Journée technique Instrumentation des ouvrages d'art

Ponts de Mauves-sur-Loire – suivi des ouvrages lors du confortement des appuis

SOMMAIRE

1. **Objet et contexte du programme d'instrumentation des ponts de Mauves**

2. **Principaux éléments de la consultation**

3. **Solution technique proposée par SIXENSE**

4. **RETEX pendant les travaux de confortement**

5. **Innovations : données InSAR, effets de la température et influence de la Loire**

SOMMAIRE

1. **Objet et contexte du programme d'instrumentation des ponts de Mauves**
2. **Principaux éléments de la consultation**
3. **Solution technique proposée par SIXENSE**
4. **RETEX pendant les travaux de confortement**
5. **Innovations : données InSAR, effets de la température et influence de la Loire**

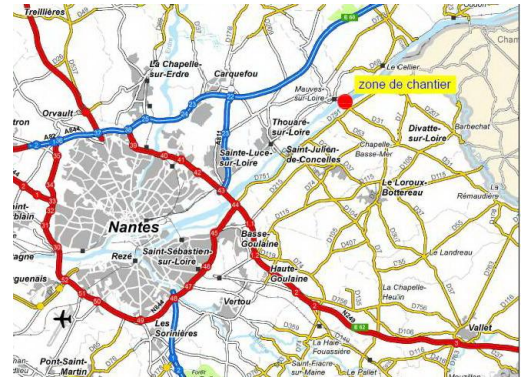
1. Objet et contexte

2 ponts franchissant la Loire construit en 1882

Le pont de la Pinsonnière rive sud (90 m)

Le Grand pont de Mauves rive nord (482 m)

Une île de 280 m de large entre les deux ponts





1. Objet et contexte









1. Objet et contexte

Programme de réhabilitation : 23M€ TTC (vote 2018) / Co-financement Nantes Métropole, Région, État.

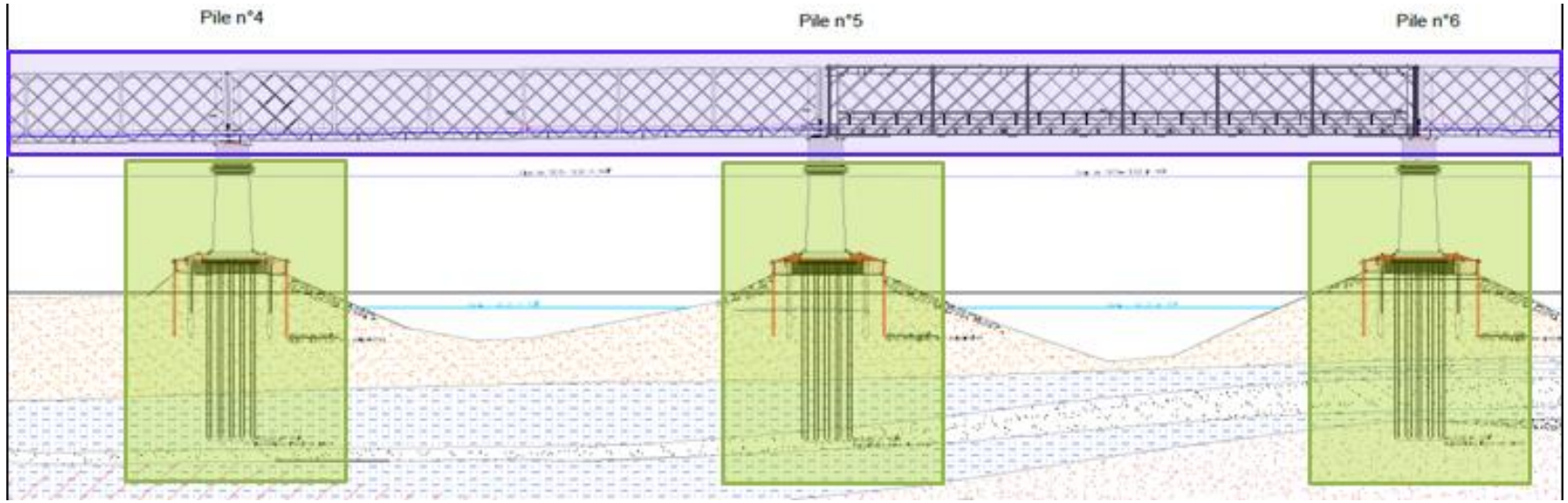
Phasage de l'opération en 2 temps :

Phase 1 (2019 - 2020) :

- *Réhabilitation de la charpente,*
- *Passerelles mode doux,*
- *Réfection du tablier*

Phase 2 (2023 - 2024) :

- *Confortement des appuis et des fondations*
  - *Régénération des massifs des fondations par injections ciblées*
  - *Rescindement des enrochements*
  - *Réfection des maçonneries des fûts de piles et culées*



1. Objet et contexte

Phase 2 Confortement des fondations

Maîtrise d'œuvre externe de conception / réalisation : Groupement Terrasol / Setec TPI / Hydratec

Objet du marché d'instrumentation :

- Suivre, analyser et surveiller le comportement des appuis (piles/culées) :
  - **Pendant les travaux** : assurer la **sécurité** du chantier et des usagers (continuité de l'exploitation routière et fluviale)
  - **Postérieurement aux travaux** : garantir la **pérennité** des ouvrages à long terme et assurer une **surveillance continue**
- *Dispositif de **monitoring continu et automatisé***
- *Moyens laissés à l'initiative du titulaire avec **obligation de résultat** vis-à-vis du programme*

SOMMAIRE

1. **Objet et contexte du programme d'instrumentation des ponts de Mauves**
2. **Principaux éléments de la consultation**
3. **Solution technique proposée par SIXENSE**
4. **RETEX pendant les travaux de confortement**
5. **Innovations : données InSAR, effets de la température et influence de la Loire**

2. Principaux éléments de la consultation

- **Type de marché :**

  Marché de prestations intellectuelles comprenant :

  - Tranche ferme 3 ans (études, fournitures, pose, mise en service et exploitation des données)
  - Tranche optionnelle 3 ans (reconduction de l'exploitation y compris maintenance)

- **Planning**
  - Travaux de confortement à l'étiage en 2023 et 2024 (mai à octobre)

Tâches	Tranche ferme									Tranche optionnelle		
	2023				2024				2025	2026	2027	2028
	1er trim.	2e trim.	3e trim.	4e trim.	1er trim.	2e trim.	3e trim.	4e trim.				
Études / installation / paramétrage												
Suivi travaux												
Suivi après travaux												

SOMMAIRE

1. **Objet et contexte du programme d'instrumentation des ponts de Mauves**
2. **Principaux éléments de la consultation**
3. **Solution technique proposée par SIXENSE**
4. **RETEX pendant les travaux de confortement**
5. **Innovations : données InSAR, effets de la température et influence de la Loire**

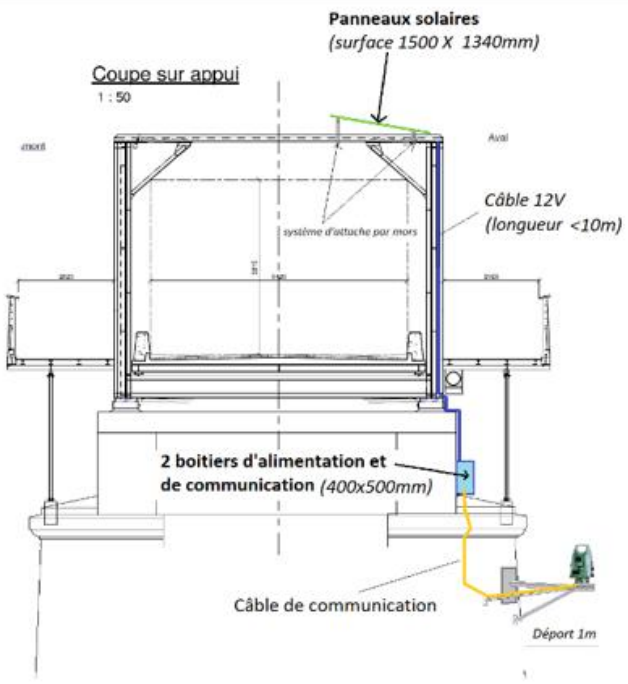
3. Solution technique de SIXENSE

Topographie automatisée Cyclops Low power

- 2 Cyclops Low power sur supports déportés

Cyclops Pile5







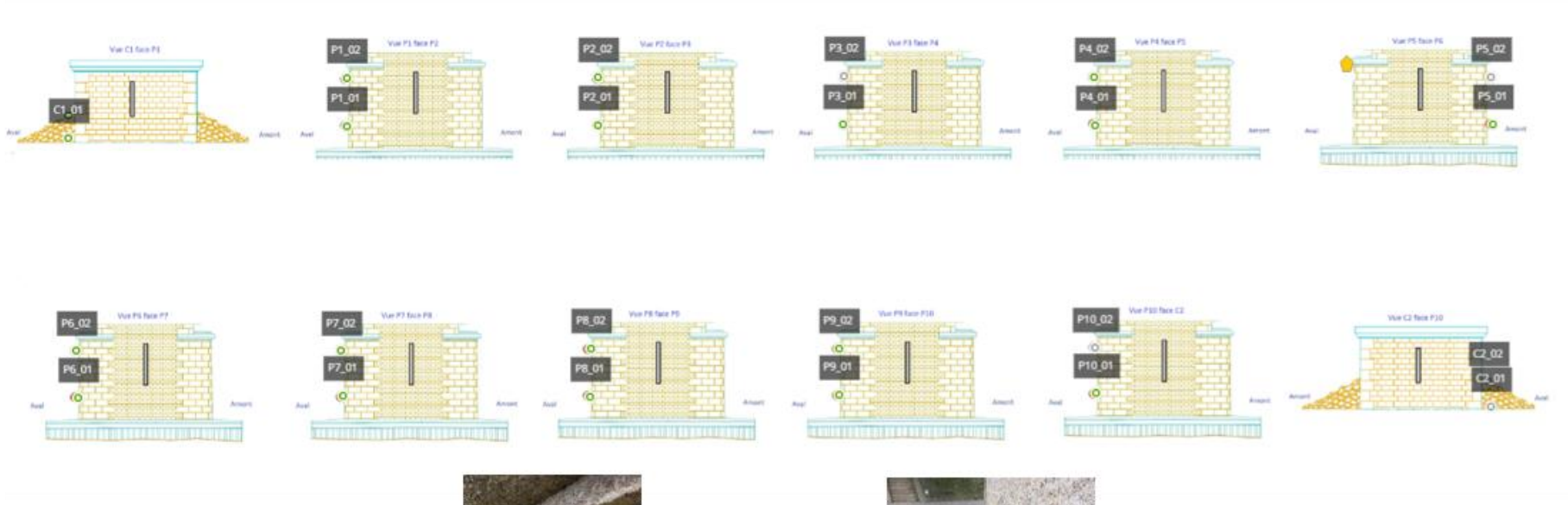
3. Solution technique de SIXENSE

Topographie automatisée

sixense Monitoring

- 2 prismes par appui, 1 sur point haut et un second sur point bas, soit 30 prismes

Visées jusqu'à 300m (références en rive droite)





Distance < 100m



Distance > 100m

3. Solution technique de SIXENSE

Mesures inclinomètriques Themis

sixense Monitoring

Suivi inclinomètrique des appuis

- 15 Themis , soit 1 capteur par appui (barre verticale 1m)



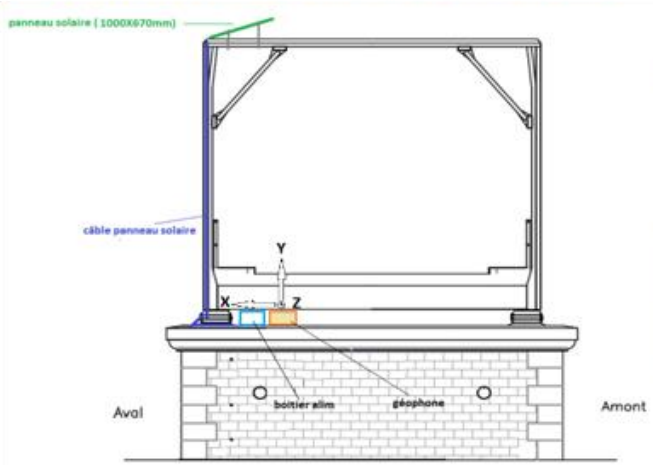


3. Solution technique de SIXENSE

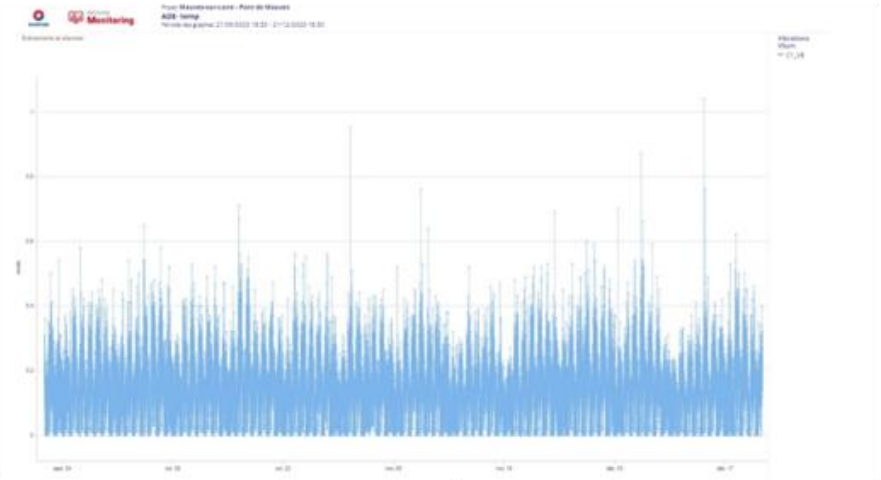
L'instrumentation mise en place

sixense Monitoring

Suivi vibratoire des culées C1 et C3



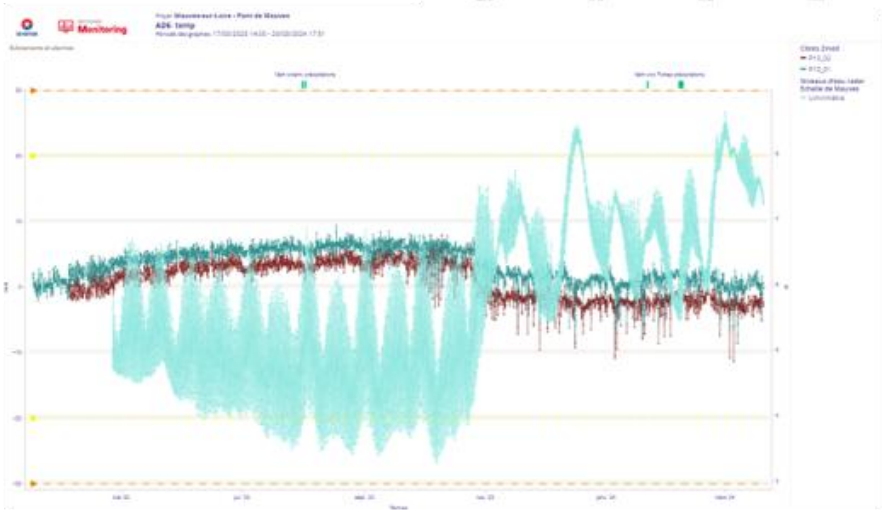




Suivi du niveau de la Loire (Limnimètre)

Capteur radar pour mesure de niveau continue





Loire Atlantique

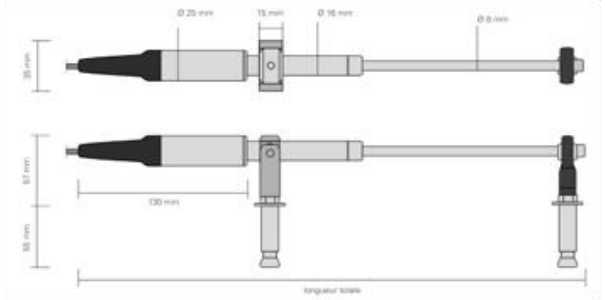
3. Solution technique de SIXENSE

L'instrumentation mise en place

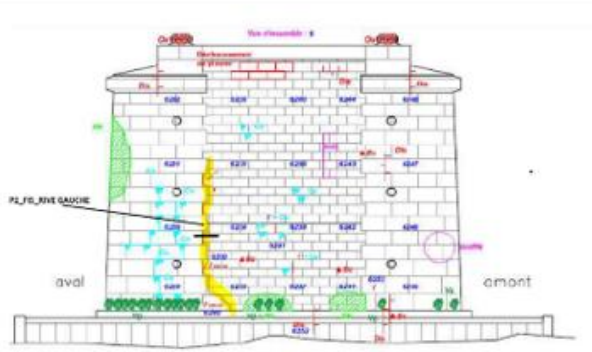
sixense Monitoring

Suivi de 4 fissures sur les piles 2 et 10

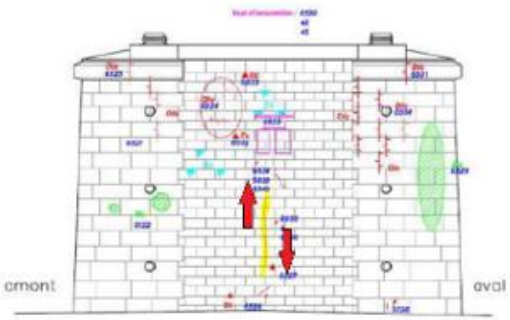




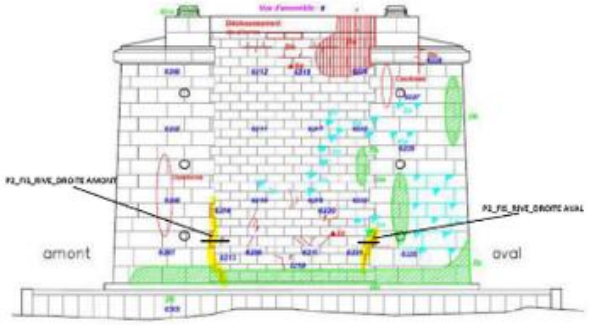




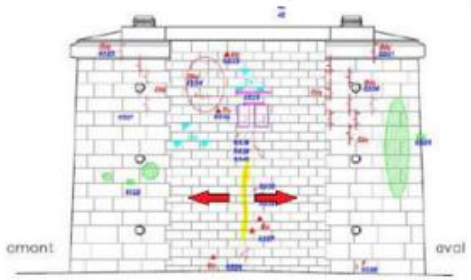
Face Rive Gauche



Face Rive Gauche
P10
Mesure du glissement de la fissure



Face Rive Droite



Face Rive Gauche
P10
Mesure de l'ouverture de la fissure

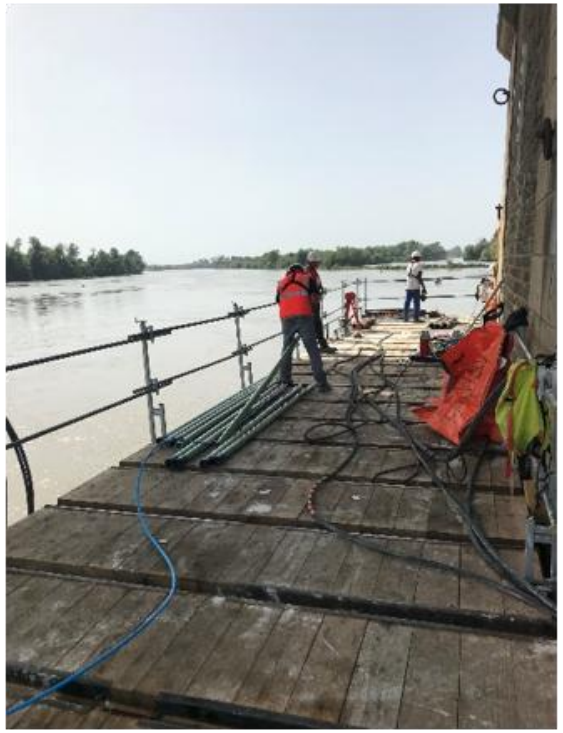
3. Solution technique de SIXENSE

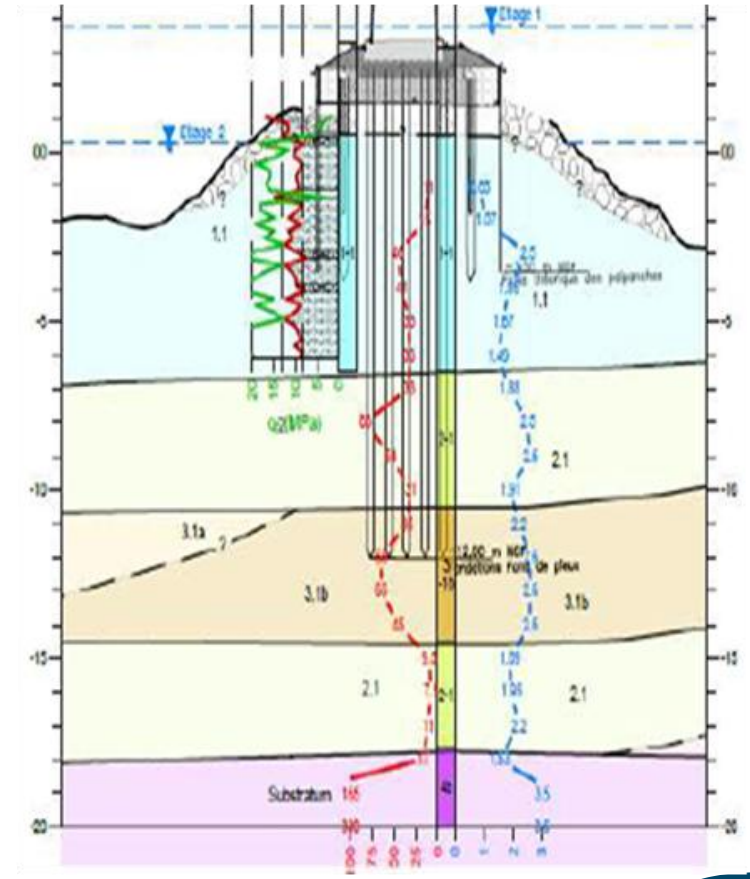
L'instrumentation mise en place

sixense Monitoring

Suivi inclinomètrique du massif de fondation de la pile5 (Chaîne inclonométrique IPI - 23 capteurs)







3. Solution technique de SIXENSE

Beyond Monitoring

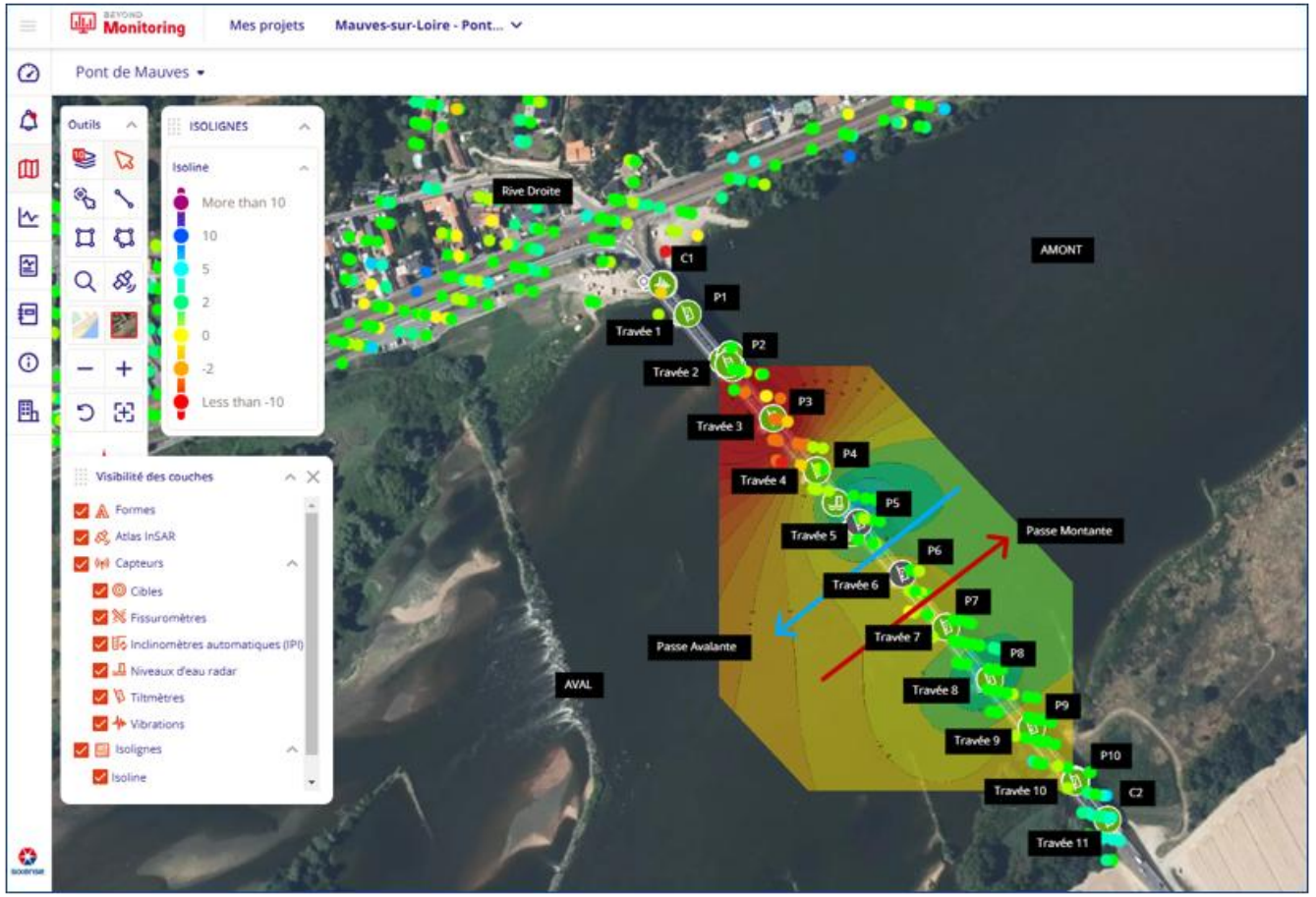
sixense Monitoring

Beyond Monitoring

- Plateforme web
- Centralisation de l'ensemble des données de monitoring
- Visualisation en temps réel
- Vues et graphiques entièrement personnalisables
- Envoi d'alarmes en cas de dépassement de seuils prédéfinis
- Export des données



Plateforme web Beyond Monitoring – accès login et mot de passe



SOMMAIRE

1. **Objet et contexte du programme d'instrumentation des ponts de Mauves**
2. **Principaux éléments de la consultation**
3. **Solution technique proposée par SIXENSE**
4. **RETEX pendant les travaux de confortement**
5. **Innovations : données InSAR, effets de la température et influence de la Loire**

4. Retex pendant les travaux

Système de surveillance automatique avec alerte actif 24h/24 et 7j/7 avec accès aux données en temps réel (mesures/h) via une plateforme dédiée

Pile test P3 :

- Mouvements de tassement enregistrés
- Arrêt des travaux de forage et adaptation de la méthodologie de l'entreprise travaux (groupement SBF / ETPO) en lien avec la MOE
- Suivi de la pile postérieurement aux travaux

Fissuromètres P2 et P10 :

- Suivi et analyse de l'évolution des fissures pendant 1 an et demi
- Traitement adapté : bouchage classique (pas de travaux d'injection)

Géophone – capteur de vibration

4. Retex pendant les travaux



4. Retex pendant les travaux

Confortement par IRS (injections répétitives sélectives)
- Forages : en moyenne 600 ml / pile (50% barrage et 50% traitement)
- Barrages et comblement : en moyenne 30 m^3 de produit injecté / pile
- Traitement : en moyenne 80 m^3 de produit injecté / pile
- Taux d'incorporation : ~ 20%

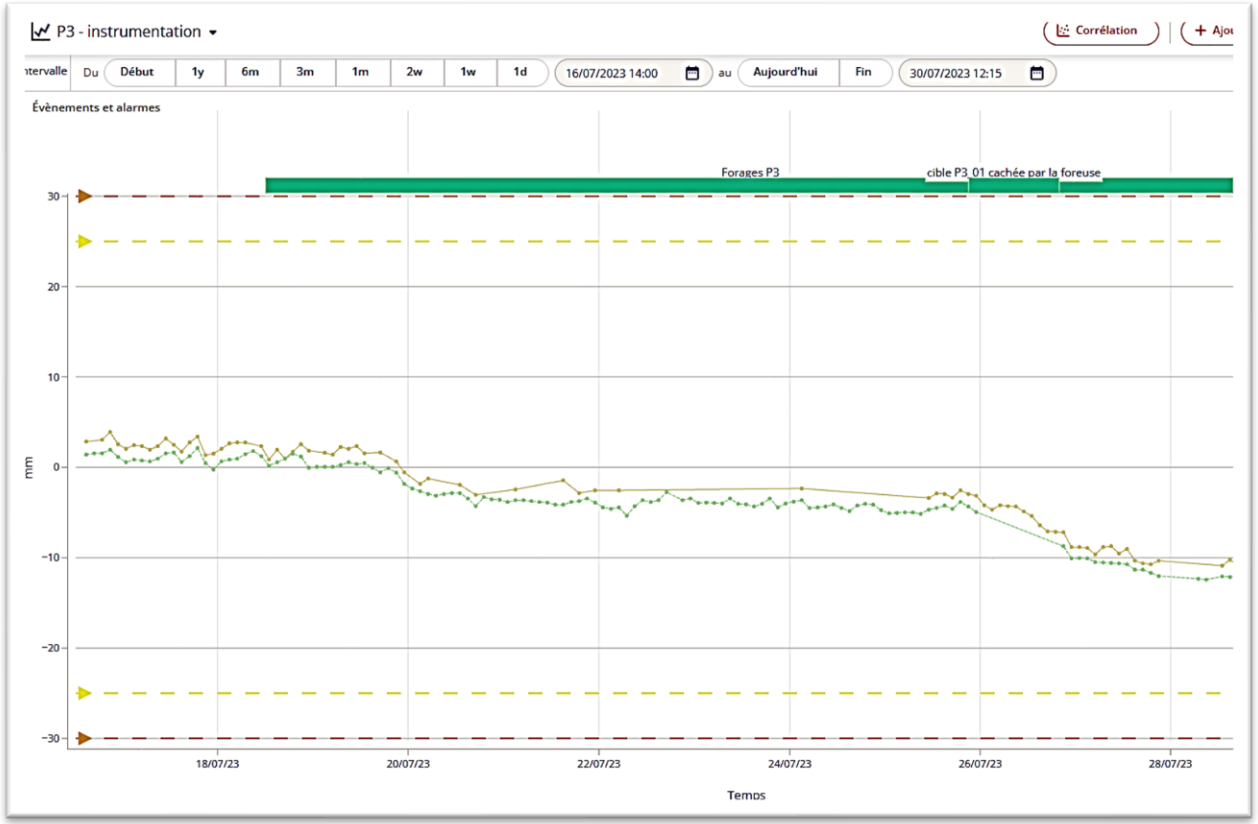
Poids de la foreuse équipée 10 tonnes
Poids plateforme 45 tonnes

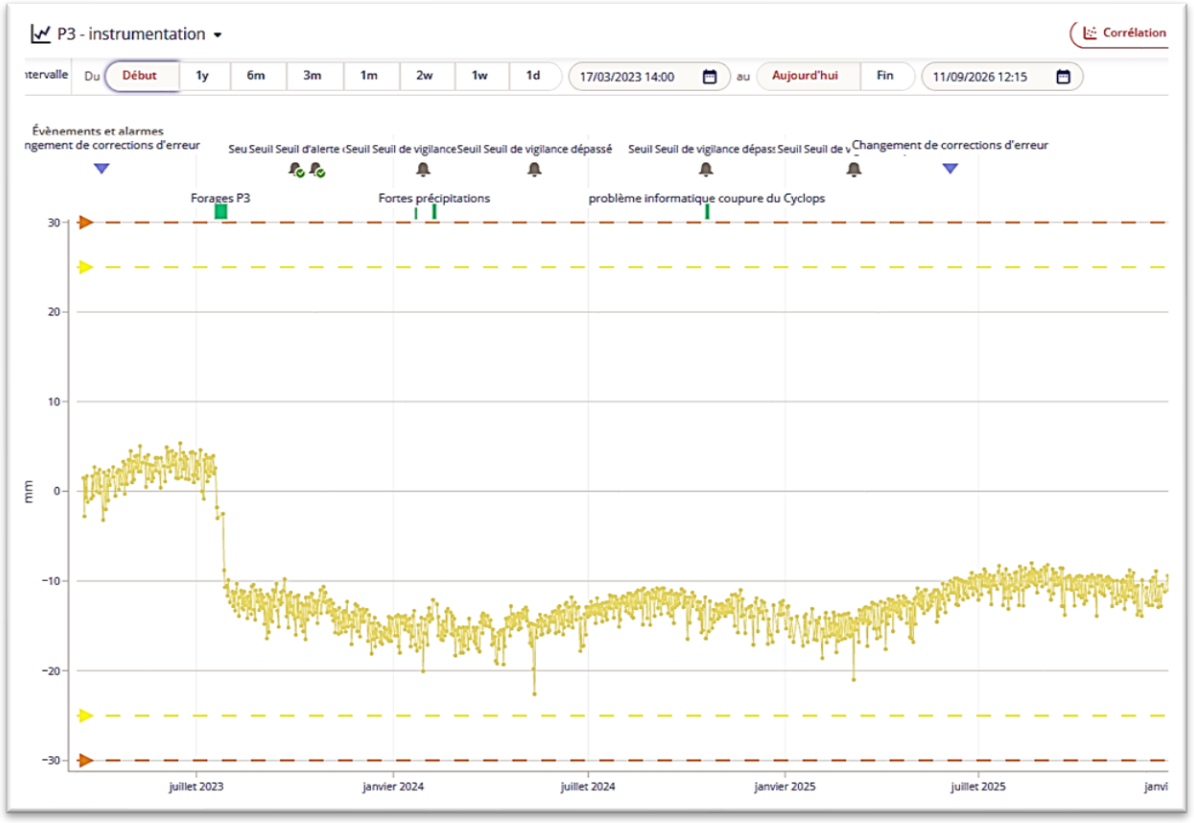




4. Retex pendant les travaux

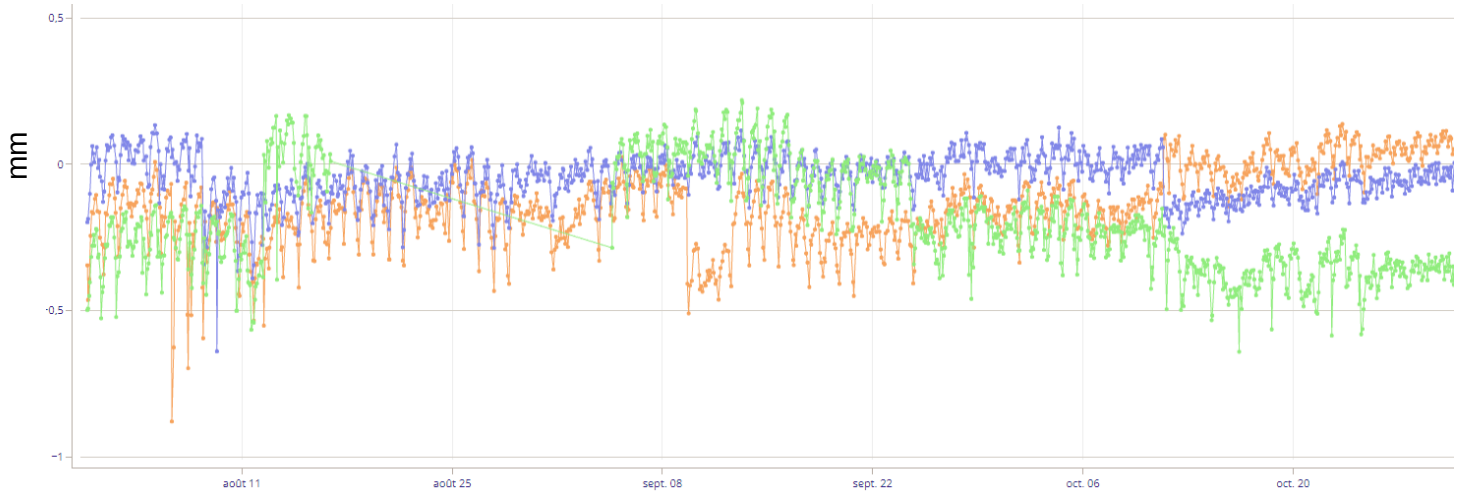
Pile test P3





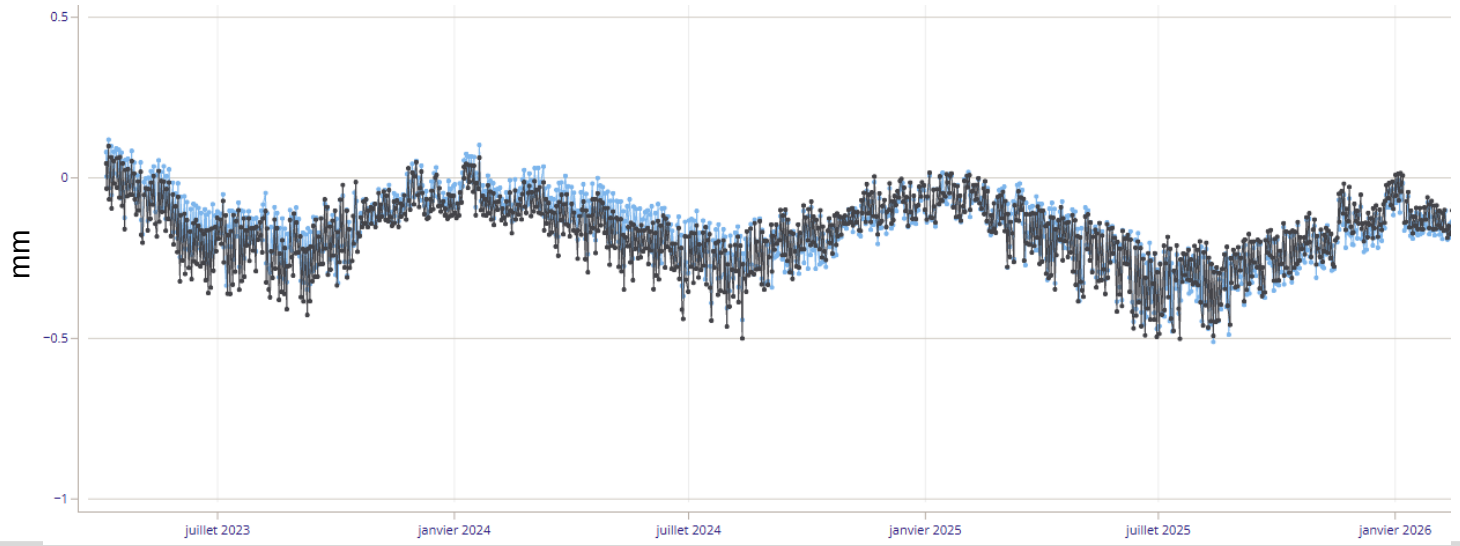
4. Retex pendant les travaux

Fissuromètres P2 et P10



Suivi des fissures de P2

Pas d'évolution pendant les travaux



Suivi des fissures de P10

SOMMAIRE

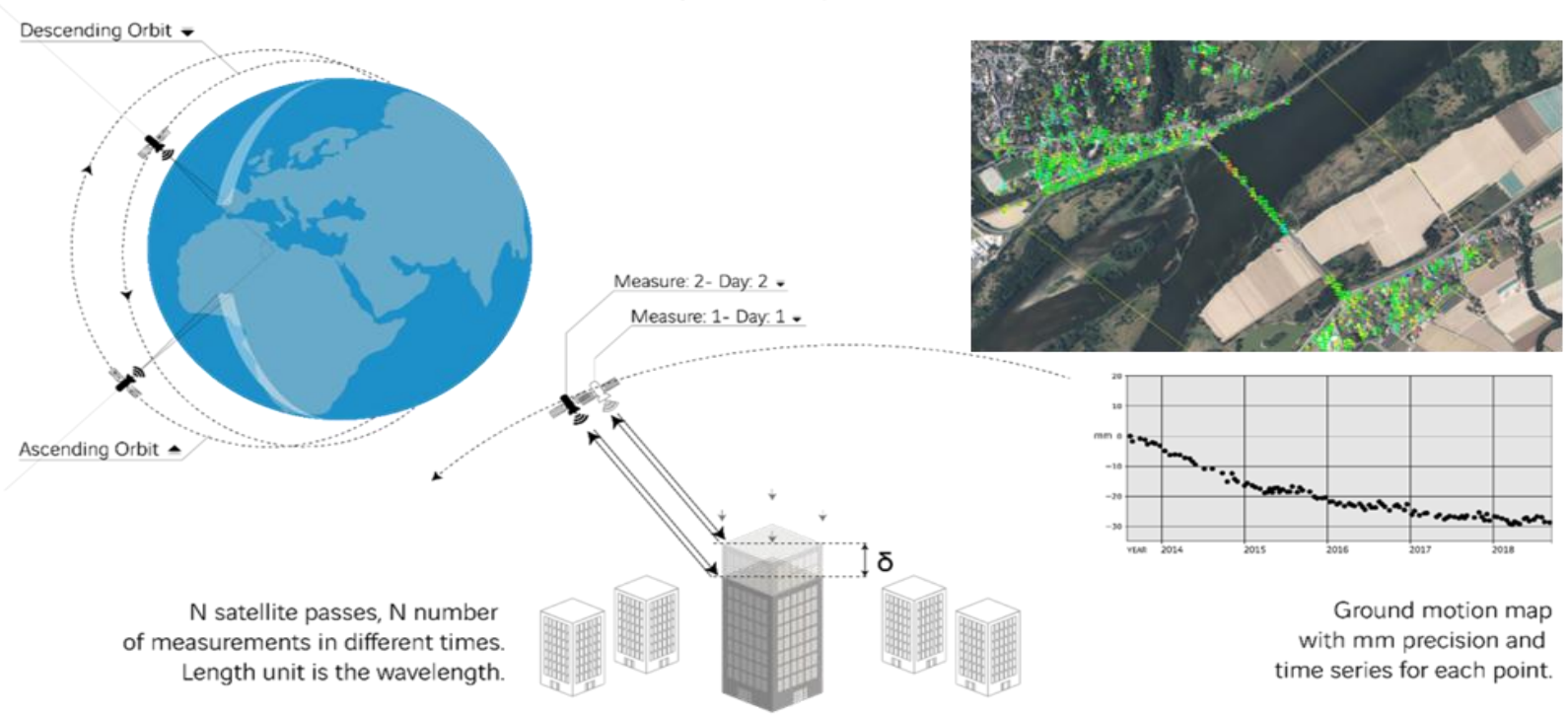
1. **Objet et contexte du programme d'instrumentation des ponts de Mauves**
2. **Principaux éléments de la consultation**
3. **Solution technique proposée par SIXENSE**
4. **RETEX pendant les travaux de confortement**
5. **Innovations : données InSAR, effets de la température et influence de la Loire**

5. Innovations : données InSAR, effets de la température et influence de la Loire

Insar

sixense Monitoring

Interferometric **S**ynthetic **A**perture **R**adar - **InSAR**

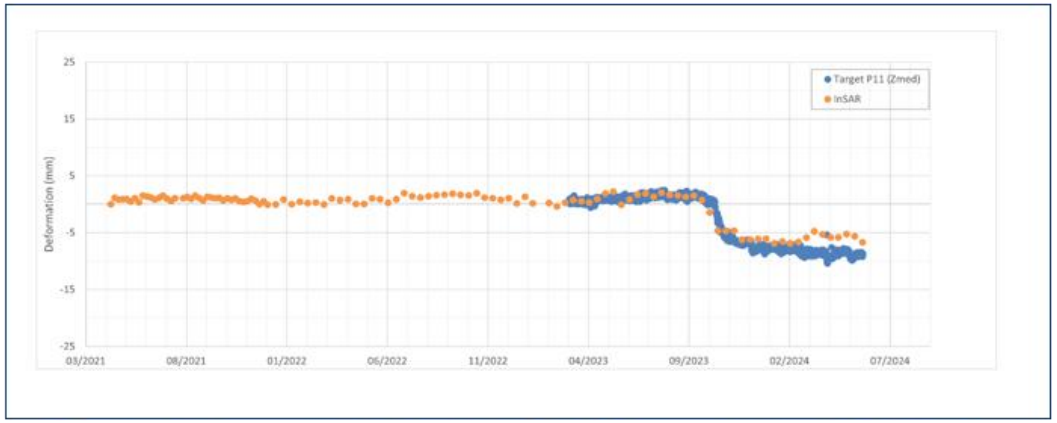


5. Innovations : données InSAR, effets de la température et influence de la Loire

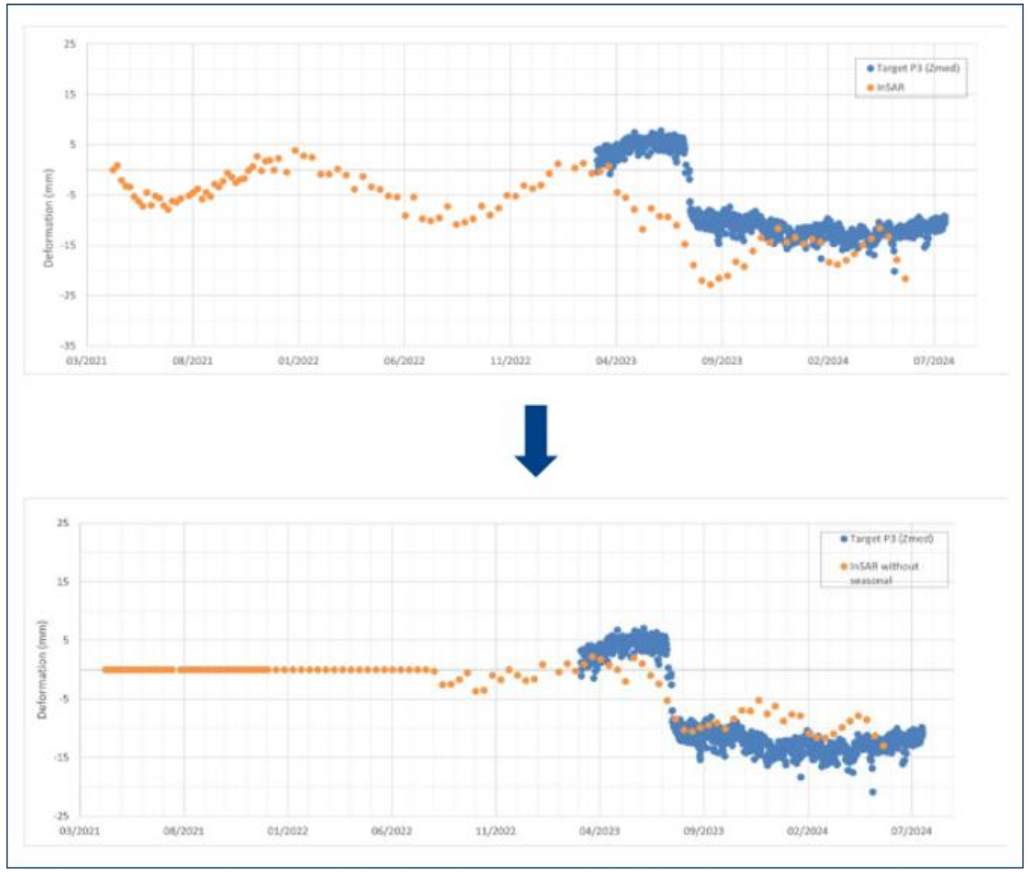
Insar

sixense Monitoring

La comparaison réalisée entre les données InSAR et les données des Stations Totales montrent une très bonne corrélation.



Graphique de comparaison des données InSAR et des prismes au niveau de la pile P11



Graphique de comparaison des données InSAR et des prismes au niveau de la pile P3

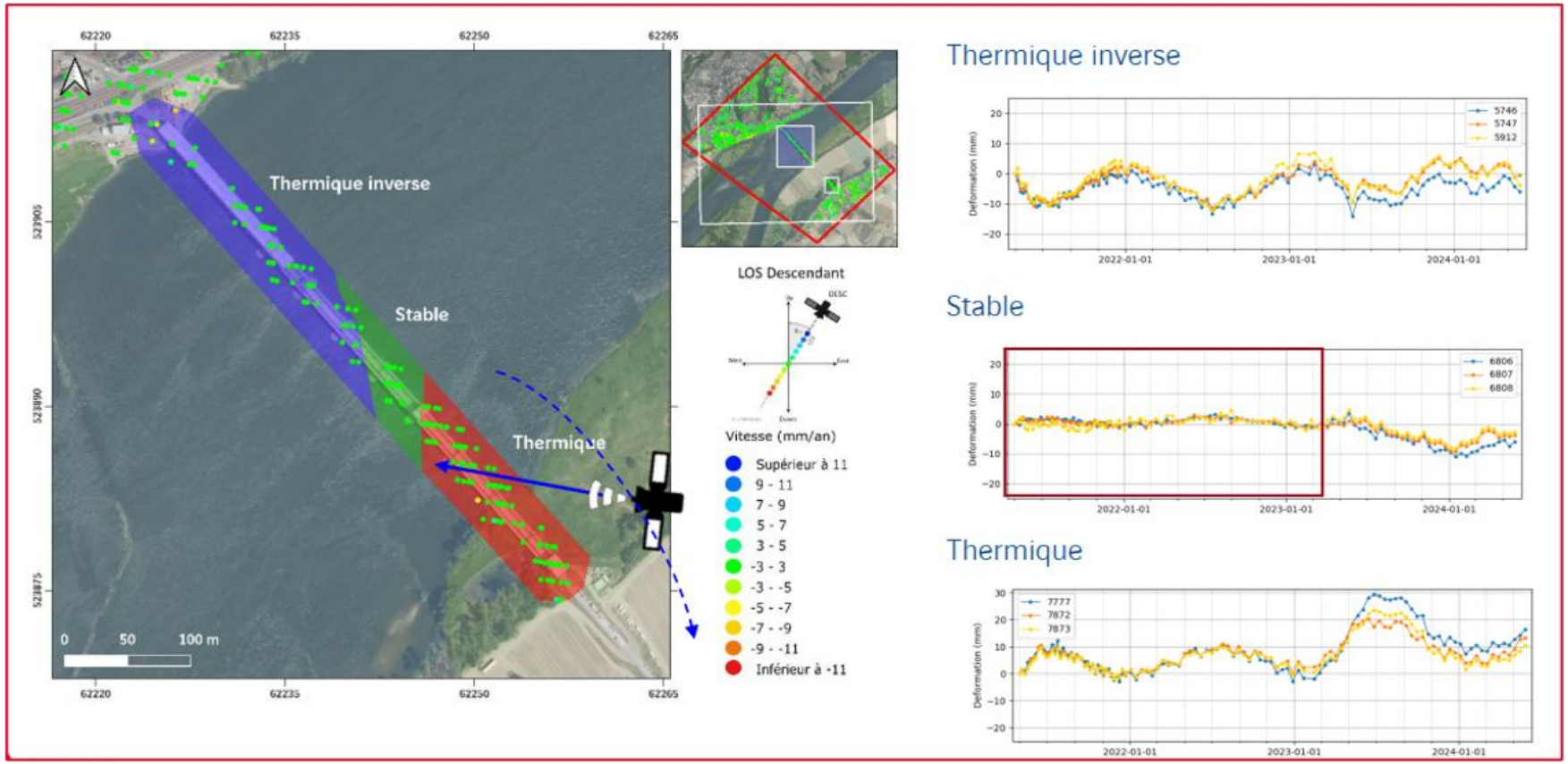
Loire Atlantique

5. Innovations : données InSAR, effets de la température et influence de la Loire

Insar

sixense Monitoring

Mise en évidence d'une thermique inverse sur les 2 ouvrages



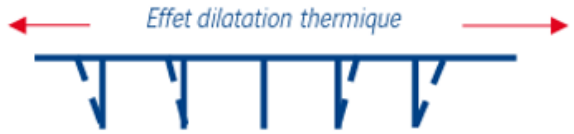
Loire Atlantique

5. Innovations : données InSAR, effets de la température et influence de la Loire

Effets de la TP

sixense Monitoring

-Mouvements de **directions opposées** entre les piles du début et fin du pont dues à la **dilatation du tablier**



- Zone « neutre » vers P6-P7-P8

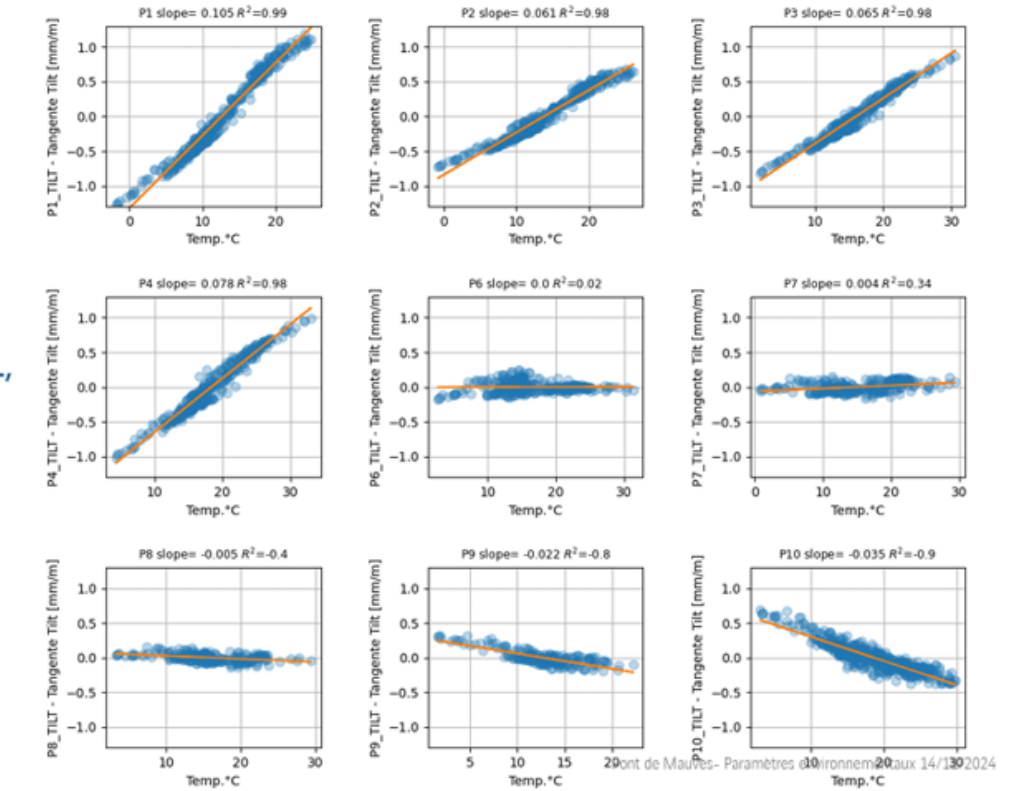
Comportement vu par les THEMIS semble cohérent avec données InSAR

Corrélations Thémis vs Température

- Très bonne **corrélation** sur P1, P2, P3 et P4

- Peu de corrélation en partie centrale (P6,P7,P8), **zone « neutre » thermiquement**

- On observe **une anti-corrélation** en fin de pont sur P8,P9,P10



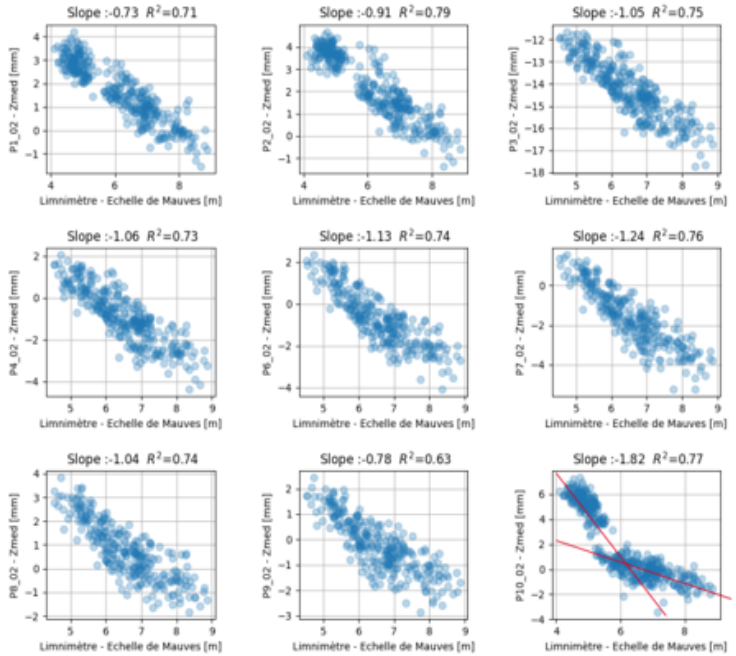
5. Innovations : données InSAR, effets de la température et influence de la Loire

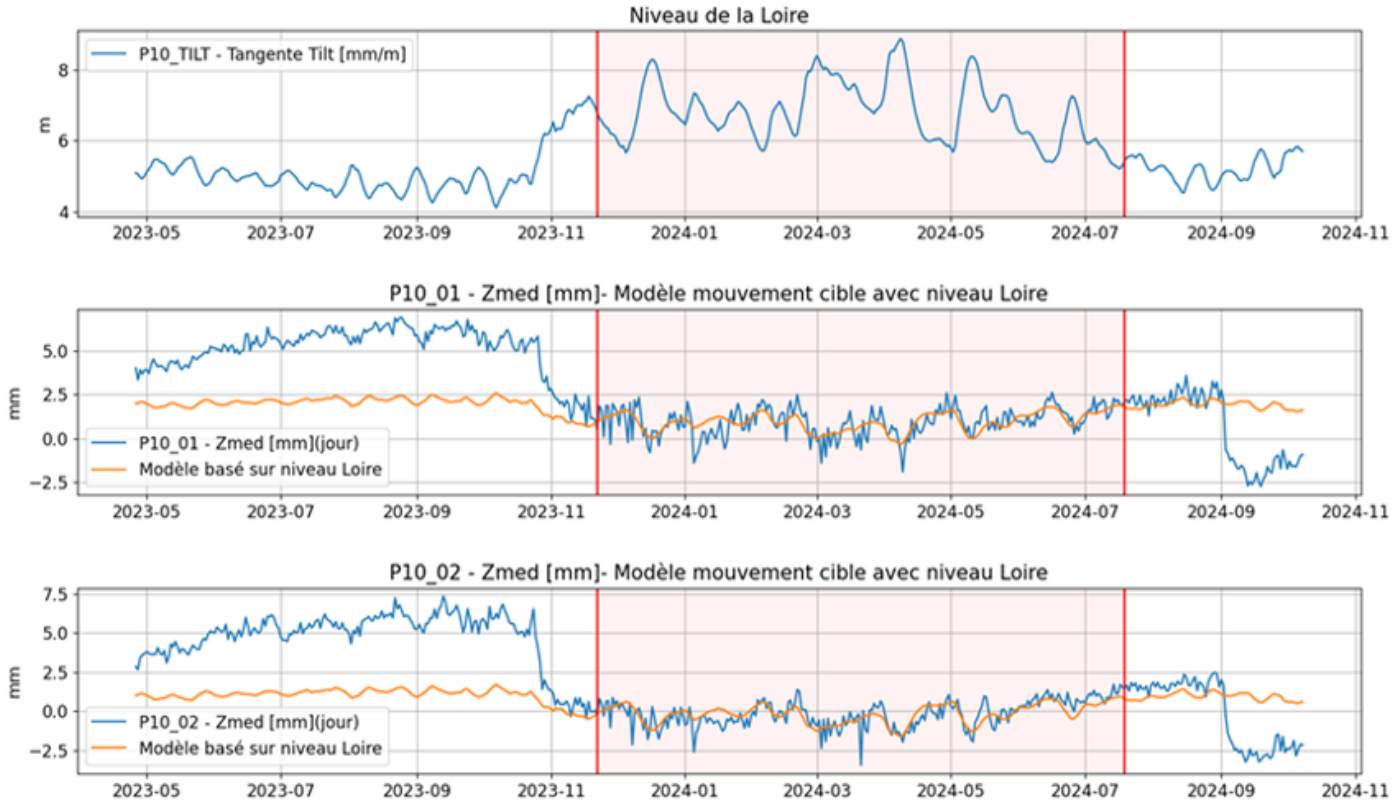
PhySIX IA : Influence sur le niveau des piles en Z

sixense Monitoring

Exemple sur P10 :

Régime « crue »





Loire Atlantique

SOMMAIRE

Conclusion

Intérêt de la solution pendant les travaux :

- Garantie la sécurité des usagers et l'intégrité des ouvrages
- Équipements peu énergivores et relativement discrets
- Facilité d'accès aux données via internet
- Fiabilité des données et des équipements (peu de pannes / SIXENSE très réactif)
- Fréquence de mise à jour des données appréciable (toutes les heures)

Intérêt de la solution après les travaux :

- Suivi des piles P3 et P11
- Exploitation des données et suivi des ouvrages lors d'aléas climatiques (crues / sécheresses)
- À compléter à l'issu de la période de surveillance

Merci pour votre attention

