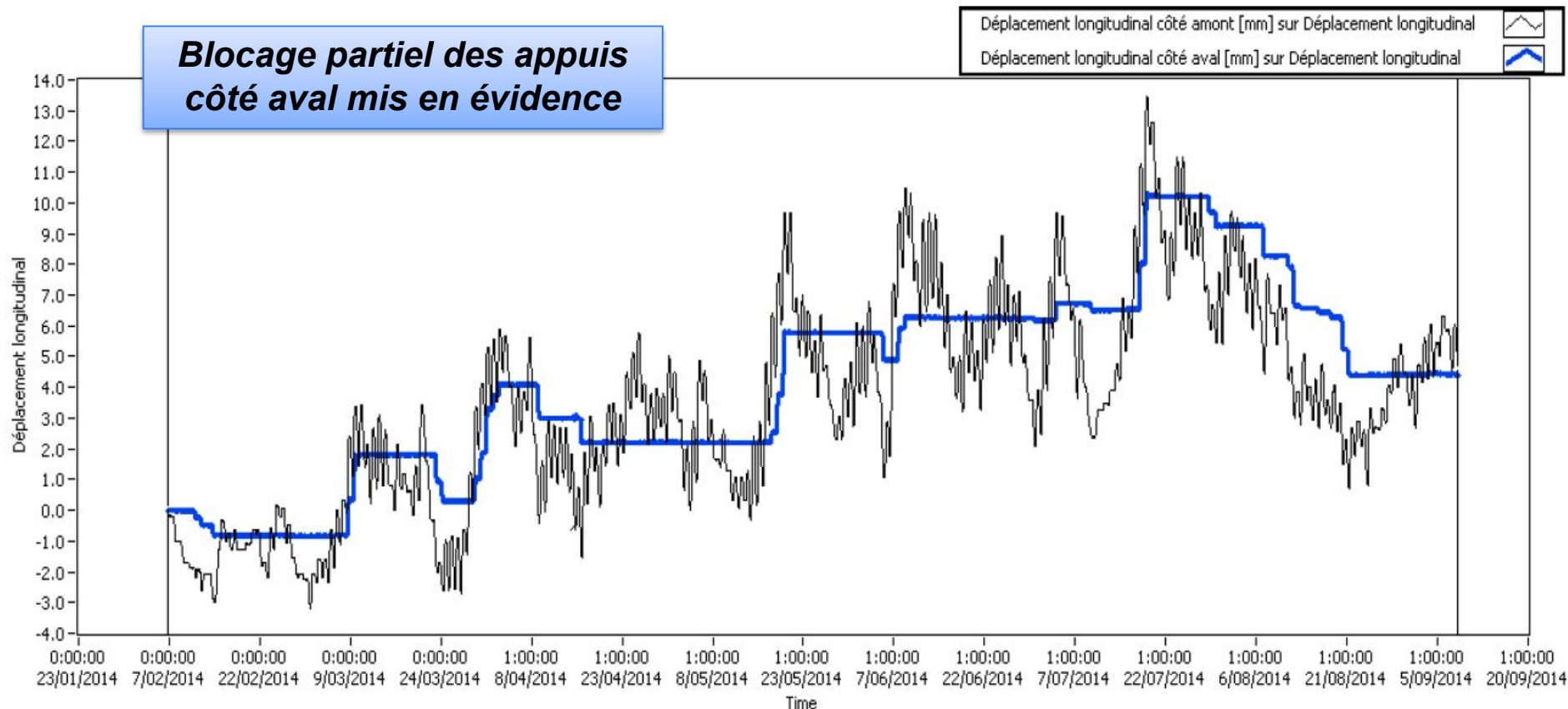


**Mesure des
déplacements du pont
par rapport à la culée**





***Blocage partiel des appuis
côté aval mis en évidence***



MESURE DE TENSION DES HAUBANS





Monitoring en continu

- Pont de Lanaye
- Pont du Pays de Liège
- Pont de Wandre



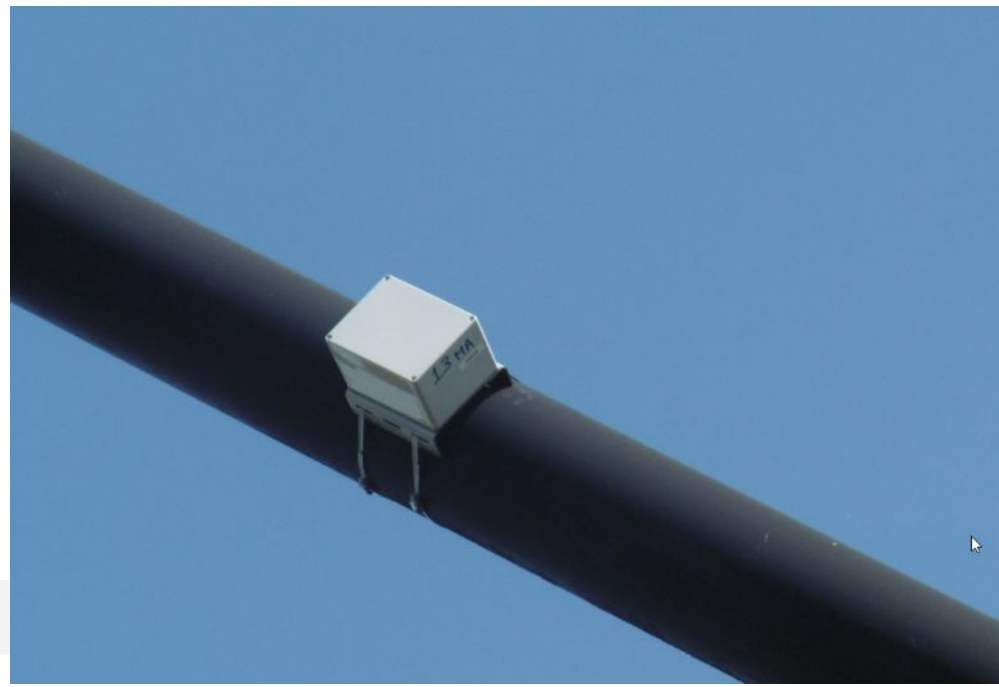


Belgisch **Wegencongres**
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022



Mesure des tensions par capteurs sans fil



Logiciel de suivi en continu – gestion des alertes et alarmes

Monitoring haubans Lanaye

09/03/2021 08:55:05 - 09/03/2022 08:55:05

Introduction

Le pont de Lanaye est pont haubané en béton de 232 m de longueur, permettant à une route communale, reliant les villages de Lanaye et d'Elsen-Emael, d'embarquer le Canal Albert.

Les haubans, au nombre de trente, se répartissent en quatre nappes à partir de deux pylônes, situés à l'amont et à l'aval du pont en rive droite, de la manière suivante :

- deux nappes de dix haubans, soutiennent le tablier du pont ;
- deux nappes de cinq haubans ancrés en rive droite équilibrent les efforts sur les pylônes.

Dans le cadre de la mise en oeuvre d'une politique de suivi plus régulier des haubans, et suite à des problèmes de corrosion ayant conduit au remplacement des deux haubans les plus long supportant le tablier, cet ouvrage a été choisi comme premier cas de mise en application du système de monitoring développé conjointement avec l'Université de Liège et la société V2i.

L'instrumentation se compose de l'équipement suivant :

- 30 boîtiers contenant un accéléromètre tri directionnel, d'une sonde électronique permettant et la transmission des données assurant l'air
- Une station d'acquisition recueillant les données tensions des haubans vibratoires et à l'aide d'un modèle paramétrique développé par l'univ

Vue de situation

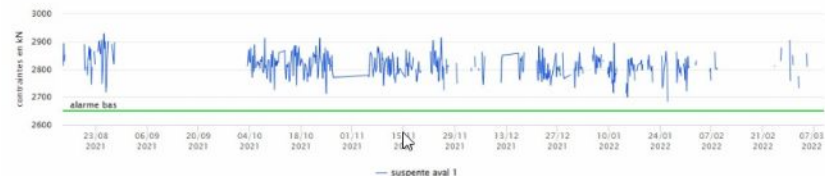
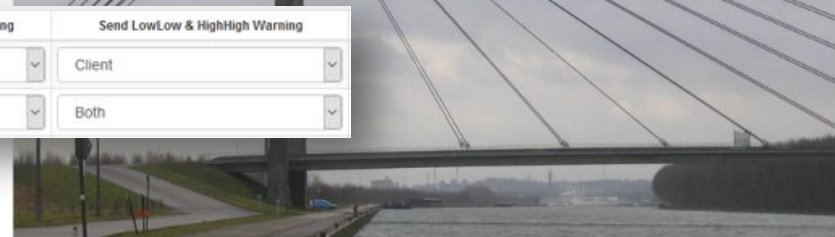
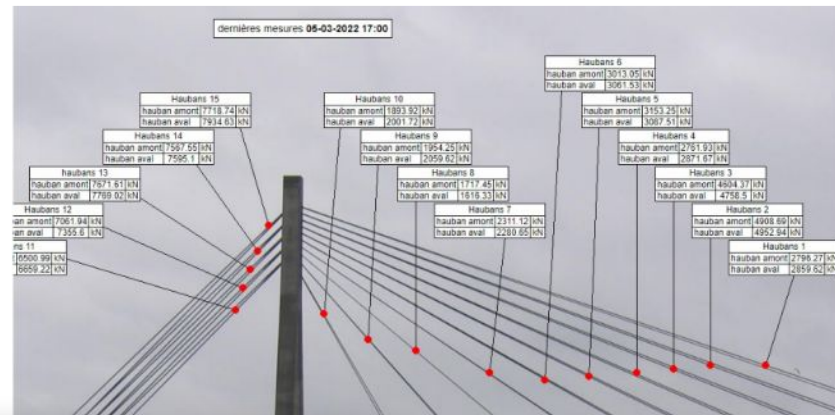
Variable	Monitor	Low Low	Low	High	High High	Send Low & High Warning	Send LowLow & HighHigh Warning
hauban 1	<input checked="" type="checkbox"/>	170	205	255	290	Maintenance	Client
hauban 11	<input checked="" type="checkbox"/>	290	345	425	480	None	Both



Instrumentation

L'instrumentation se compose de l'équipement suivant :

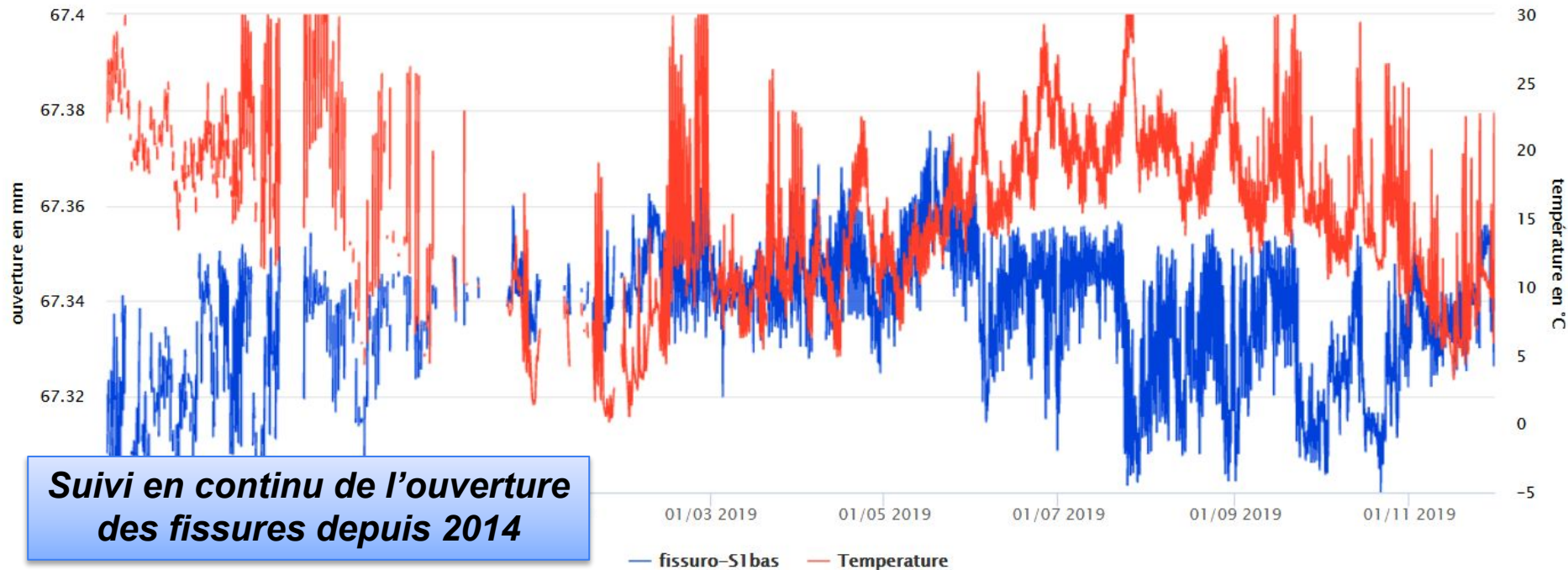
- 30 boîtiers contenant un accéléromètre tri directionnel, d'une sonde de température, de l'électronique permettant la lecture des capteurs et la transmission des données sans fil et des batteries assurant l'autonomie du matériel ;
- Une station d'acquisition et de traitement, recueillant les données des boîtiers, calculant les tensions des haubans à partir des signaux vibratoires et à l'aide d'un modèle paramétrique développé par l'Université et transmettant les données reçues vers un serveur ;
- un panneau solaire et des batteries assurant l'alimentation de la station.



EXEMPLE DU VIADUC DE VIESVILLE



Fissures importantes sur les poutres par excès d'effort tranchant



EXEMPLE DU VIADUC D'ATHUS



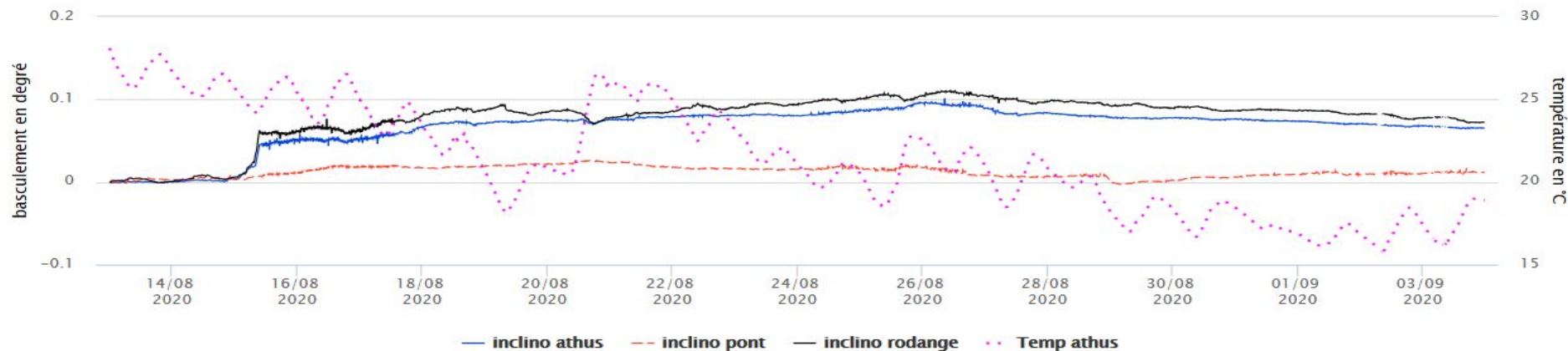
***Tunnel « poussé » à 1,5m de la
culée d'un ouvrage SPW***



***Tunnel « poussé » à 1,5m de la
culée d'un ouvrage SPW***



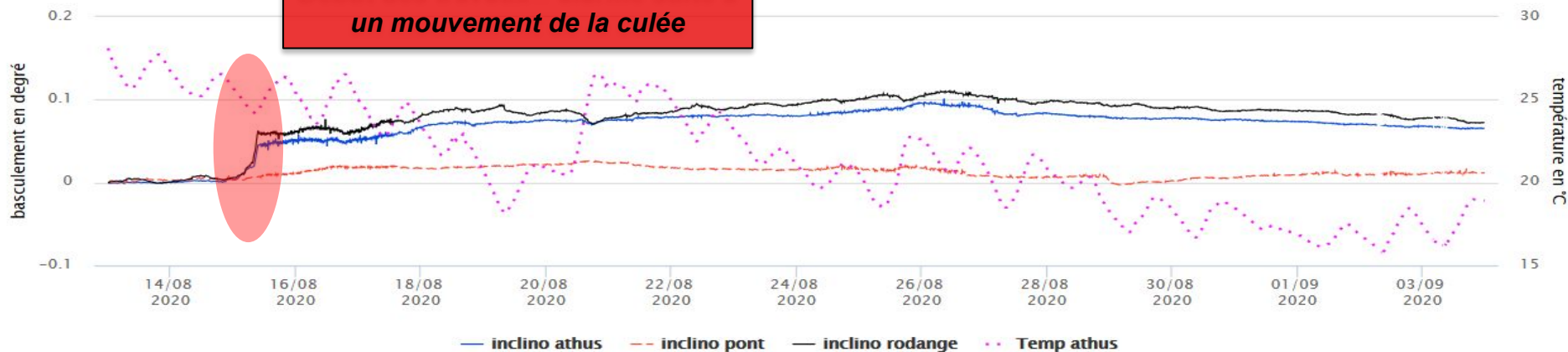
Instrumentation de la culée par inclinomètres

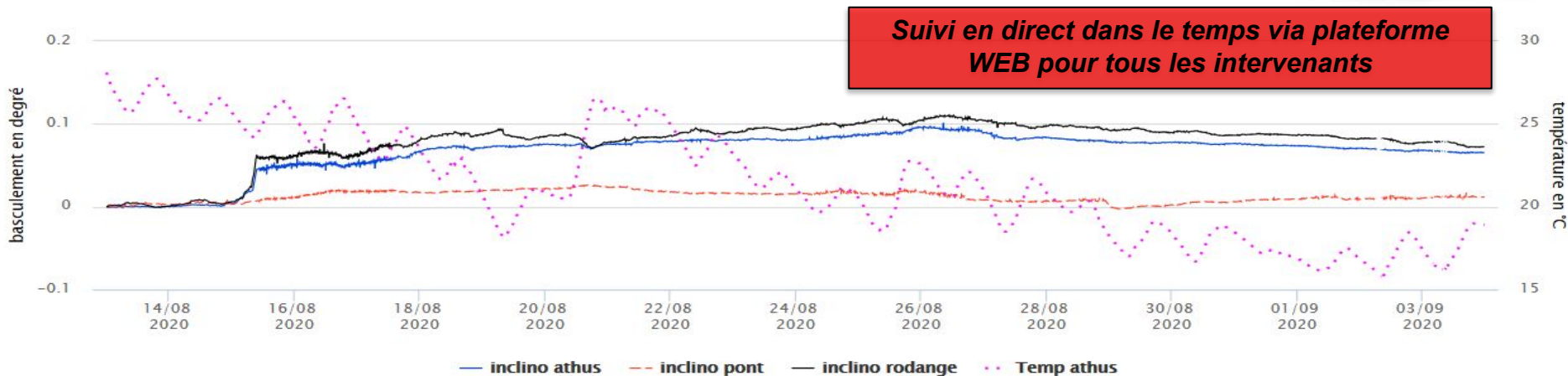




Instrumentation de la culée par inclinomètres

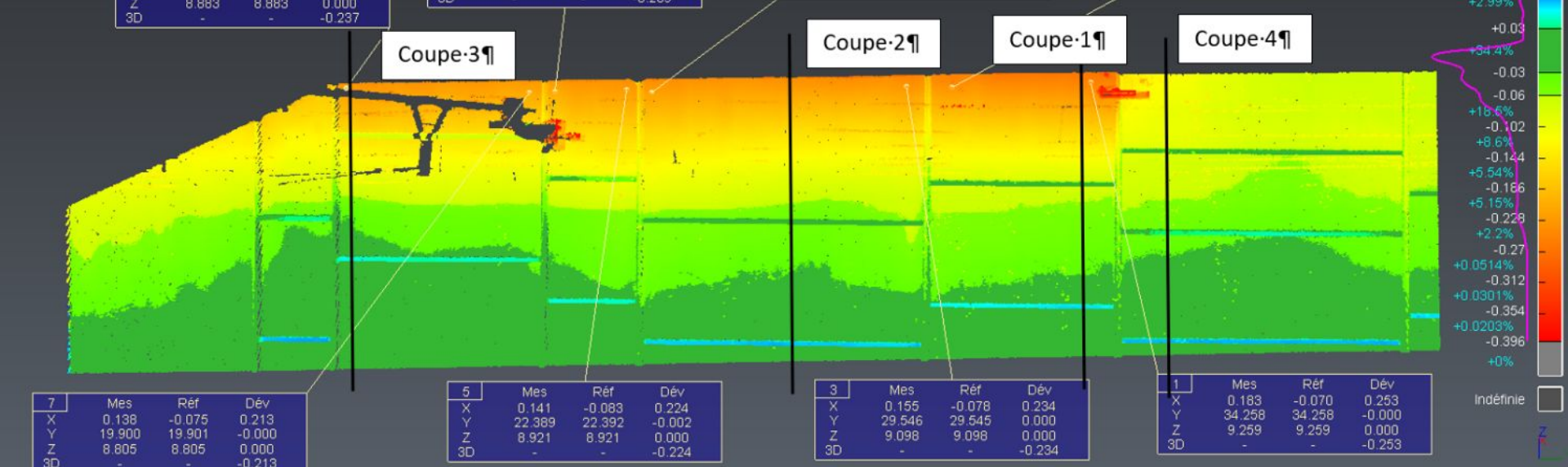
Début des travaux ☐ alarme suite à un mouvement de la culée



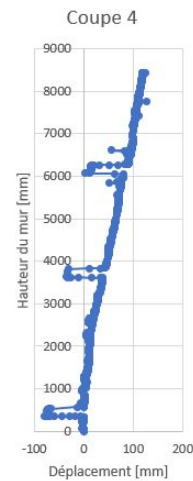
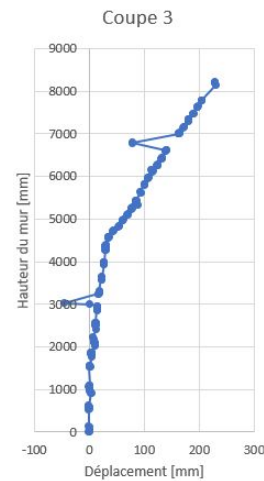
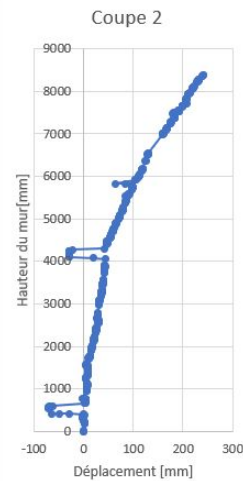
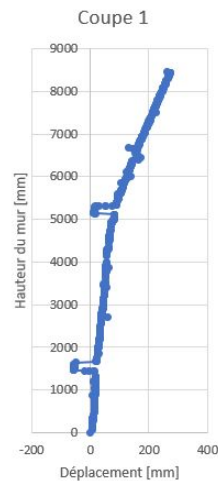


EXEMPLE MUR SNCB





Sommet du mur bascule de plus de 20 cm vers les voies sur certaines zones





*Poutres retenant localement
la zone du mur qui bascule*

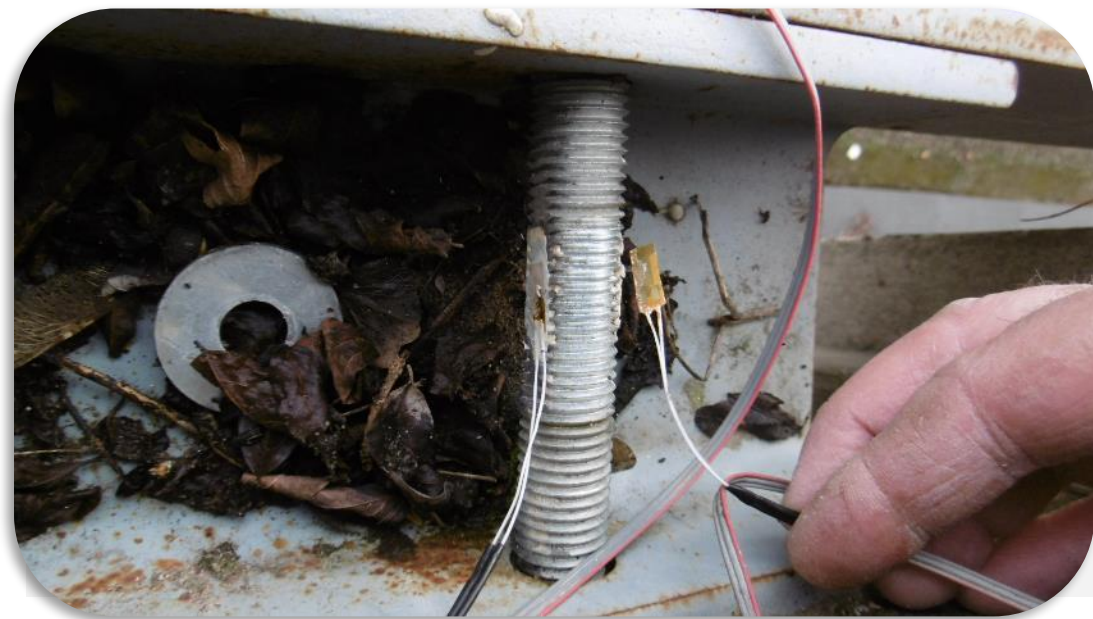


Belgisch **Wegen**congres
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022

Suivi avec:

- ***Inclinomètres***
- ***Capteurs de déplacements***
- ***Jauges de contraintes***



Instrumentation du mur de soutènement de la sortie 34 de l'A602 (BDOA 12218)

But de l'intervention : contrôle du basculement sur le domaine infrabel

1. OBJET

Une partie du mur de soutènement présente une inclinaison en direction de la ligne de chemin de fer reliant Liège à Bruxelles.

Sur proposition de la Direction des Etudes de ponts, un système composé de deux poutres métalliques, destiné à reporter les poussées des terres sur une partie stable du mur, a été mis en oeuvre.

Afin de contrôler le comportement du mur et le bon fonctionnement de la solution, une instrumentation a été mise en place par la Direction de l'Expertise des Ouvrages.

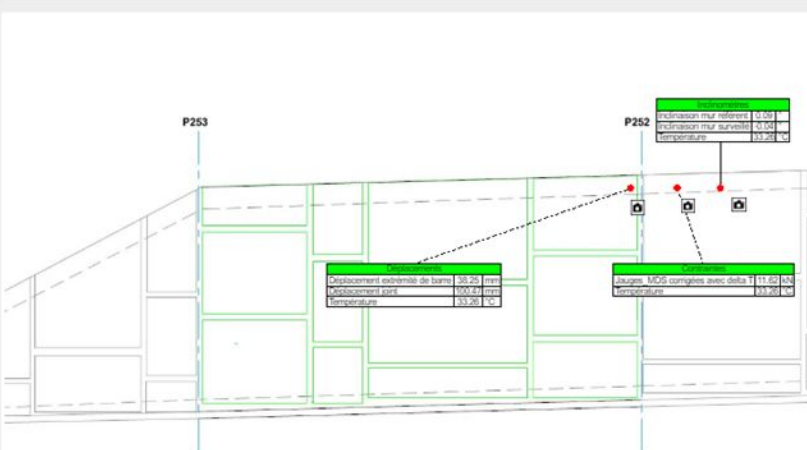


Le graphe ci-dessous renseigne les dernières valeurs collectées pour les différents capteurs placés sur le mur. En cliquant sur les boîtes de valeurs, les courbes des capteurs sont visualisables.

Les icônes photos permettent, en cliquant dessus, de faire apparaître les photos des capteurs mis en place.

L'instrumentation se compose des capteurs suivants:

- A) Deux capteurs de déplacement mesurant les déplacements en tête du mur incliné
- B) Deux couples de jauges de contraintes mesurant les efforts dans les tiges
- C) Deux inclinomètres, dont un placé sur la portion à surveiller et l'autre sur la portion adjacente
- D) Une sonde de température, placée sur une des poutres métalliques.



Deux alarmes ont été placées:

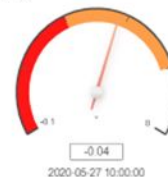
1. Alarme sur les efforts dans les jauges de contrainte sur les tiges
2. Alarme sur l'inclinaison du mur surveillé

Les jauges suivantes montrent les valeurs en cours de ces deux paramètres et les valeurs d'alarme (en orange) et alerte (en rouge) associées

Efforts dans les barres en temps réel

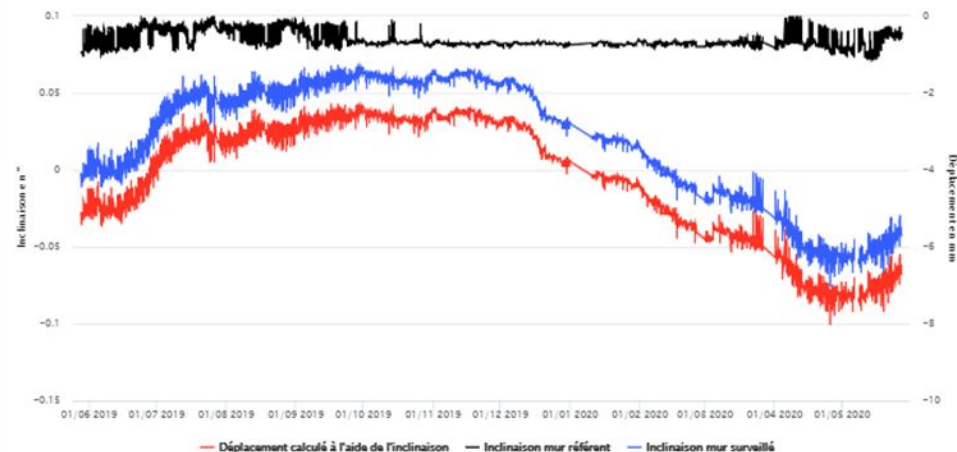


Inclinaison du mur surveillé



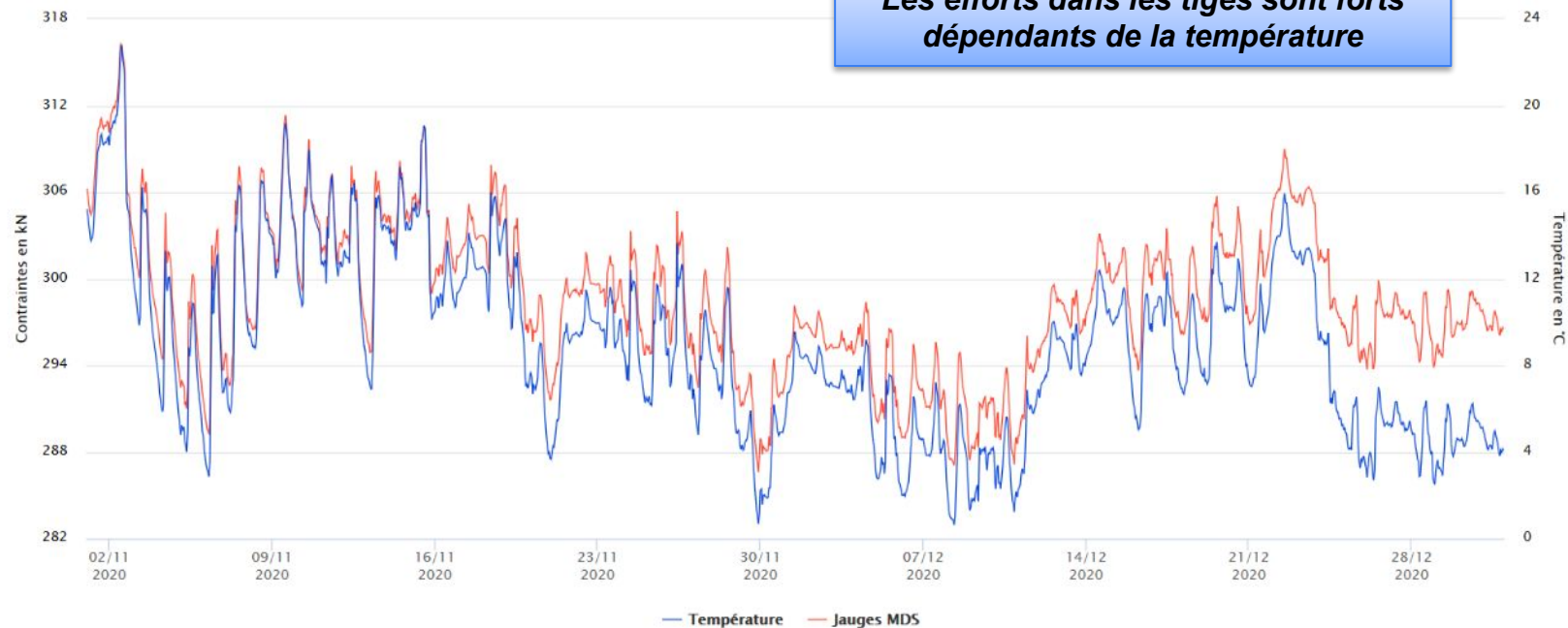
Le graphe ci-dessous montre l'inclinaison du mur surveillé (en bleu) et le déplacement calculé à l'aide de cette inclinaison (en rouge). L'inclinaison du mur référent est représenté en noir.

Inclinaisons et déplacements des têtes de mur



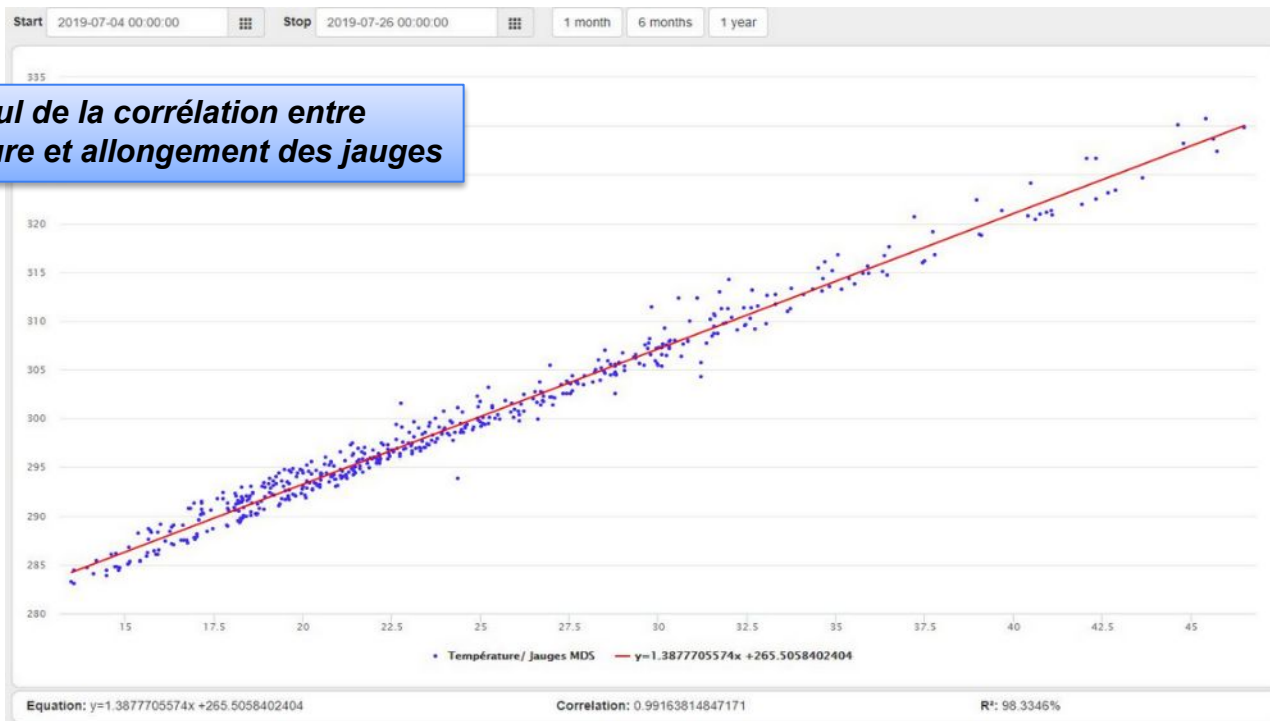


Evolution des contraintes dans les tiges sans enlever l'effet de la température





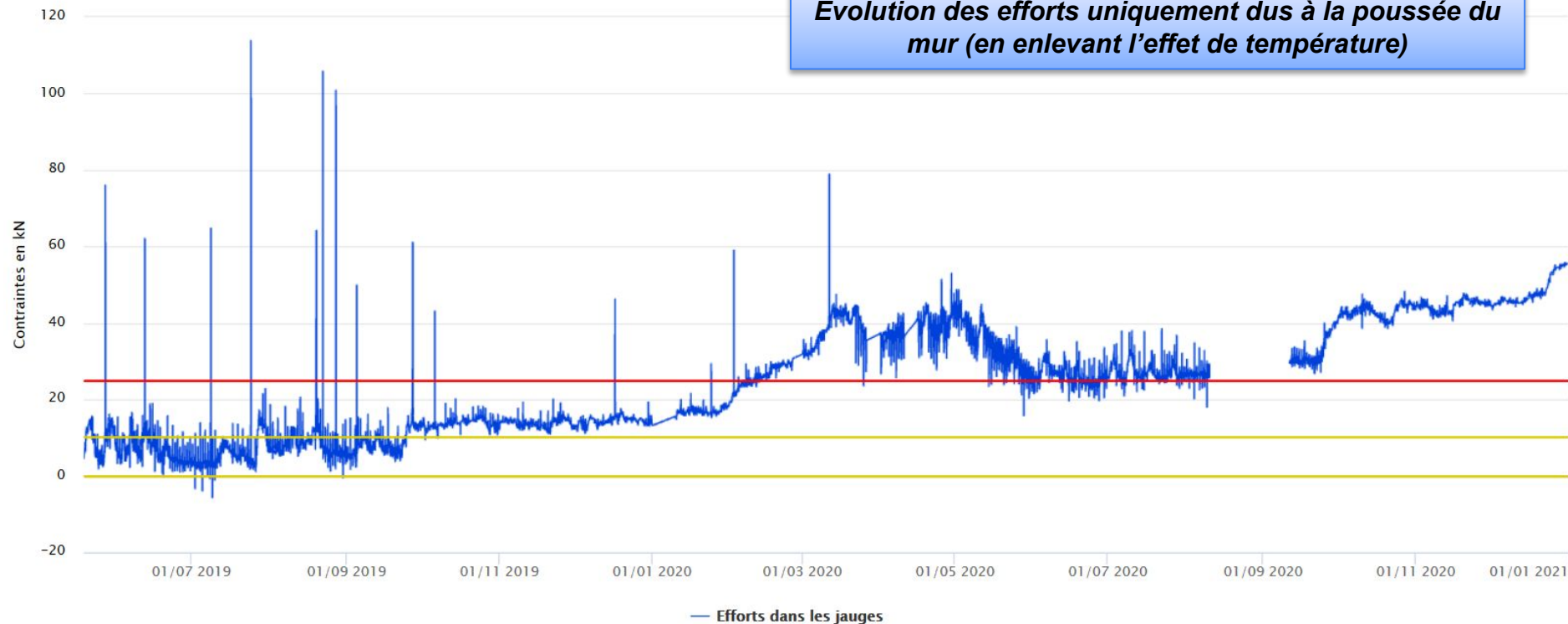
**Calcul de la corrélation entre
température et allongement des jauges**





Evolution des contraintes dans les tiges en enlevant l'effet de la température

Evolution des efforts uniquement dus à la poussée du mur (en enlevant l'effet de température)



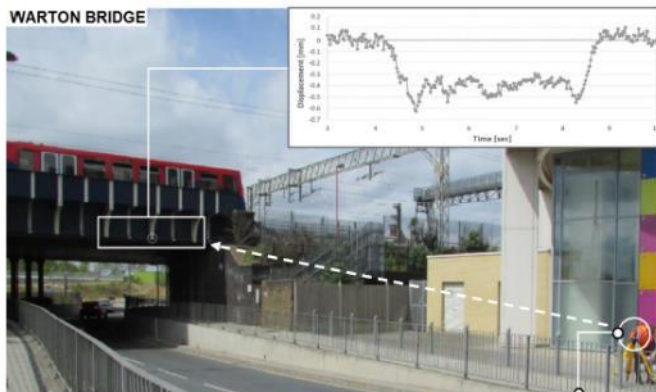
MESURES DIC



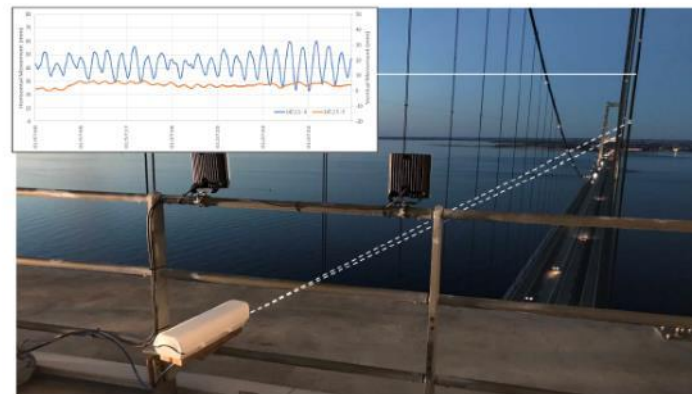
DIC: mesure de déplacements par caméra



Short term 30 min - 3h



Long term
24/7 & night vision



DIC: exemple sur pont Trieu Vichot

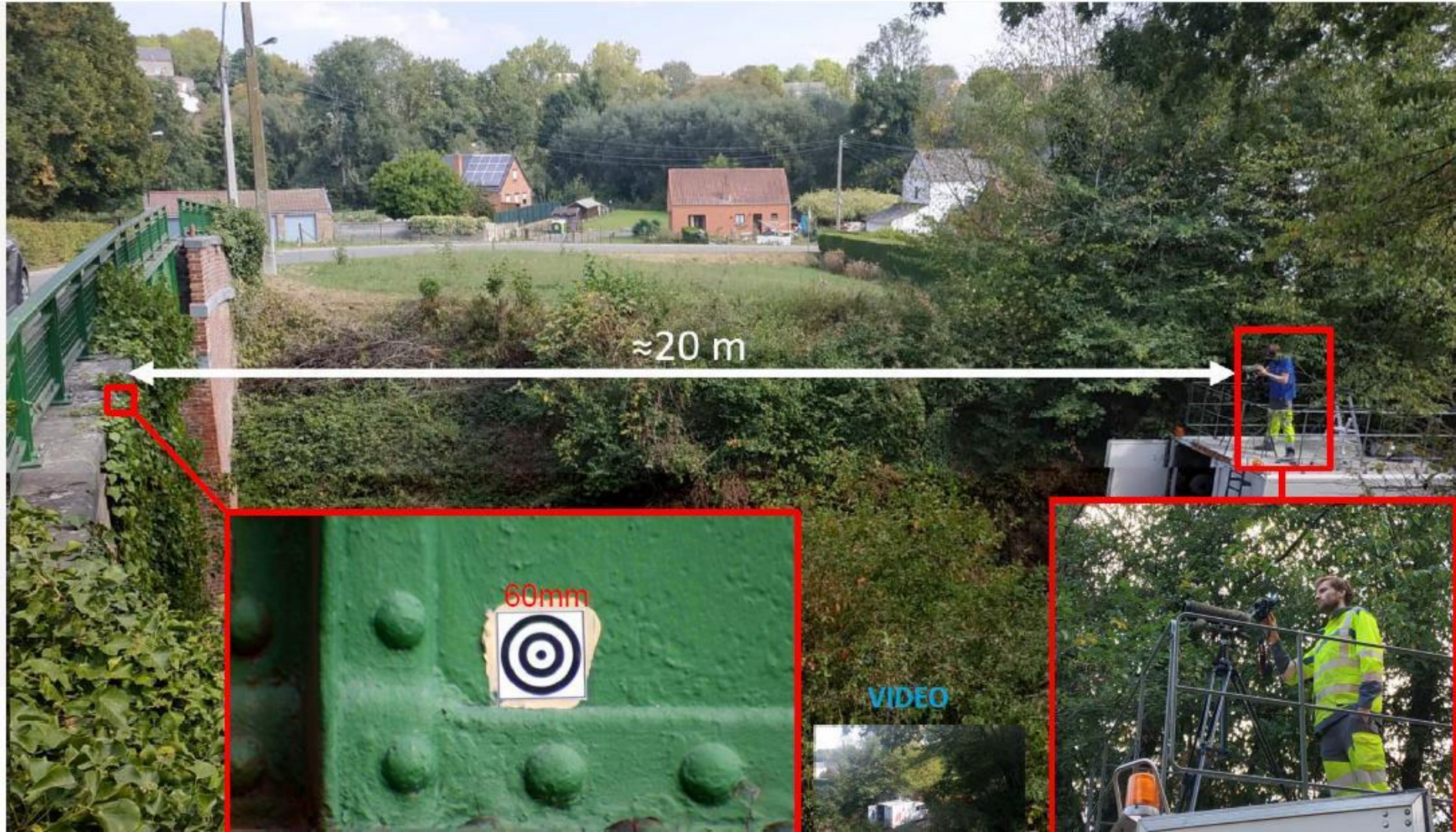


Sous un essieu
centré de 10 T

Déformée de la poutre maitresse
à mi-portée : 0,4 mm



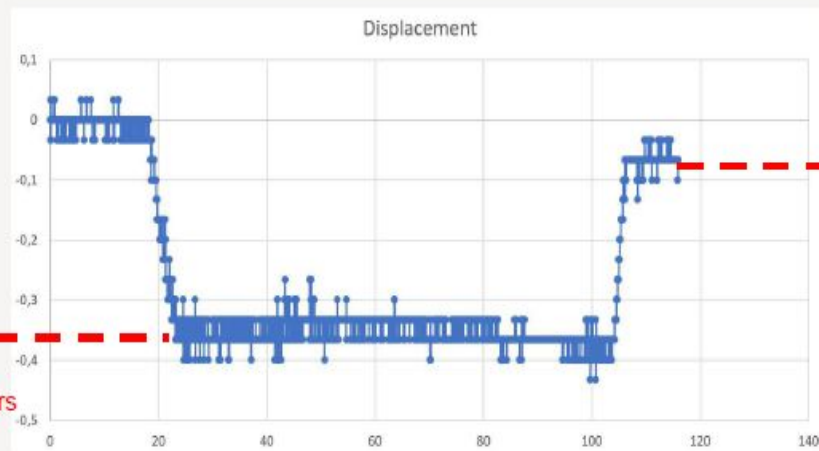
Déformée de l'entretoise à
mi-portée : 1,7 mm



Correlation with Fleximeters



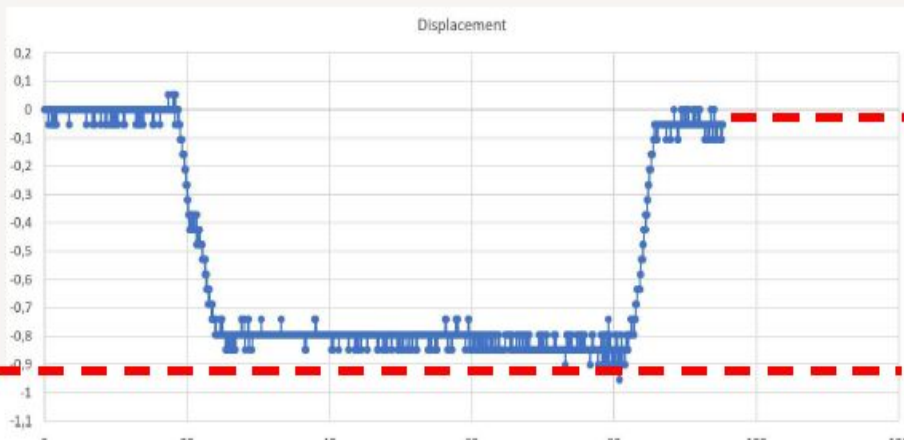
0,37
Fleximeters



0,09
Fleximeters



0,94
Fleximeters



0,01
Fleximeters



Belgisch **Wegencongres**
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022

DIC: suivi long terme mur à Ouffet



Mur de soutènement qui est désorganisé

□ fissures dans la route

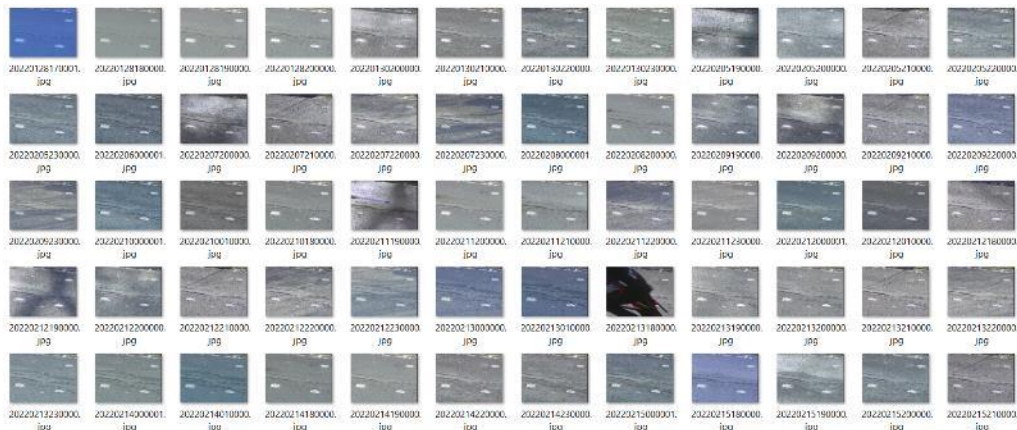




Belgisch **Wegencongres**
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022

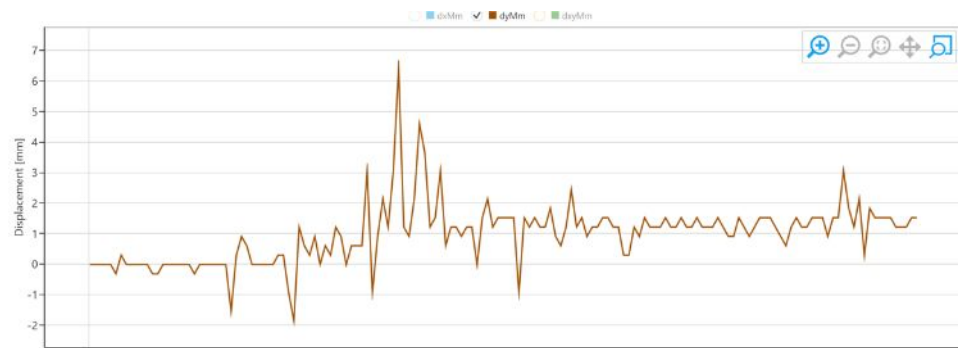
Caméra prend des photos toutes les deux heures
Envoi par 4G
Alimentée par panneaux solaires





Belgisch **Wegencongres**
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022



PONT CANAL DU SART



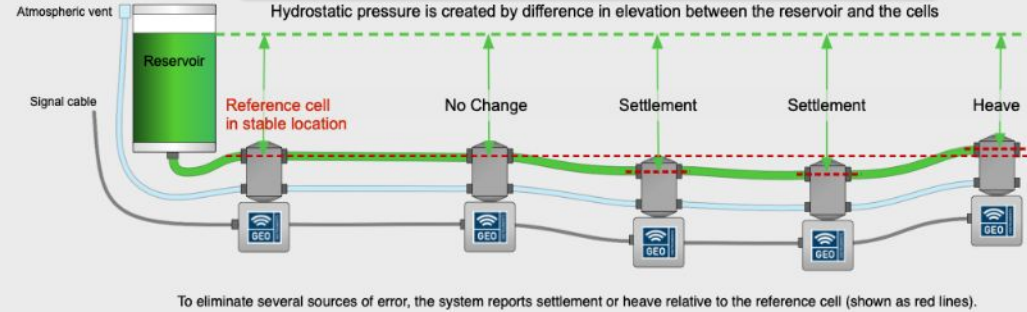
***CSC pour suivi des tassements
par un prestataire externe***



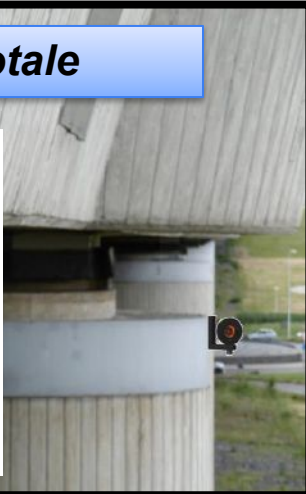
Belgisch **Wegencongres**
Congrès belge de la **Route**
LEUVEN • 4-7.04.2022

Pont canal: plusieurs offres avec systèmes différents

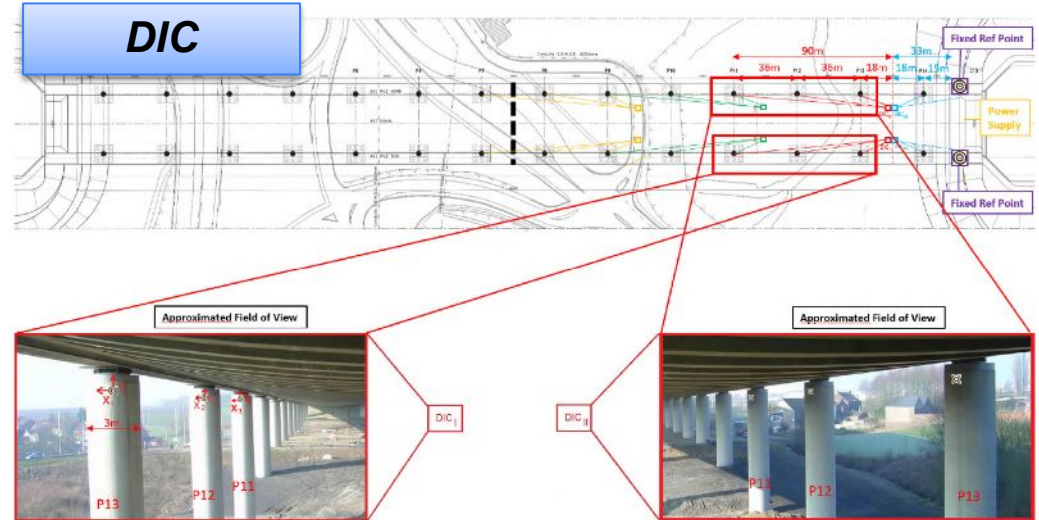
Systeme hydraulique



Station totale



DIC





Conclusions

- L'instrumentation peut aider dans de nombreux cas différents
- Technologie et techniques diversifiées et en constante évolution
- Intérêt de maîtriser la chaîne pour les « petits » cas □ réactivité maximum
- Prestations externes pour des cas plus complexes
 - Instrumentations à tenir en ordre pendant des dizaines d'années
 - Cas particuliers
 - OA majeurs



Belgisch **Wegen**congres
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022



Merci de votre attention !



Belgisch **Wegencongres**
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022



Contact

👤 Sébastien FLAWINNE

☎ +32 4 231 64 43

✉ sebastien.flawinne@spw.wallonie.be





Belgisch **Wegen**congres
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022



UNE ORGANISATION



ABR

Association
Belge de la Route



AGENTSCHAP
WEGEN & VERKEER

AVEC LE SOUTIEN DE



Centre de
recherches routières



BRUXELLES MOBILITÉ
SERVICE PUBLIC RÉGIONAL DE BRUXELLES

Wallonie
mobilité infrastructures
SPW



FBEV

Fédération Belge des Entrepreneurs de Travaux de Voirie asbl