



# Contrôle d'ouvrages d'art par mesures géodésiques traditionnelles, automatiques et par drone

Marty David  
Place du Nord 6, 1071 Chexbres  
Route de Chandoline 25b, 1950 Sion  
Sur la Brassière 3, 2605 Sonceboz-Sombeval  
[info@gemetris.ch](mailto:info@gemetris.ch) / [www.igemetris.ch](http://www.igemetris.ch)

## Agenda

### 1. Surveillance d'ouvrages d'art «traditionnel»

1. Principe
2. Exemple



### 2. Surveillance par géomonitoring

1. Définition
2. Principe / communication
3. Capteurs
4. Plateforme de visualisation
5. Alarme
6. Exemples



### 3. Inspection par drone

1. Principe
2. Résultats
3. SIG



### 4. Conclusion

## IGemetris Technologies SA

Société active dans les travaux spéciaux et de précision en matière de géomatique et géotechnique

Domaines d'activité : travaux ferroviaires, travaux autoroutiers, géomonitoring, laserscan, etc. Active dans le géomonitoring depuis plus de 15 ans



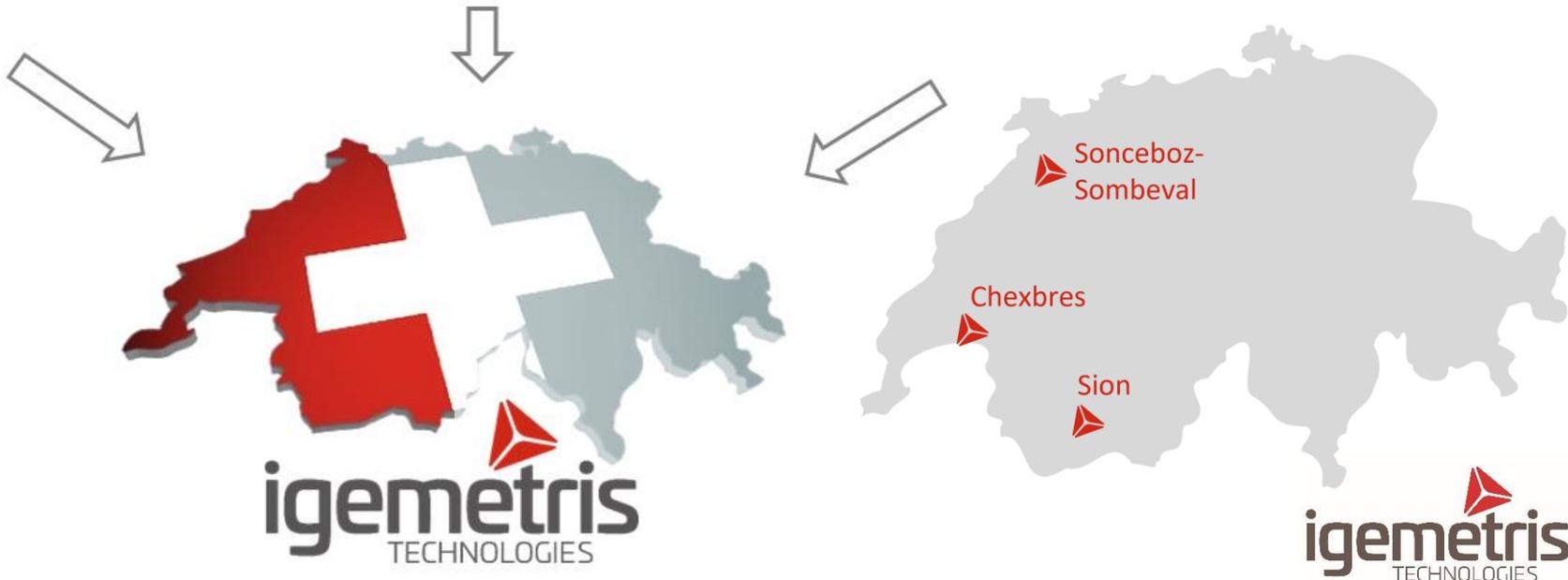
Valais central  
(7 bureaux)  
> 50 collaborateurs



Sonceboz-Sombeval  
> 25 collaborateurs



Chexbres, Mézières et  
Payerne  
> 45 collaborateurs



## SIGN – Structural Intelligence Geo Network

IGemetris Technologies est membre fondateur du réseau SIGN qui est un centre de compétences pour les travaux de géomonitoring.

Le réseau de partenaires permet de proposer une offre de services complète ainsi que des technologies innovantes sur l'ensemble du territoire suisse.



## Surveillance d'ouvrages d'art «traditionnelle»

Dans les grandes lignes :

Les mesures sont effectuées depuis des stations sur des points de contrôle placés aux endroits stratégiques de l'ouvrage.

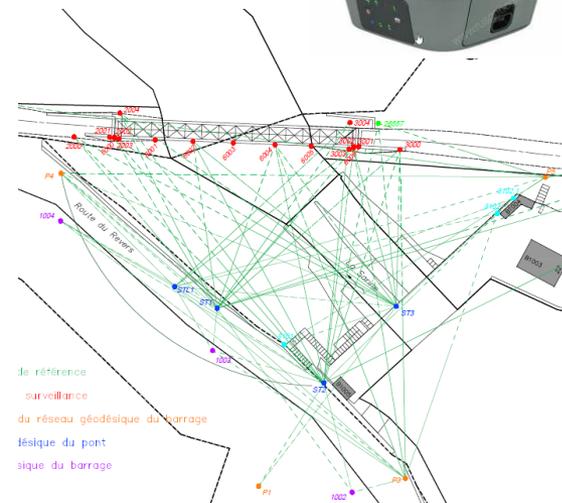
Les instruments utilisés sont principalement :

- Stations totales : mesures d'angles zénithaux, de directions et de distances
- Niveaux : mesures de différences de niveaux
- GNSS statique : mesures des observations GNSS et post-traitement

La précision dépend des déplacements devant être observés. En règle générale, la précision sera  $< 1\text{mm}$ .

Les points sont mesurés depuis plusieurs stations afin de fiabiliser les mesures et les résultats. Toutes les mesures sont compensées par les moindres carrés.

Les points sur l'ouvrage peuvent être des cibles ou des prismes.



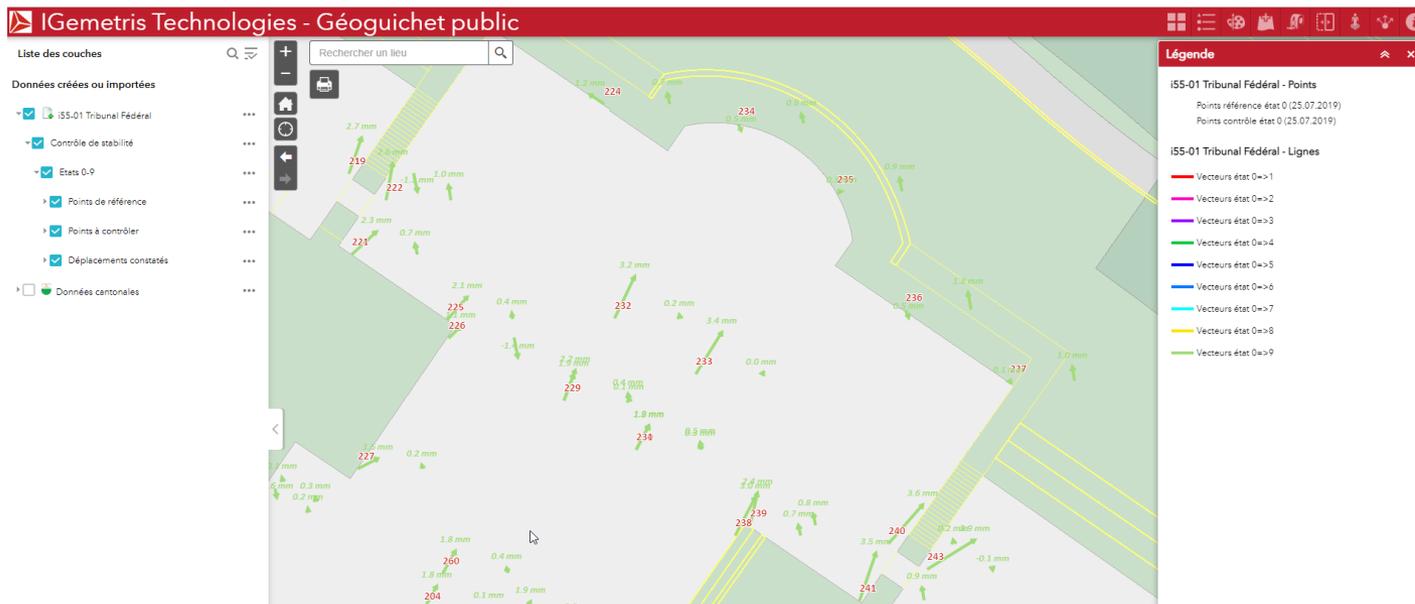
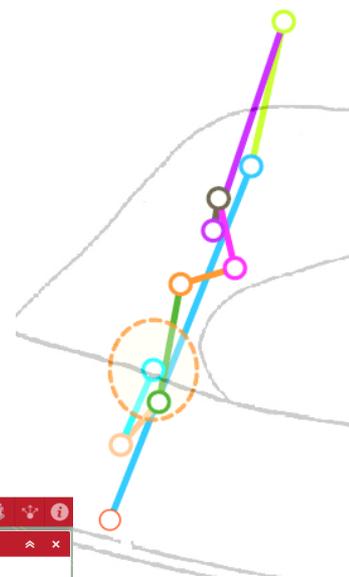
## Surveillance d'ouvrages d'art «traditionnelle»

Représentation des résultats :

Les mouvements sont représentés sur des plans.

Chaque déplacement est accompagné de son ellipse de confiance => si un déplacement est supérieur, il peut être considéré comme significatif.

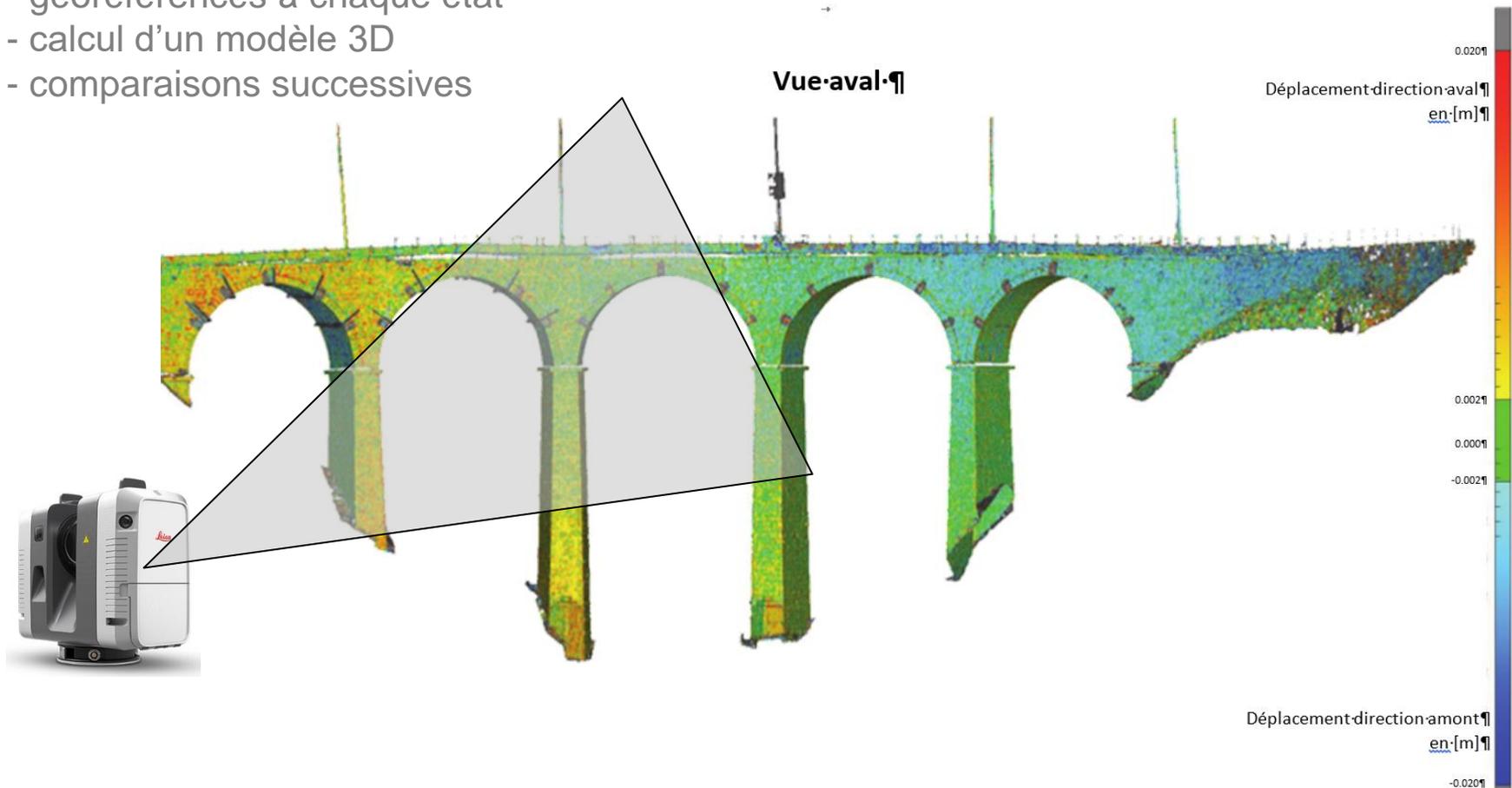
Les mouvements sont représentés dans un SIG.



## Surveillance d'ouvrages d'art «traditionnelle»

Mesures par laserscan terrestre:

- mesures de millions de points
- géoréférencés à chaque état
- calcul d'un modèle 3D
- comparaisons successives

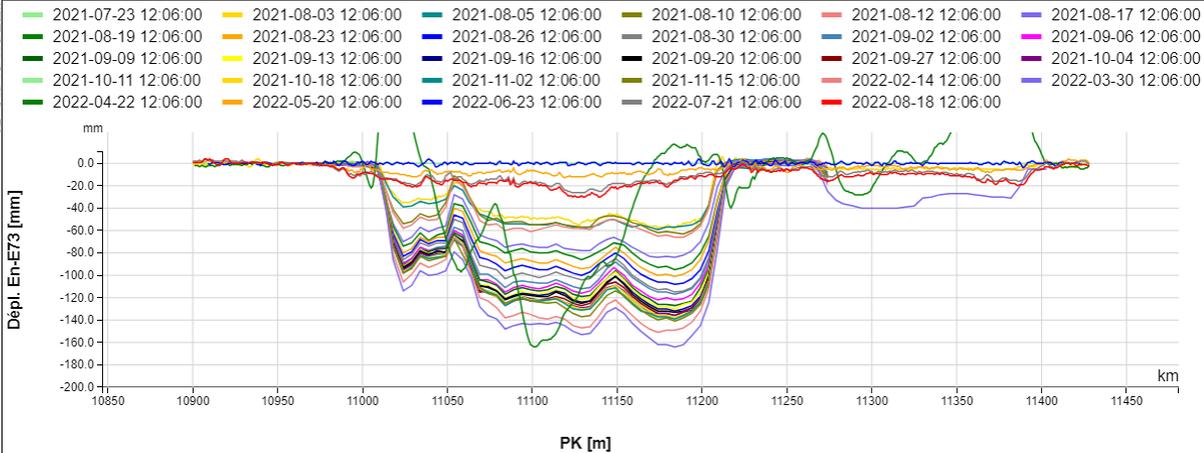


# Surveillance d'ouvrages d'art «traditionnelle»

## Voies ferrées



Déplacements altimétriques par rapport à l'état 75 du 22.04.2022, à l'axe du PDR



## Surveillance par géomonitoring

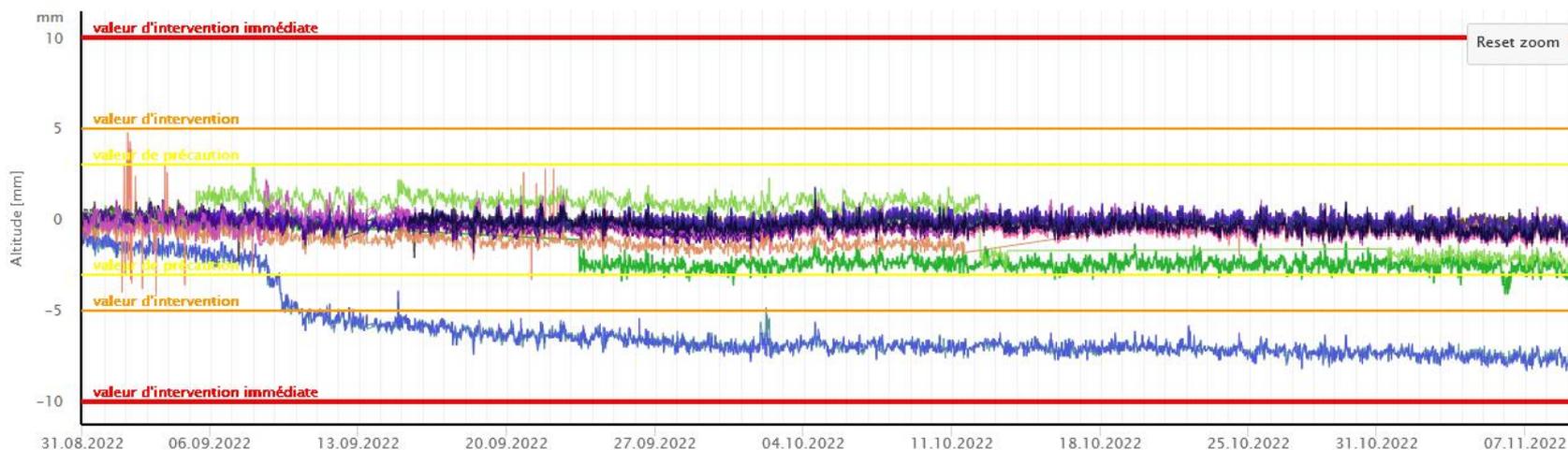
### Définition

Mesures automatisées effectuées à intervalles régulier (1sec à 1 semaine)

Transmissions des résultats sur une plateforme online

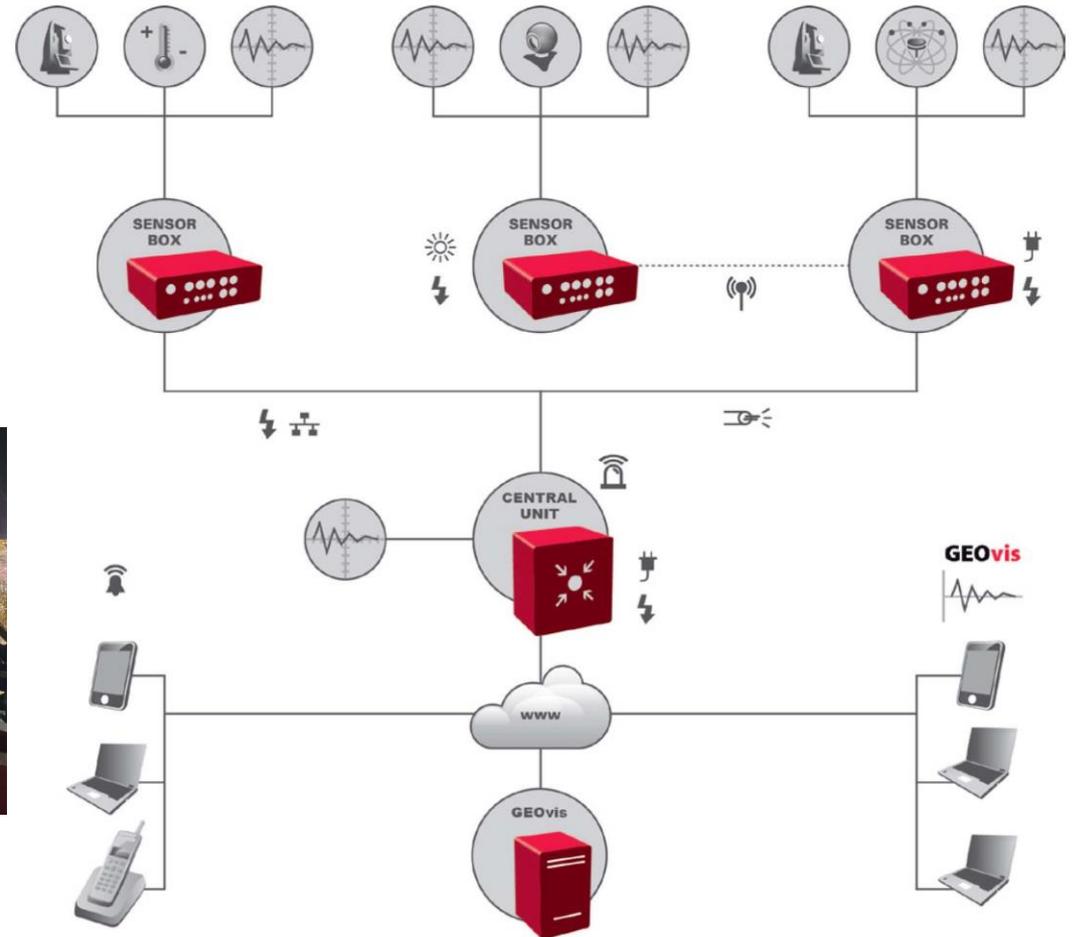
Transmissions des alarmes en cas de dépassement de seuils préalablement définis par le client

- SMS
- Mails
- Signaux lumineux et/ou sonores



## Surveillance par géomonitoring

### Principes / communication



# Contrôle d'ouvrages d'art par mesures géodésiques traditionnelles, automatiques et par drone

## Quelques capteurs couramment utilisés

### Station totale



**Chaine inclinométrique** (mesures de gauche et flèche verticale)

⇒ mesures à la minute, syst. **certifié par CFF**



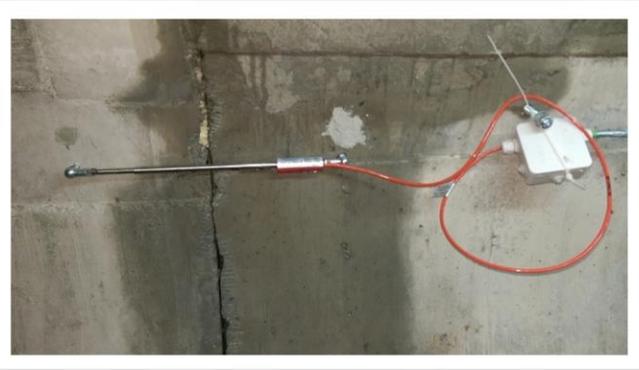
**GNSS low cost**  
(plus ciblé danger naturels)



**Géophone** (mesures de la vibration)



**Extensomètre** (mesures de fissures)

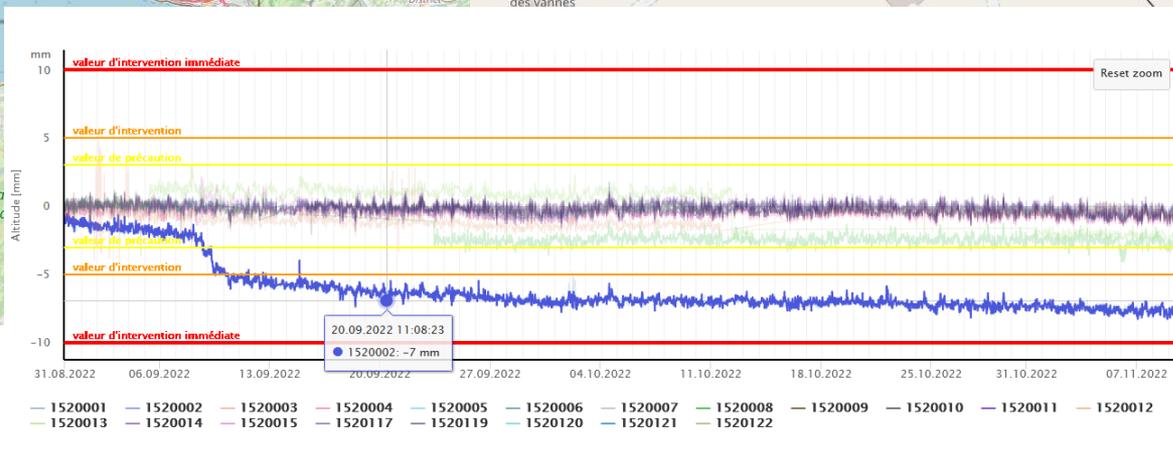
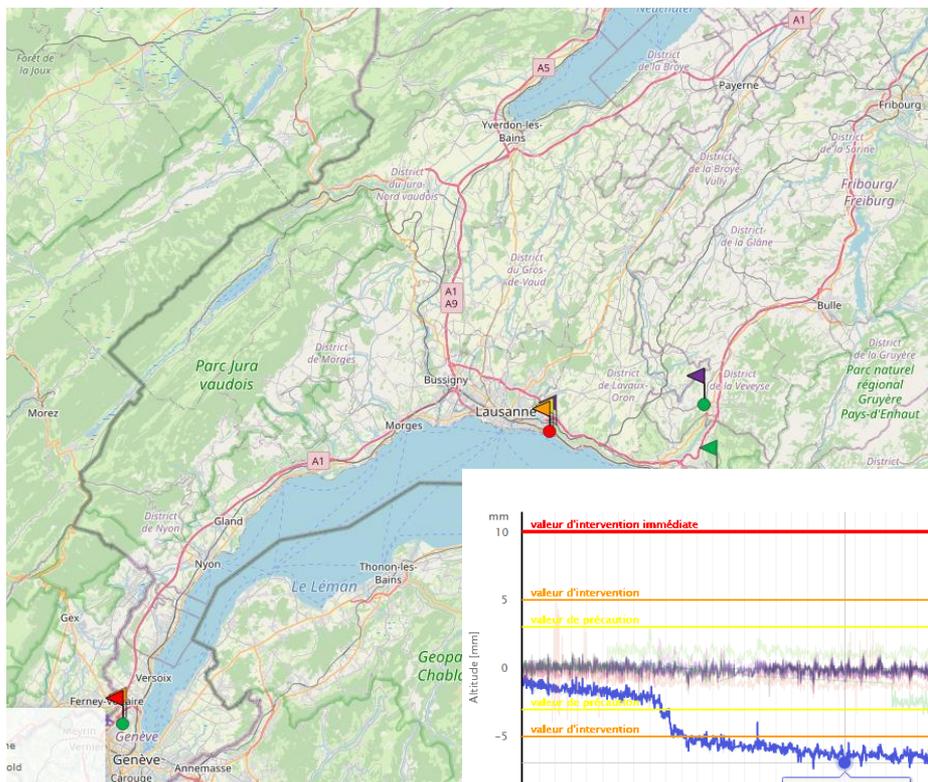


**Hydrostatique** (mesures de nivellement)



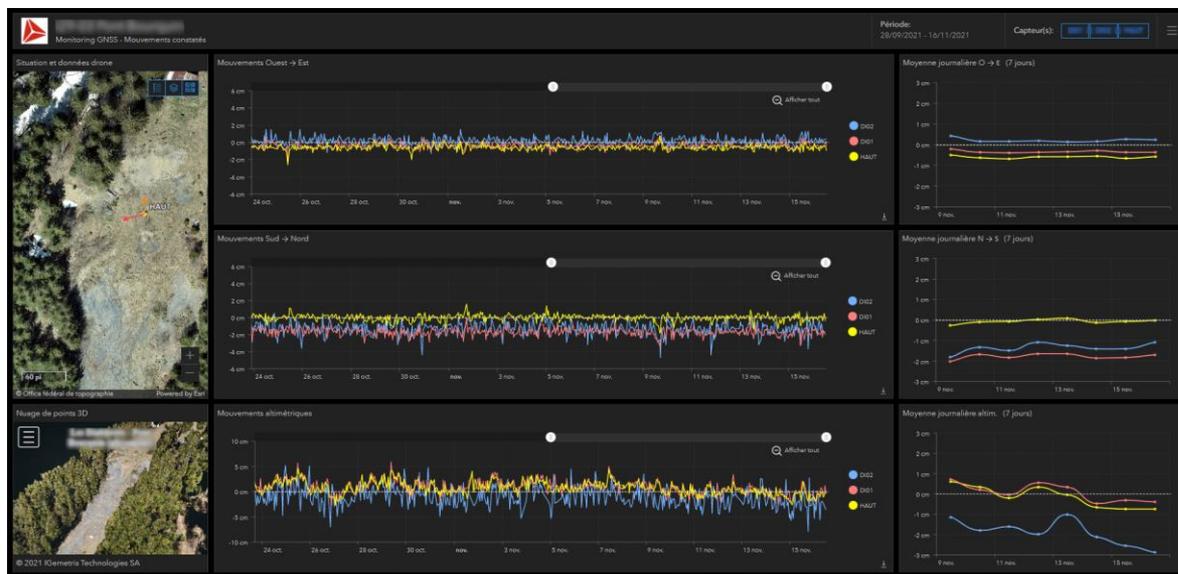
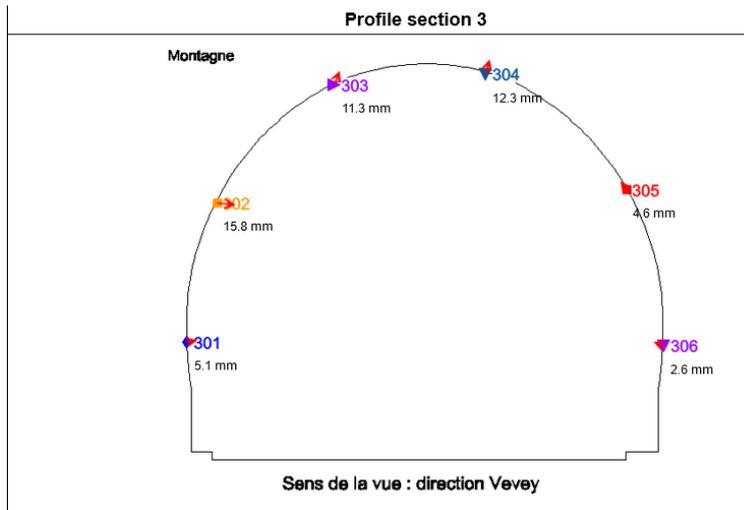
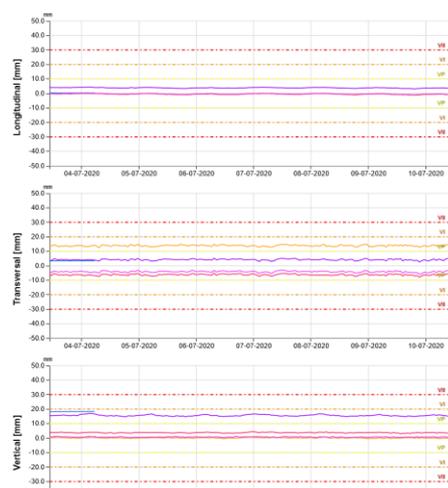
# Surveillance par géomonitoring

Plateforme de visualisation / tableau de bord en temps réel



# Surveillance par géomonitoring

Plateforme de visualisation / tableau de bord en temps réel



## Surveillance par géomonitoring

### Exemples



## Inspection par drone

Inspection  surveillance

Inspection : évaluer les défauts des ouvrages d'art et visualiser leur évolution dans le temps

Surveillance : évaluer des mouvements (1D, 2D, 3D) entre plusieurs séries temporelles

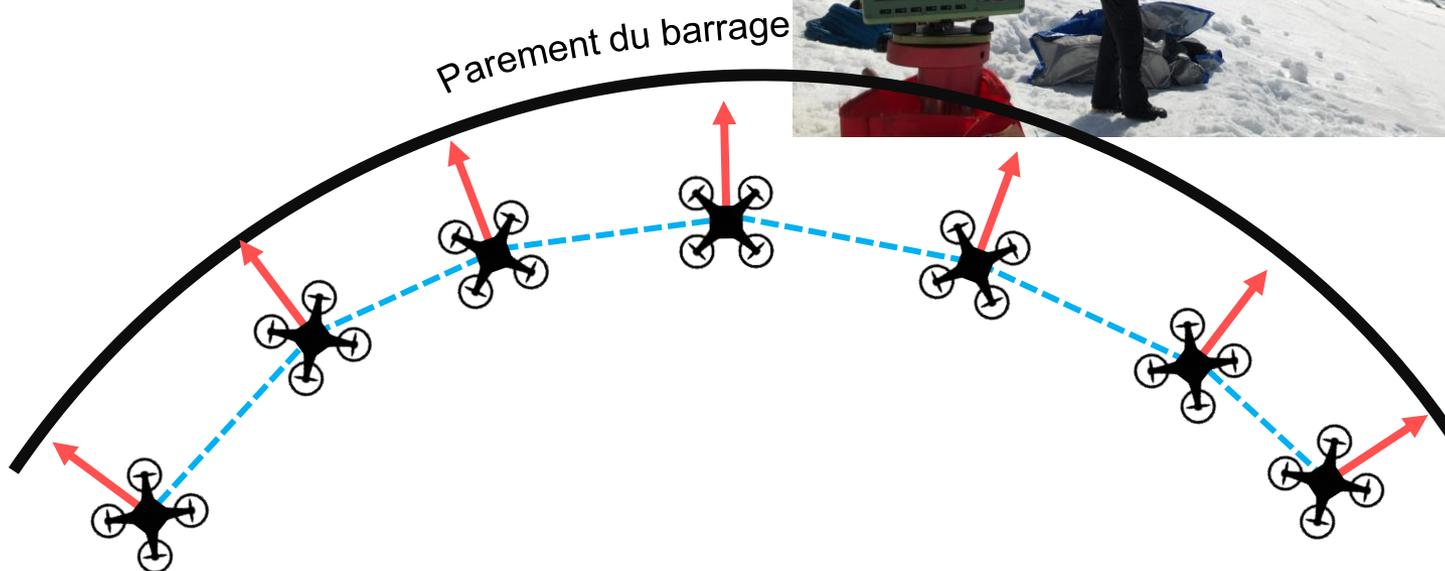
Avec le drone, une surveillance est possible mais pas dans les gammes de précision nécessaire pour les ouvrages d'art.

⇒ Adapté pour les mouvements de falaise par exemple

## Inspection par drone

### Procédé sur le terrain

- Vol rapproché à une distance fixe de l'ouvrage  
=> même taille de pixel  
=> guidage semi-automatique par station totale
- Recouvrement d'au minimum 60%
- Acquisition photos à intervalle régulier
- Mesures de points de calage et de contrôle

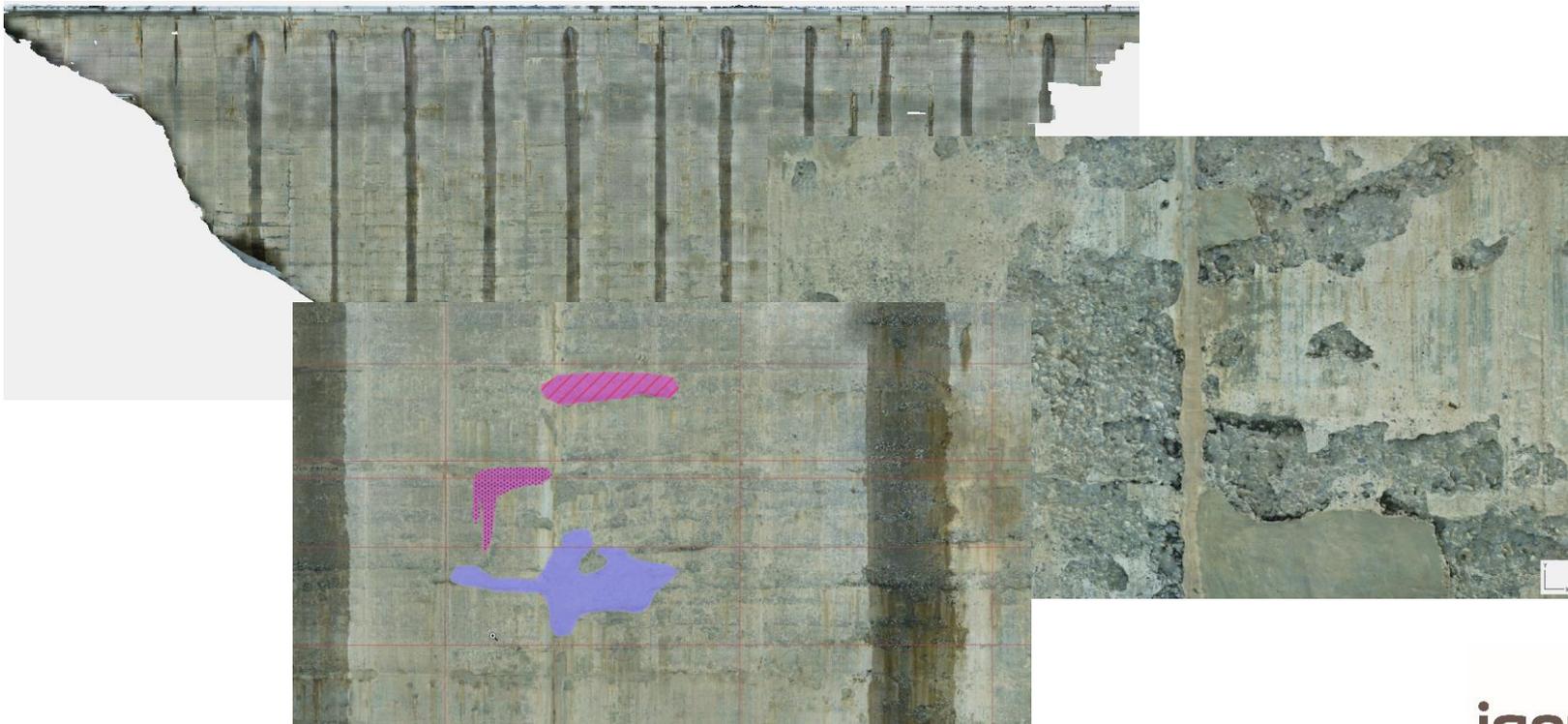


→ Angle de vue de la caméra

## Inspection par drone

### Procédé au bureau

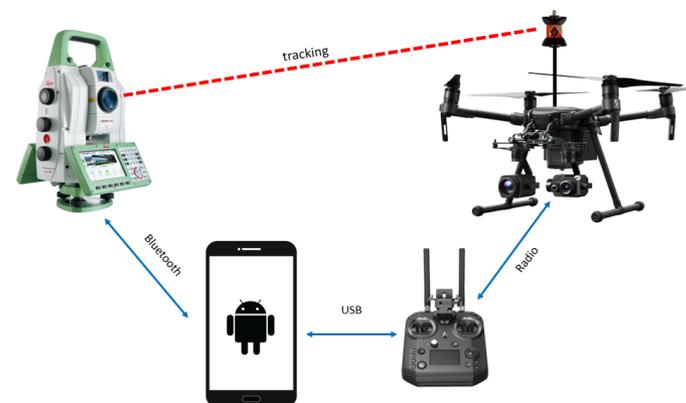
- Géoréférencement de chaque image
- Calcul du bloc d'image
- Génération d'un nuage de points => maillage
- Génération d'un ortho-plan => insertion dans un SIG pour digitalisation des défauts



## Exécution du vol à l'aide d'un guidage externe – Thèse Master

Concept :

1. Installation d'un prisme sur le drone
2. Le prisme est suivi par la station totale et les coordonnées 3D du drone sont calculées
3. Les coordonnées sont envoyées au smartphone via Bluetooth
4. La position du drone est calculée en temps réel en assemblant les coordonnées de la station totale et les vecteurs de vitesse renvoyés par le drone via un filtre de Kalman
5. A partir de la position actuelle du drone, le smartphone calcule les différentes corrections à appliquer sur le drone pour suivre le plan de vol
6. Les commandes de vol sont envoyées et appliquées au drone
7. Des prises de vue sont effectuées selon un intervalle régulier le long du plan de vol
8. Une position calculée par le système est affectée à chaque image



## Conclusions

- Dans le domaine du géomonitoring, les exigences sont hautes et les délais courts
  - Tolochenaz : interventions en 3h et mise en place d'un géomonitoring en 6h
  - Métro M1 : interventions en 2h et mise en place d'un géomonitoring en 6-7h
- Il y a actuellement de nombreux défis sécuritaires à relever, notamment pour les infrastructures (transports, services...), la santé ou le climat (dangers naturels, faune, flore...). Les chantiers sont de plus en plus proches d'éléments déjà construits.
- Si la mise en place des équipements sur le terrain est souvent l'étape la plus critique (délai, sécurité, matériel...), c'est la donnée qui est au centre de l'attention.
- Les géomonitorings ainsi que les outils SIG auxquels ils sont connectés constituent des outils précieux d'aide à la décision, mais aussi de documentation factuelle et de sensibilisation.



# Merci pour votre attention

Marty David

Place du Nord 6, 1071 Chexbres

Route de Chandoline 25b, 1950 Sion

Sur la Brassière 3, 2605 Sonceboz-Sombeval

[info@gemetris.ch](mailto:info@gemetris.ch) / [www.igemetris.ch](http://www.igemetris.ch)