

AD-SIGNVVM
UN SIGNAL D'AVANCE

Auscultation (dé)connectée d'ouvrages d'art



Auscultation ...

Besoin : disposer d'un **système d'aide à la décision économique**, pour le traitement du problème de la **maintenance des structures de génie civil**

Objectif : **alerte de premier niveau**

Point de départ : l'**Analyse Modale Opérationnelle**

Spécifications : système de détection précoce de l'endommagement, permanent et continu, utilisant un minimum de capteurs, autonomes, **sans câbles**.

... déconnectée

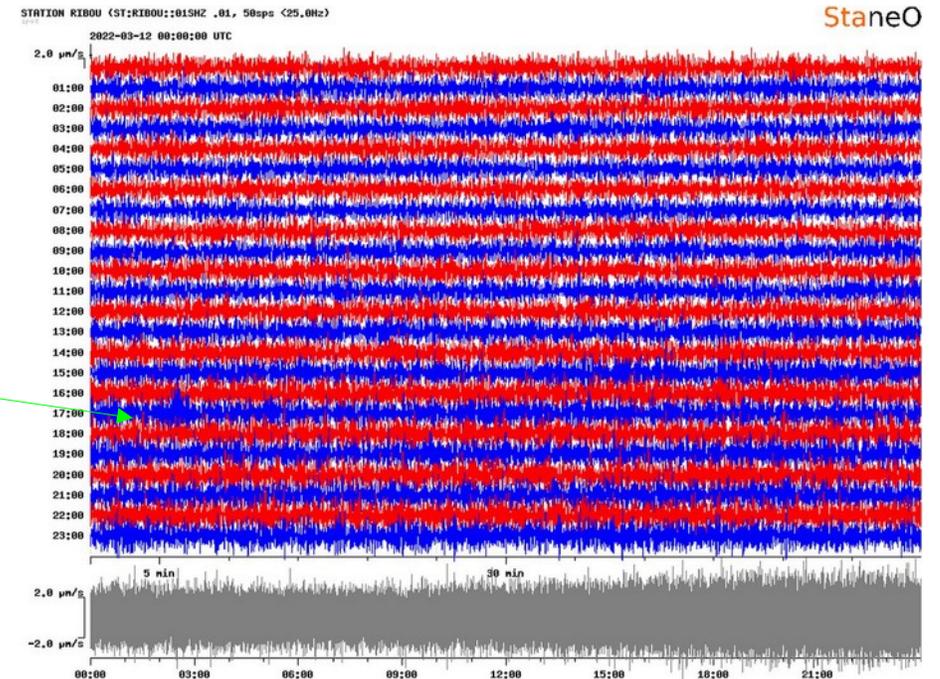
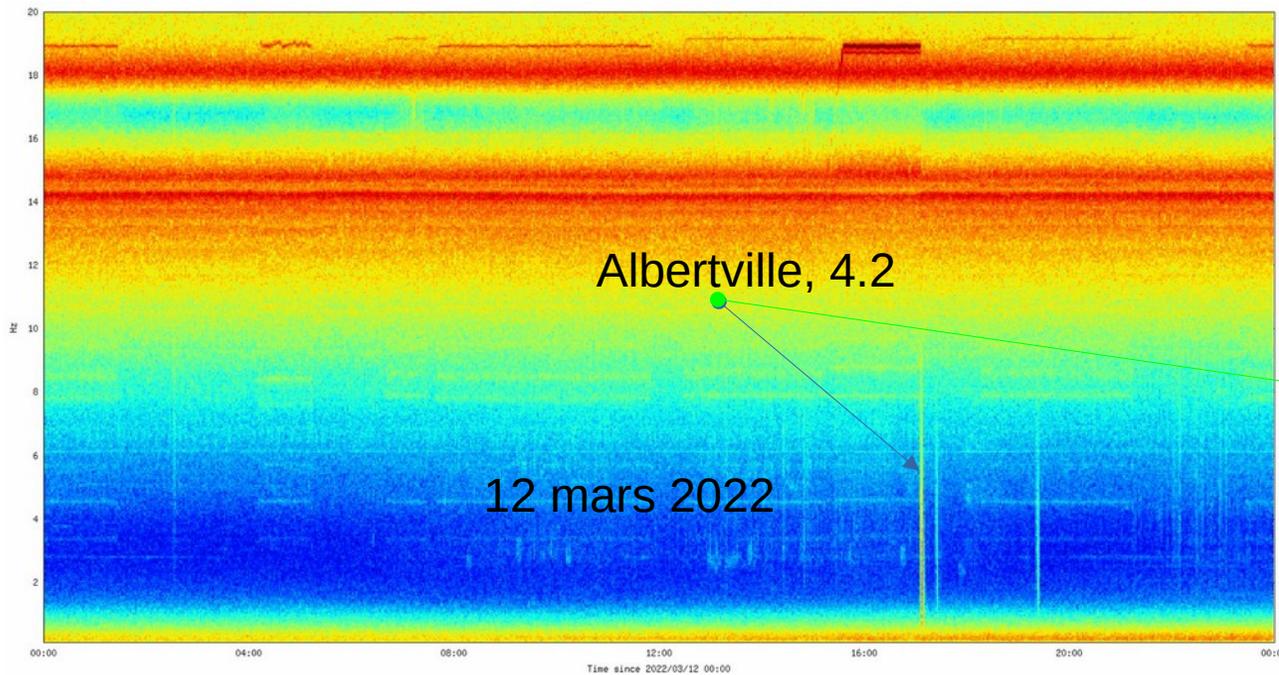
Contraintes techniques : **PAS DE CÂBLE** donc...

- faible consommation
- système non synchronisé (au sens géophysique/TNS)
- réduction extrême de l'information transmise

Étapes clés du développement :

- thèse CIFRE démarrée en **juin 2015**, soutenue en juillet 2018
- **brevet déposé** à l'issue des travaux de thèse, extension internationale en cours
- pilotes long terme
- **financement de la R&D 2015-2021 sur fonds propres** de STANEO
- création d'une filiale en 2021, dédiée au développement commercial du service
- **rapprochement avec SISGEO en 2022**

Étape clé : sélectionner la mesure



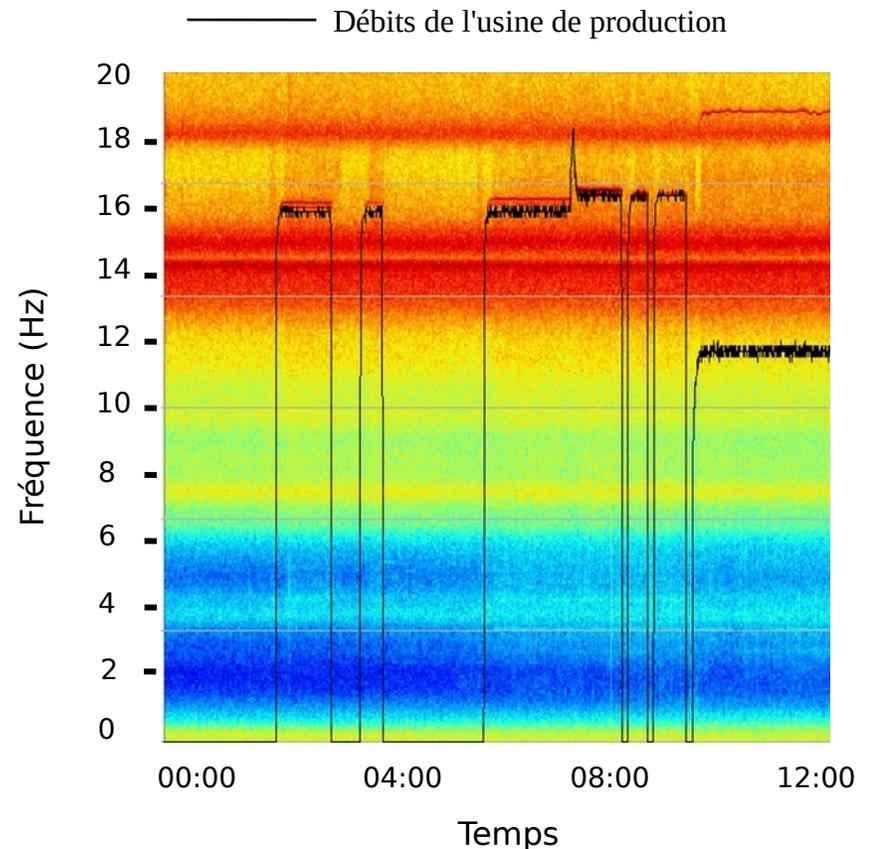
Étape clé : réduire la donnée

Réduire la donnée ... sélection de la mesure pertinente

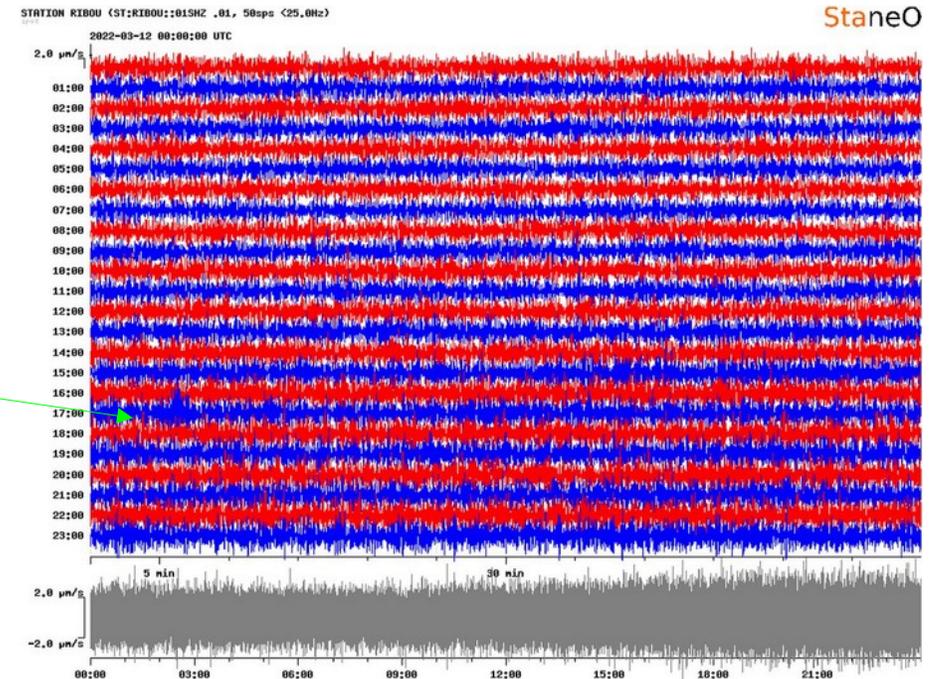
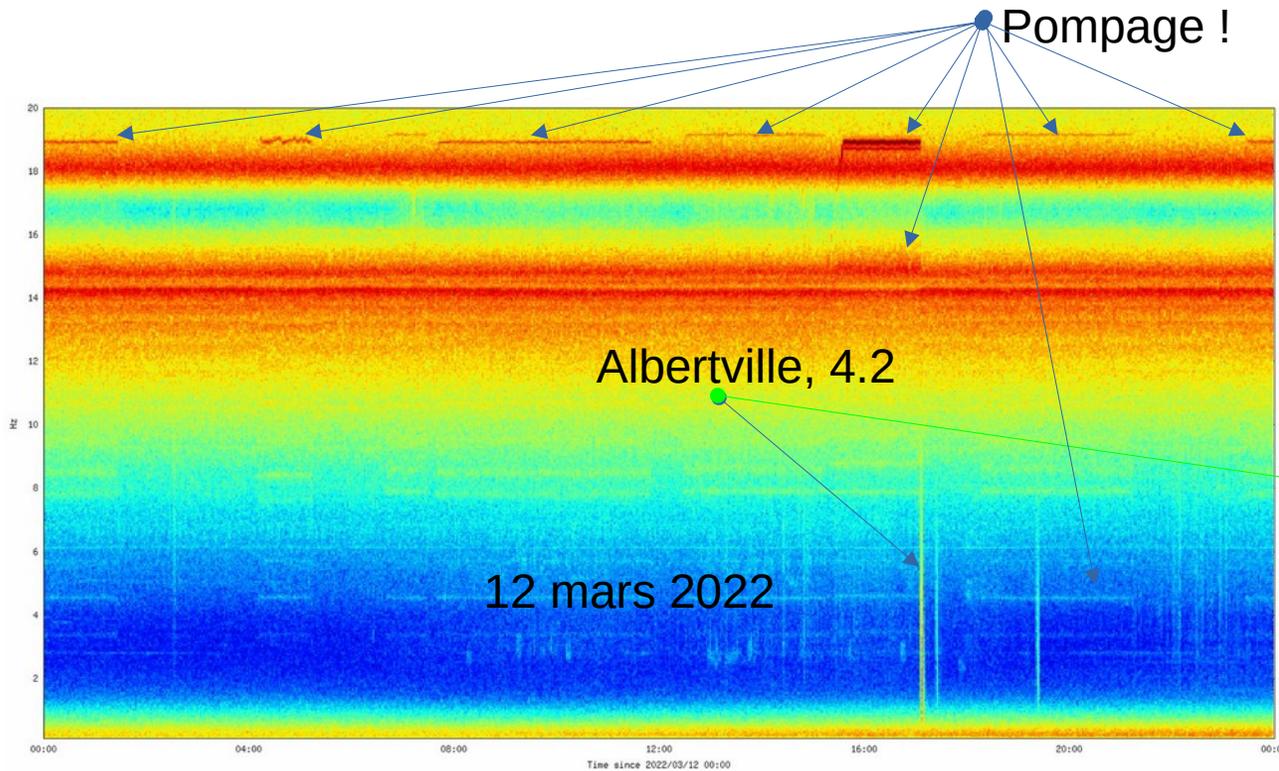
Les mesures sont affectés par des événements externes...

Comment choisir l'instant le plus représentatif de la vibration propre de l'ouvrage ?

→ Calculer TOUTES les DSP, ne garder que celle de plus faible énergie

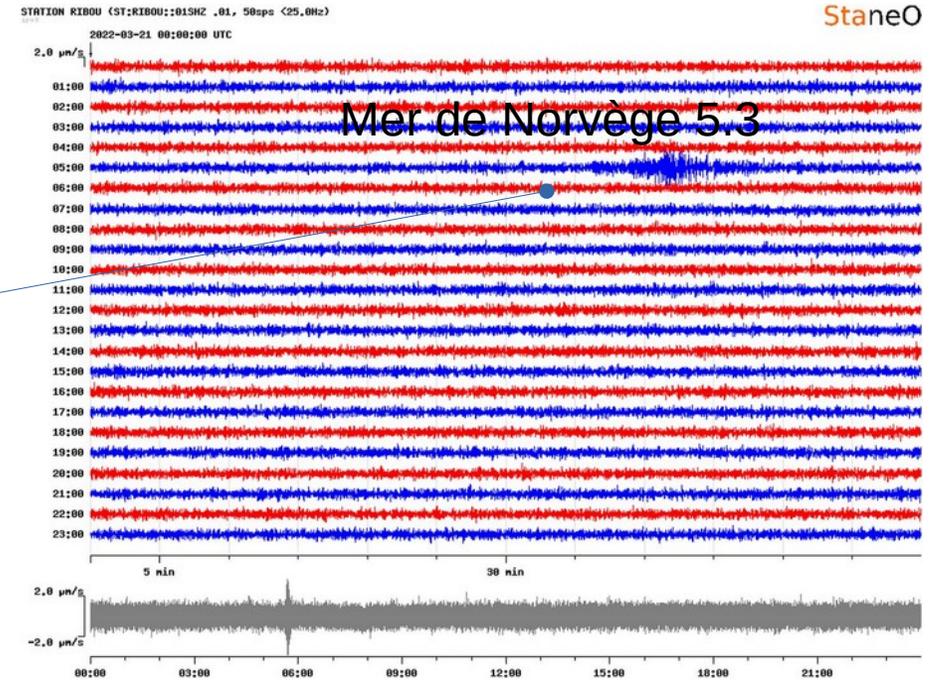
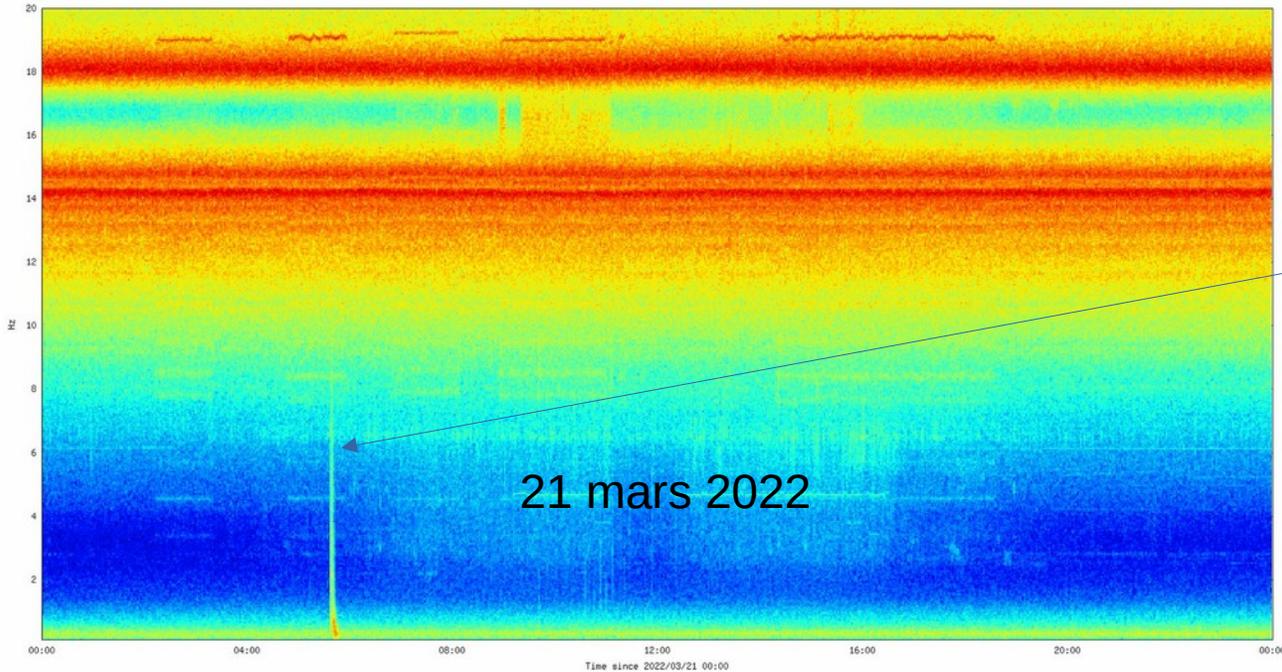


Exemples de signaux complets (barrage)



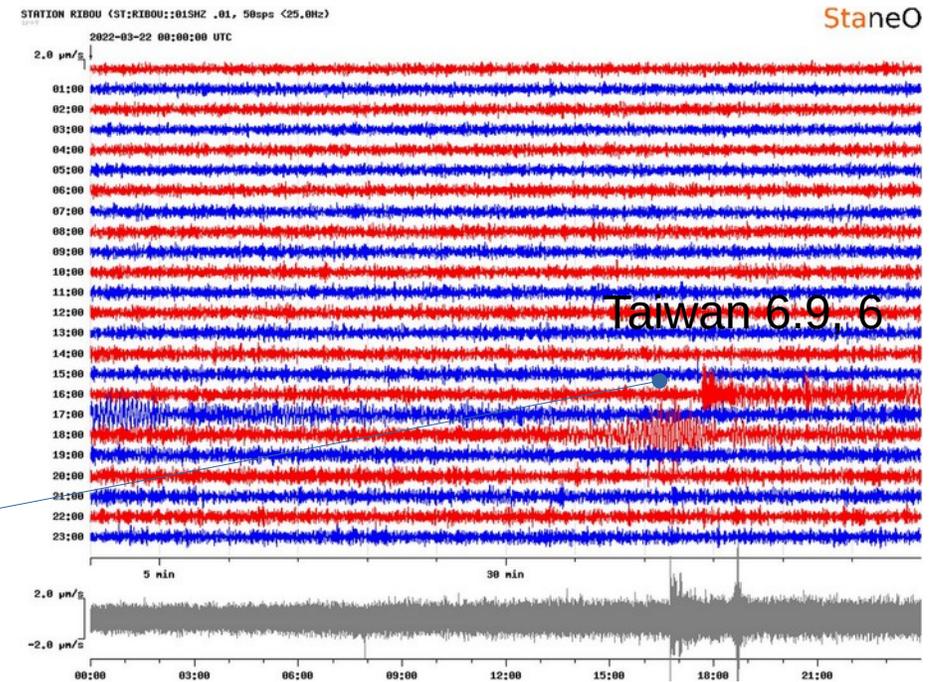
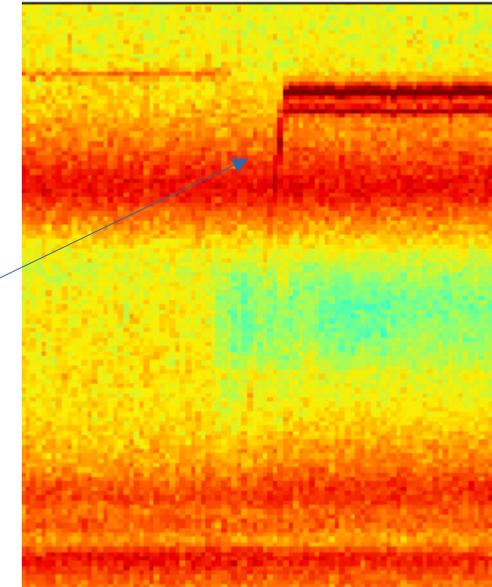
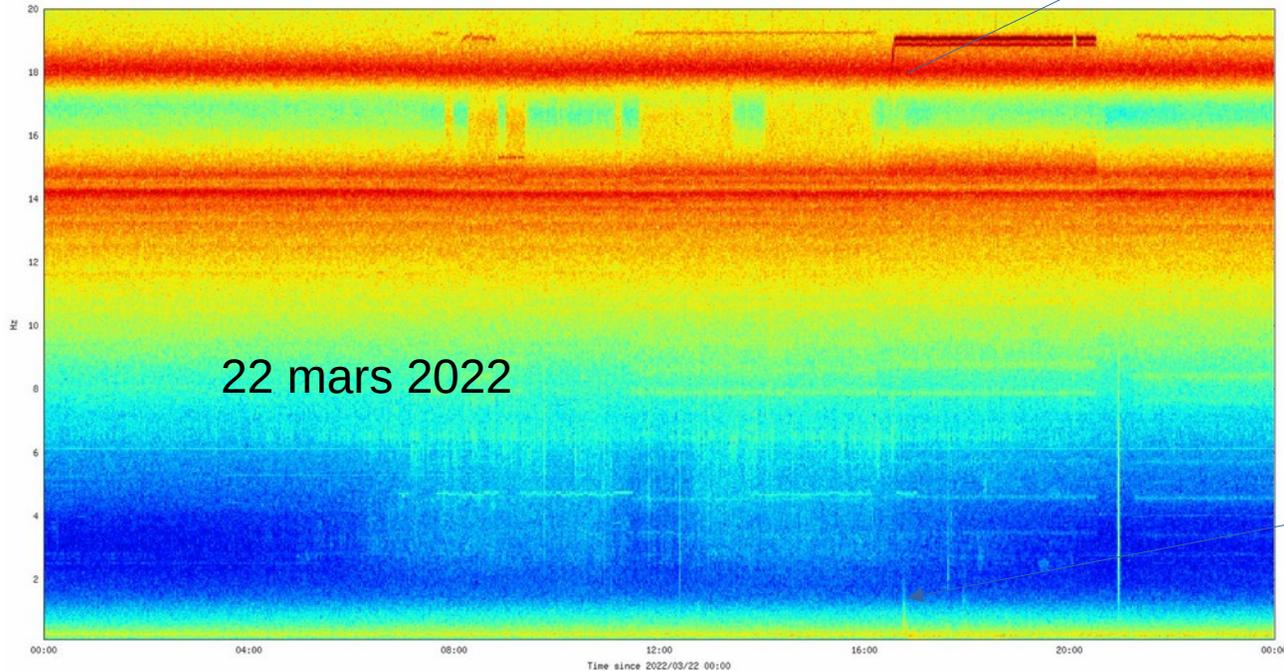
Exemples de signaux complets (barrage)

Pompage !

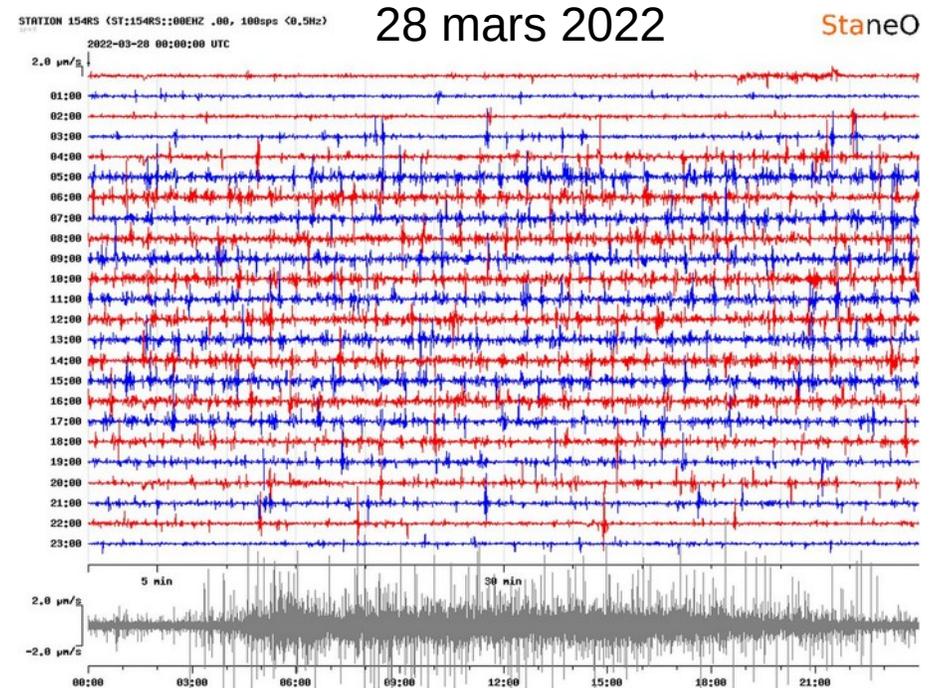
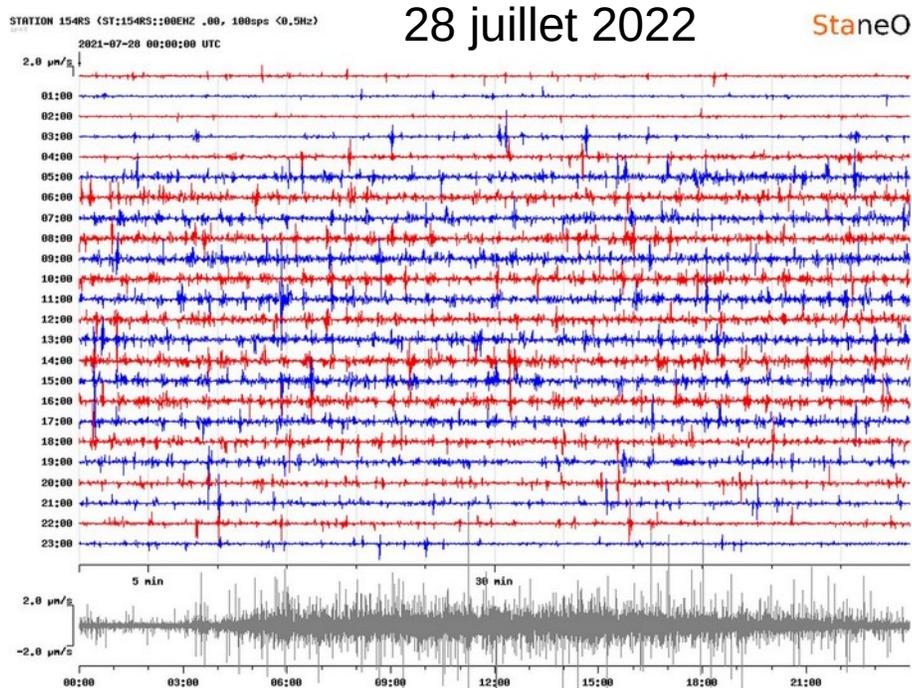


Exemples de signaux complets (barrage)

Pompage !



Exemples de signaux complets (trafic routier, Toulouse)



→ **NÉCESSITÉ DE SÉLECTIONNER LA DONNÉE À UTILISER**

Choisir c'est renoncer...

Contrainte technique : **PAS DE CÂBLE** donc...

- Traiter des données non synchronisées
 - Pas de localisation de l'endommagement
- **Tout traiter mais ne garder que ce qui porte l'information nécessaire et suffisante**
 - Calculer les densités spectrales dans le capteur
 - Considérer celle de plus petite norme comme la plus représentative de la structure (moindre énergie = plus de structure, moins de perturbations externes)
- Compresser la donnée :
 - Ne transmettre que les pics

En grandeur réelle

X : station sismologique =
numériseur + sismomètre +
batterie 45Ah + panneau
100Wc + GPS-GSM +
pieuvre de câbles, sur l'appui
à la base du barrage

X : PROBE-2 = panneau
10W + boîtier, installé en
crête



En grandeur réelle

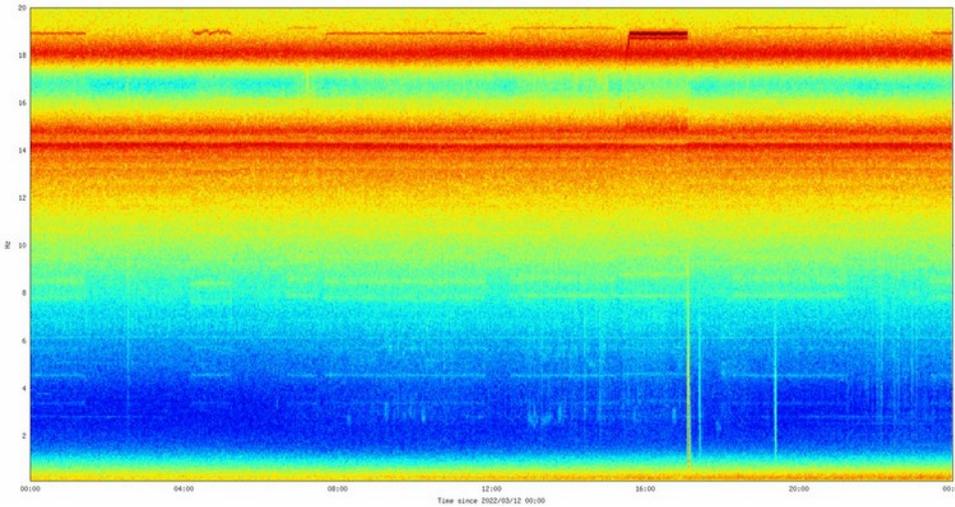


Validation du capteur sur le barrage de Ribou

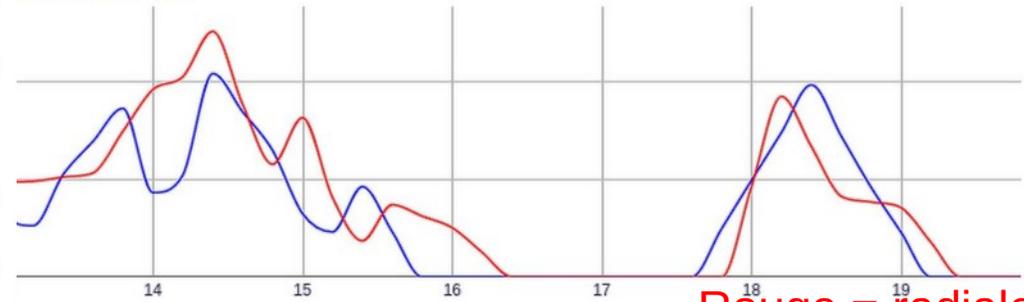
Septembre 2020 :
installation du système
dédié à côté du système
sismologique en place
depuis 2018



Exemples de données sélectionnées : Barrage de Ribou, station sismique



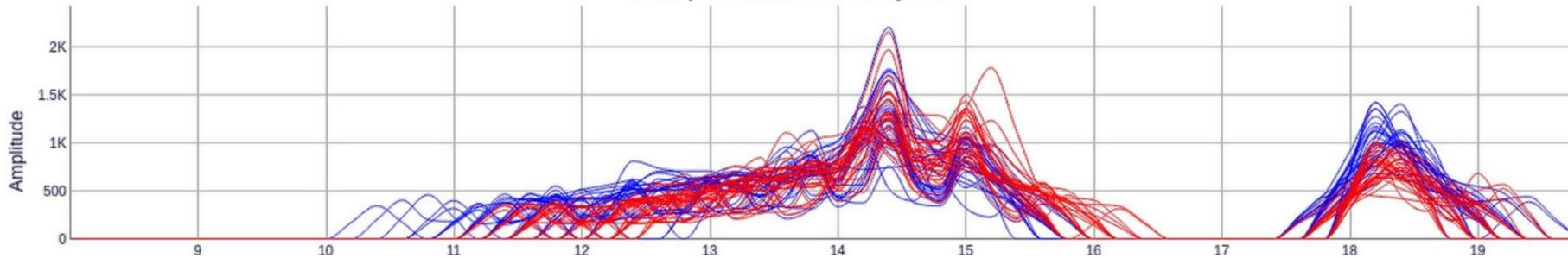
Dernières PSD



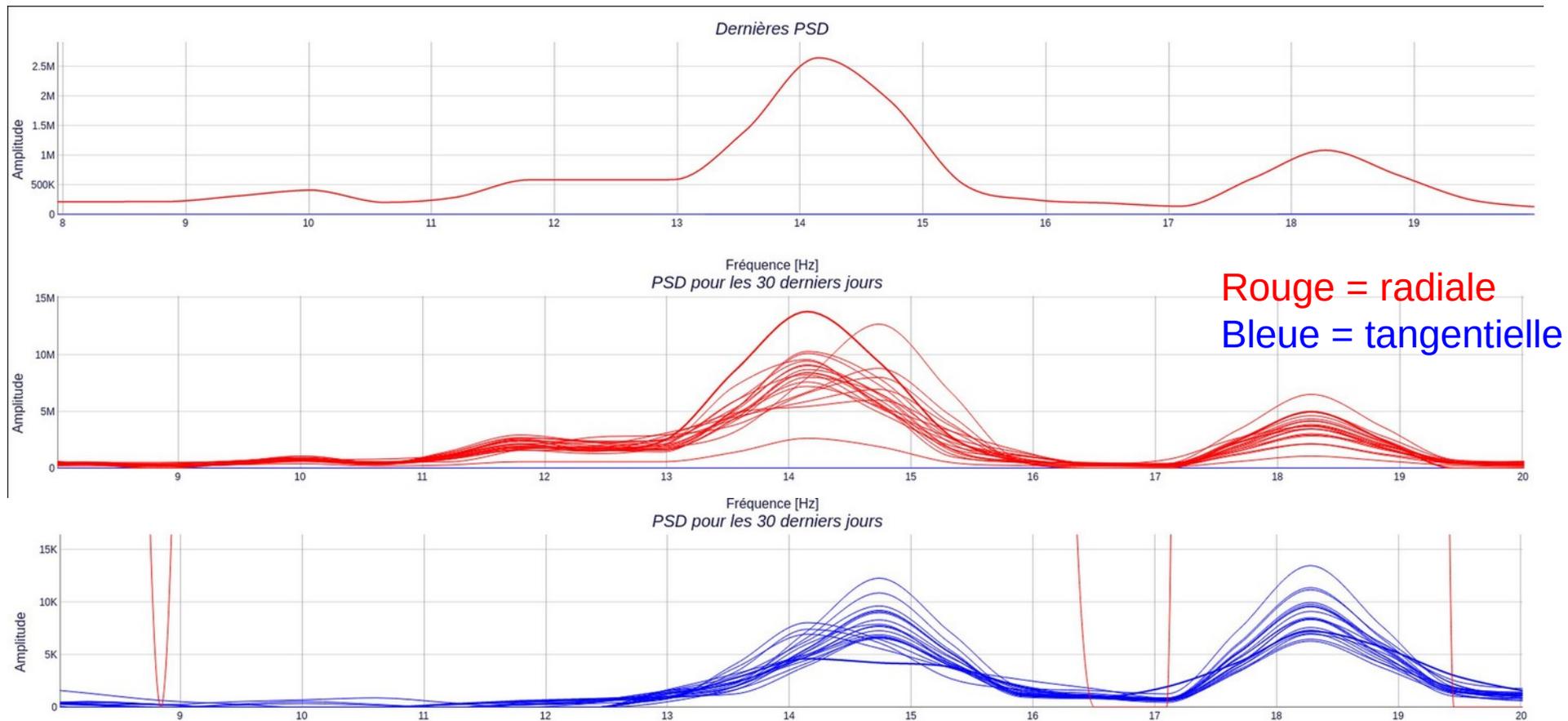
Rouge = radiale

Bleue = tangentielle

PSD pour les 30 derniers jours

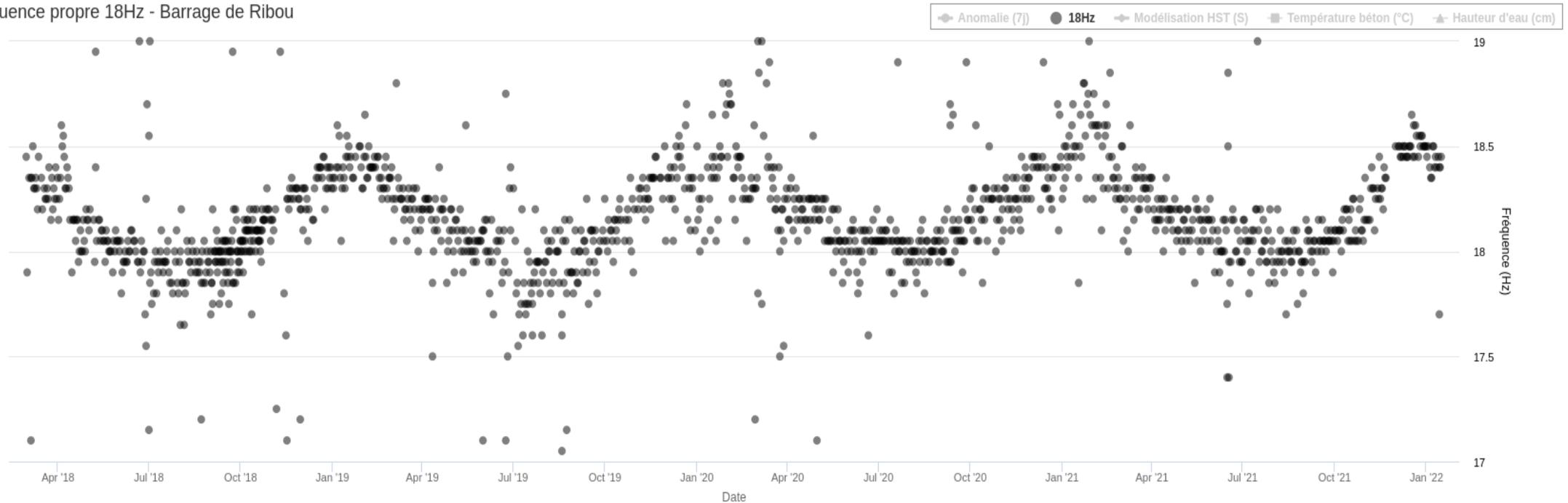


Exemples de données Sélectionnées : Barrage de Ribou, PROBE-2



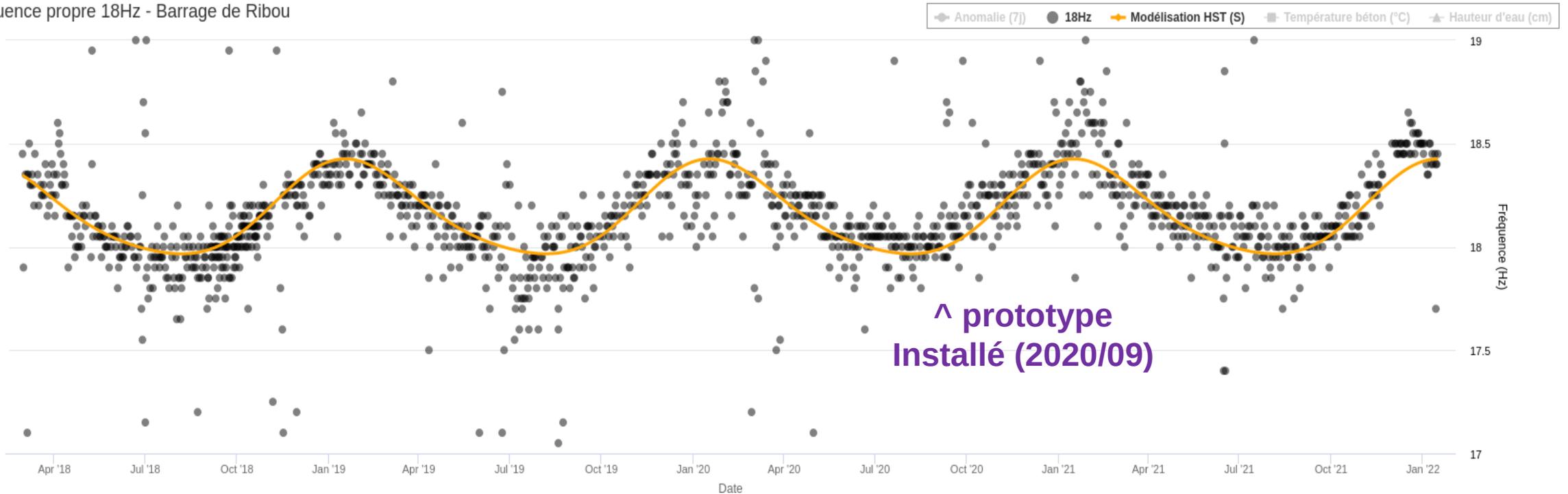
Résultats de 4 ans de suivi du barrage de Ribou

Fréquence propre 18Hz - Barrage de Ribou



Modélisation HST (~~H~~ydrostatique, Saison, ~~T~~emps)

Fréquence propre 18Hz - Barrage de Ribou



Étanchéité IP65/IP68

- installation en extérieur

3 Capteurs d'accélération

- grande dynamique (inclinaison, chocs)

3 Capteurs de vitesse

- très haute sensibilité (qualité sismologique)
- « large » bande : 1s/5s → 150Hz

Métrologie

- sensibilité vibration : 62 nm/s
- sensibilité inclinaison : $< 0.03^\circ$
- dynamique totale (1-150 Hz) : $> 200\text{dB}$
- bande passante totale DC-150 Hz

Paramétrable

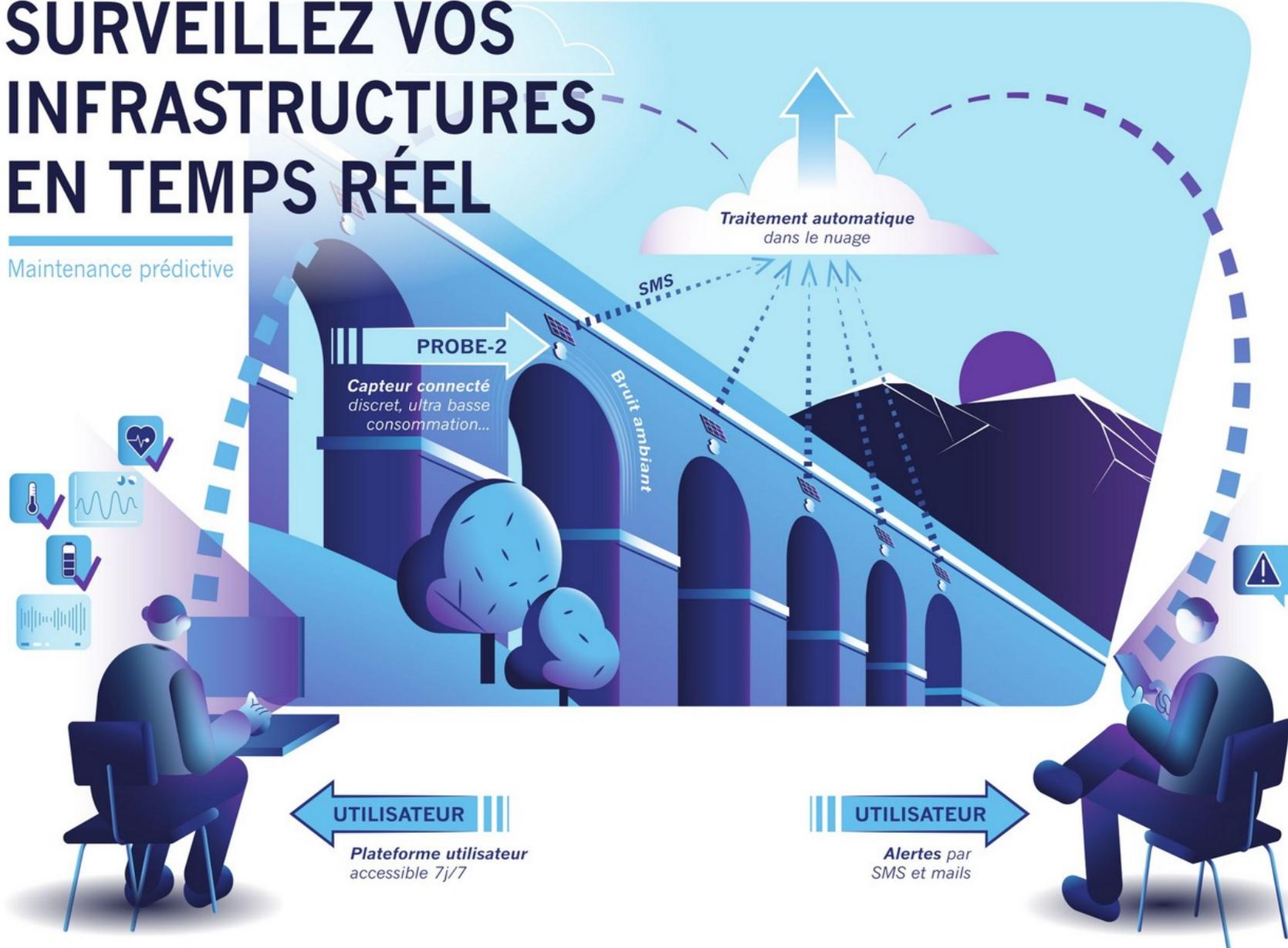
- périodes d'émission, paramètres des spectres ...
- communication SMS/LORA/Sigfox



AVEC AD-SIGNUM

SURVEILLEZ VOS INFRASTRUCTURES EN TEMPS RÉEL

Maintenance prédictive



PROBE-2
Capteur connecté



TRAITEMENT AUTOMATIQUE



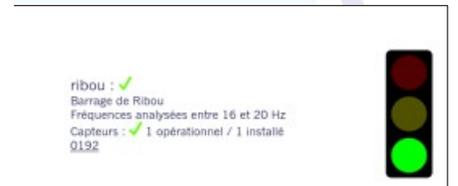
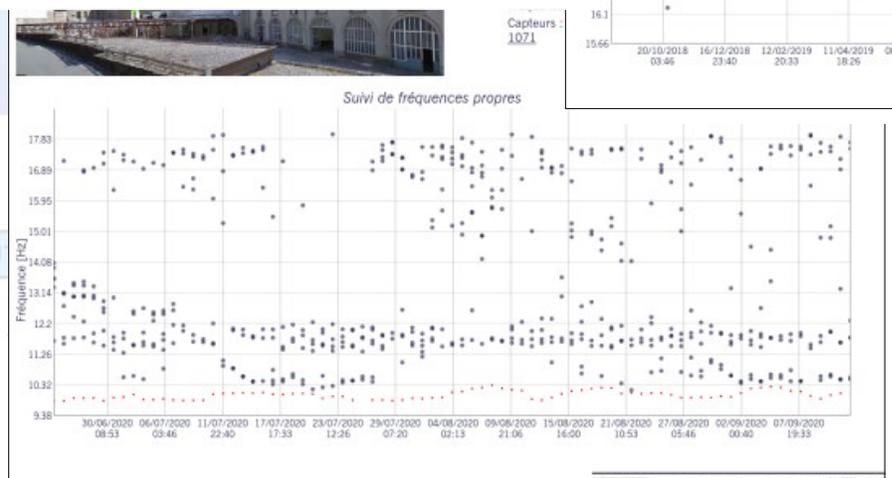
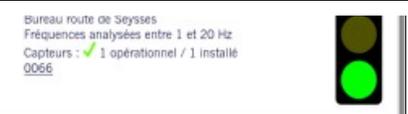
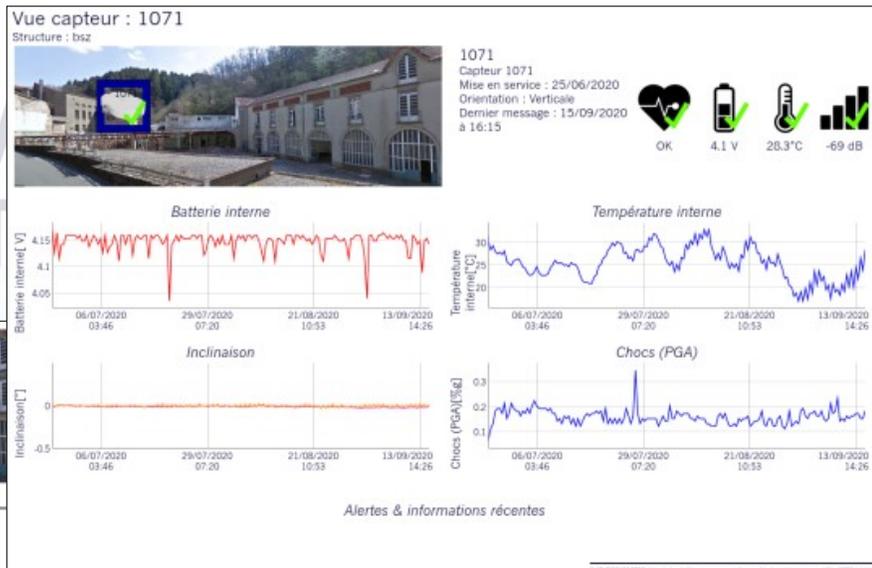
SUIVI ET ALERTE
Maintenance prédictive de la structure et des infrastructures

*Industrial Internet

AVEC AD-SIGNUM

SURVEILLENZ V INFRASTRUCT EN TEMPS RÉ

Maintenance p



Modélisation HST (**H**ydrostatique, **S**aison, **T**emps)

H: influence **réversible** correspondant à l'effet de la charge hydrostatique

$$H = b_6 Z + b_7 Z^2 + b_8 Z^3 + b_9 Z^4$$

S: influence **réversible** saisonnière

$$S = b_{10} \cos(s) + b_{11} \sin(s) + b_{12} \cos(2s) + b_{13} \sin(2s)$$

T: évolution **irréversible** du phénomène dans le temps

$$T = b_1 e^{\frac{-t}{t_0}} + b_2 t + b_3 t^2 + b_4 t^3 + b_5 t^3$$

Modélisation HST = F_0 + ~~X~~ + S + ~~T~~