

Capteurs sismiques et fibres pour l'évaluation des risques

Cécile Cornou et Olivier Coutant

La fibre optique

Accronyme: DAS
(Distributed Acoustic Sensing)

Olivier Coutant

olivier.coutant@univ-grenoble-alpes.fr

Comment fonctionne la mesure sismique dans une fibre optique ?

Prenons un télémètre laser pour mesurer la distance d'un mur:



Comment fonctionne la mesure sismique dans une fibre optique ?

Prenons un télémètre laser pour mesurer la distance d'un mur:



Nous lisons **2,365 mètre**

L'instrument a mesuré un temps de propagation de **0,00000008** sec

distance = temps x vitesse de la lumière

Pour le DAS: le pulse laser est envoyé dans une fibre optique

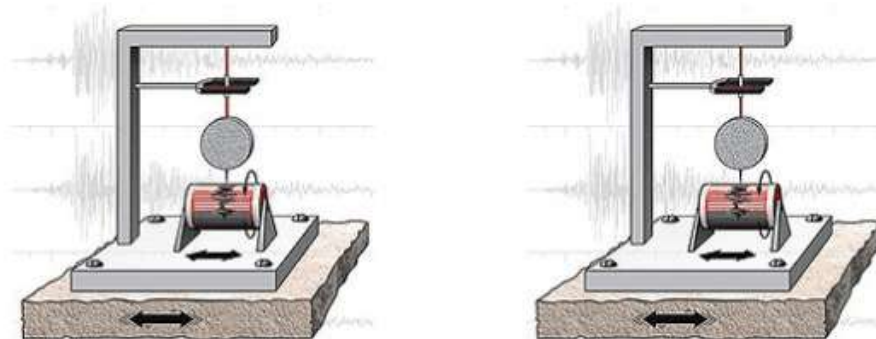


Il est réfléchi par les petites impuretés de la fibre,

On mesure les *temps 1*, *temps 2*,

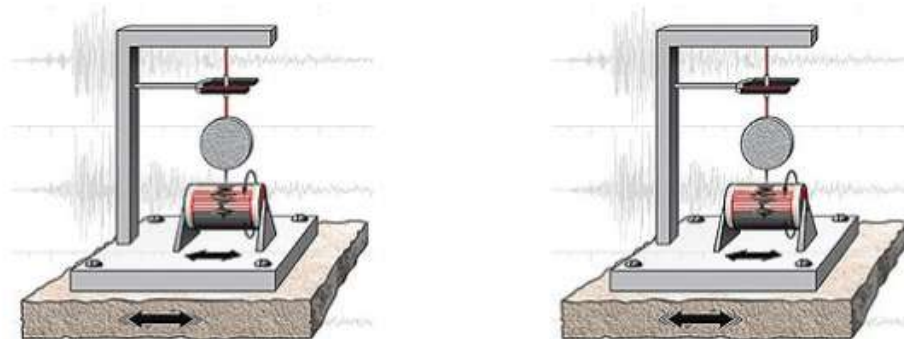
Et donc les distances *longueurs 1*, *longueurs 2*, ...

Nous enregistrons le mouvement le long de la fibre,
« comme » les sismomètres



Deux sismomètres
mesurent les déplacements

Nous n'enregistrons pas le mouvement qui n'est plus parallèle à la fibre, contrairement aux sismomètres



Deux sismomètres mesurent les déplacements

La fibre optique peut donc servir de capteur sismique

- **Unidirectionnel** (dans la direction de la fibre =/ sismomètres 3C)
- sur de **très grandes longueurs** (jusqu'à 100km)
- en se connectant à une **seule extrémité** de la fibre optique
- avec une mesure pour chaque impuretés, c'est-à-dire **partout** (ex. centimètre)
- sur des **fibres télécom standard** (Orange, Bouygues, SFR, ...) ou nos propres fibres

Capteur **mono-composante, moins précis que les sismomètres**, mais

- très long,
- très dense,
- facile à interroger
- la fibre est peu couteuse

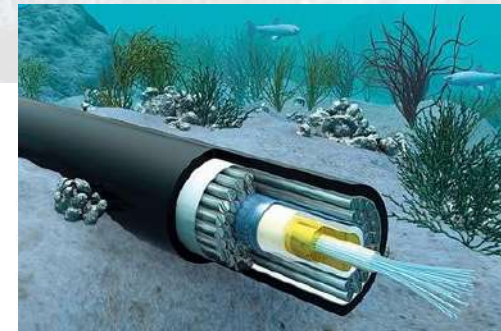
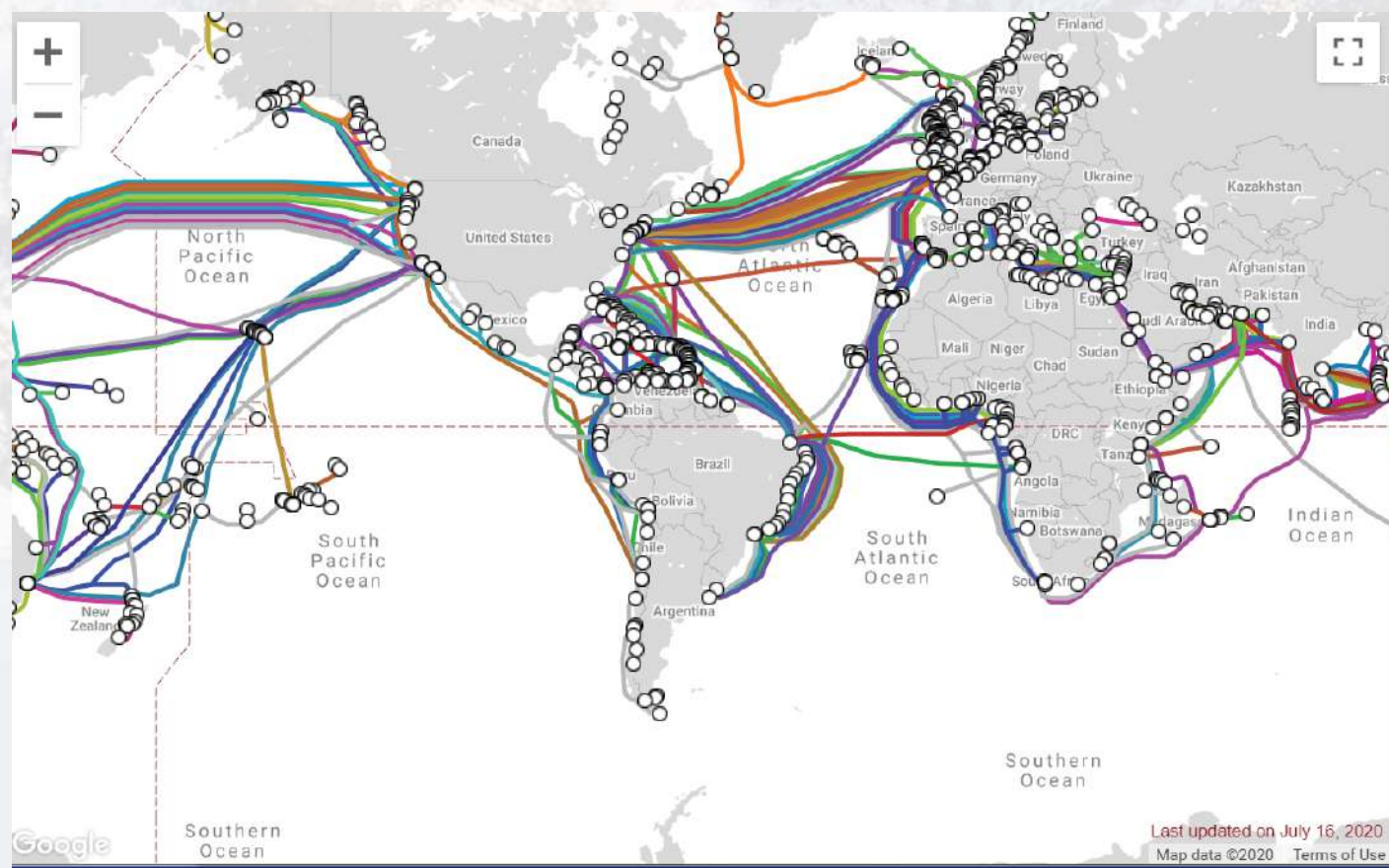
Où ?

- **Câbles commerciaux** avec des fibres inutilisées (dark fibers)
 - En fond de mer
 - En ville
 - En montagne
 - Le long des voies de communication (autoroute, train, tramway)
- **Fibres dédiées**

Quelles
applications

- **Surveillance, détection, localisation:**
 - sismique, glissements de terrain, crues,
- **Etude de structures:** bâtiments, ponts, mines, tunnels
- **Géophysique de subsurface** (ressources hydro, effets de site,..)
monitoring (suivi temporel)
- **Suivi mobilité**

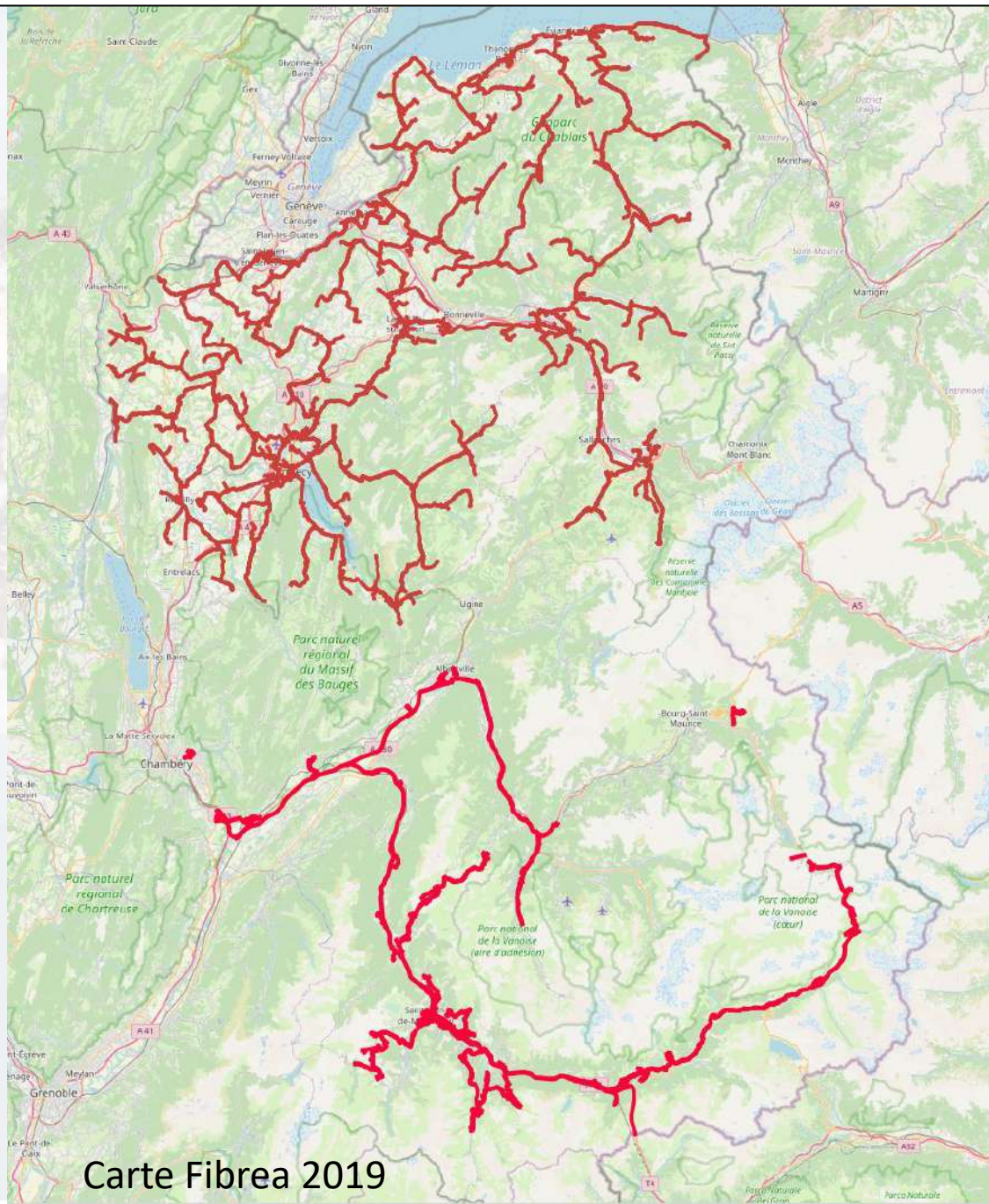
Géophysique marine, distribution des câbles dans les océans



EQUINIX
Sponsored in part by Equinix Feedback **githul**

- #### Submarine Cables
- 2Africa
 - ACS Alaska-Oregon Network (AKORN)
 - Aden-Djibouti
 - Adria-1
 - AEConnect-1
 - Africa Coast to Europe (ACE)
 - Alaska United East (AU-East)
 - Alaska United Southeast (AU-SE)
 - Alaska United Turnagain Arm (AUTA)
 - Alaska United West (AU-West)
 - ALBA-1
- All content © 2020 PriMetrica, Inc.

<https://www.submarinecablemap.com/>



Carte Fibrea 2019

Fibre Telecom en Savoie et Haute-Savoie

Gérée par Fibrea, puis Covage, puis SFR devenu Xp fibre

Intérêts:

- détection localisation sismicité,
glissement de terrain, crues, ...

Xp fibre gère aujourd'hui ce réseau, comment y accéder?

Enregistrement d'un séisme de l'essaim de Maurienne par la fibre La Chapelle – Saint François Longchamp

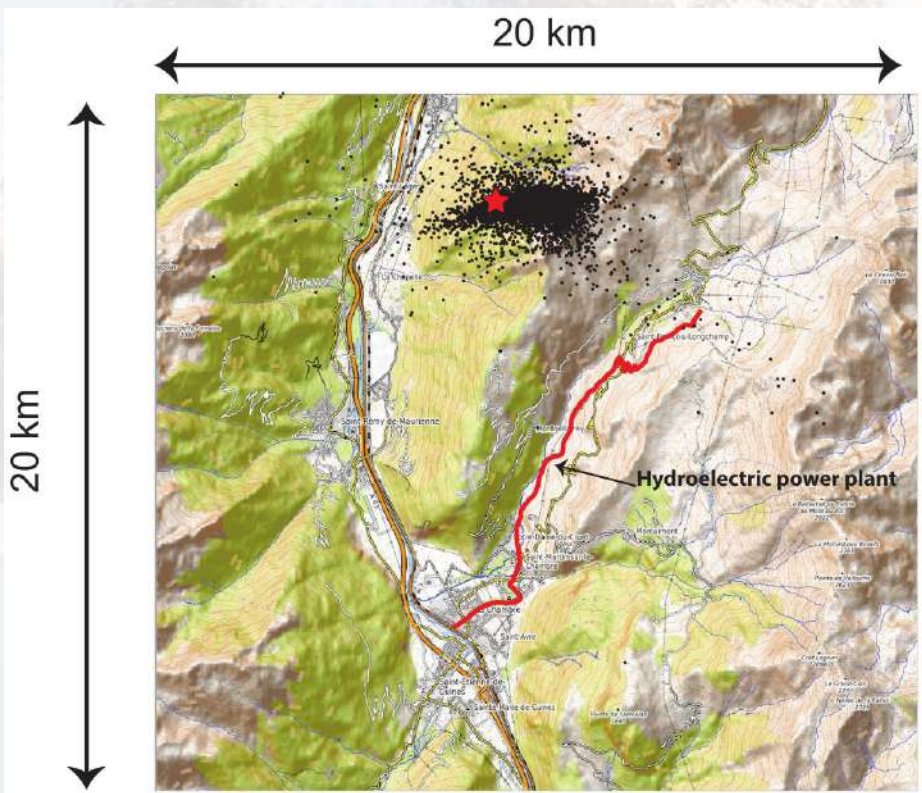
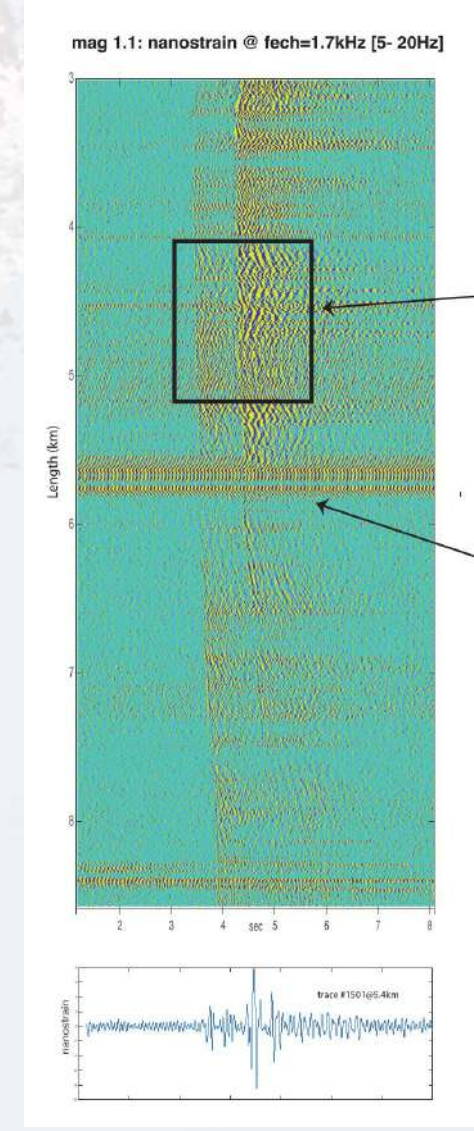
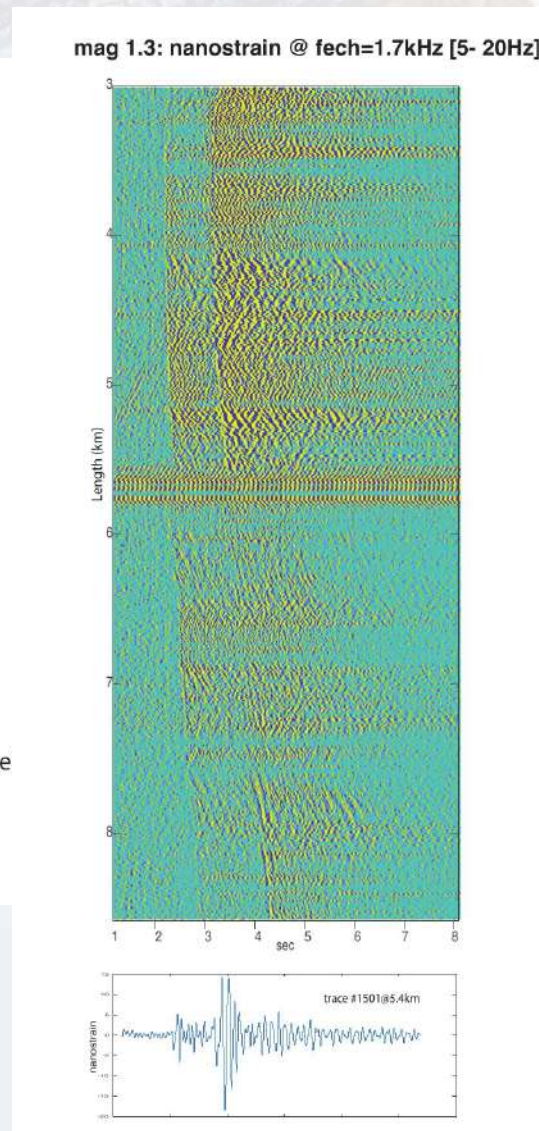


Figure 1: Telecom fiber location (red) and seismic swarm EQs locations (dots & star)

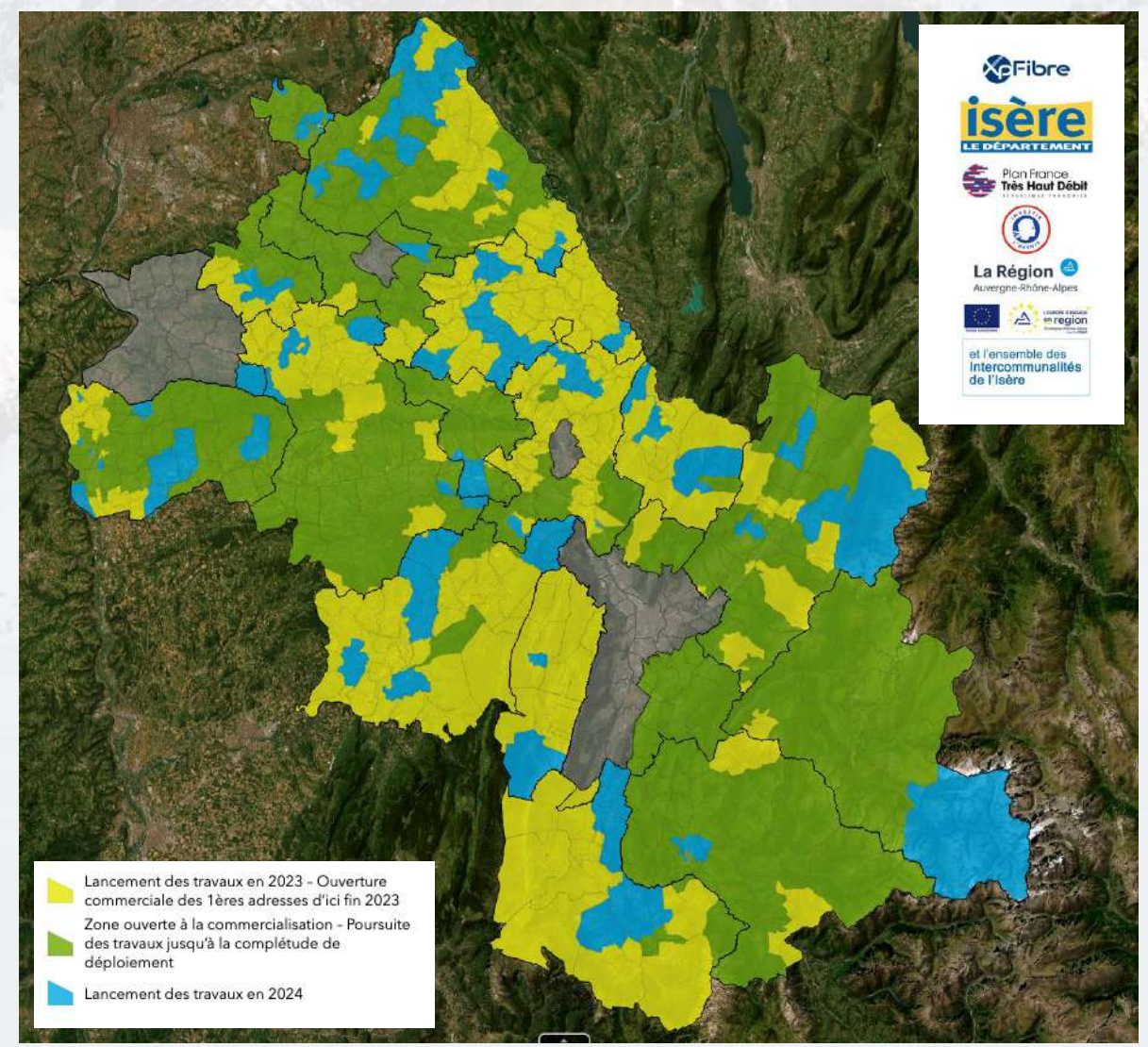
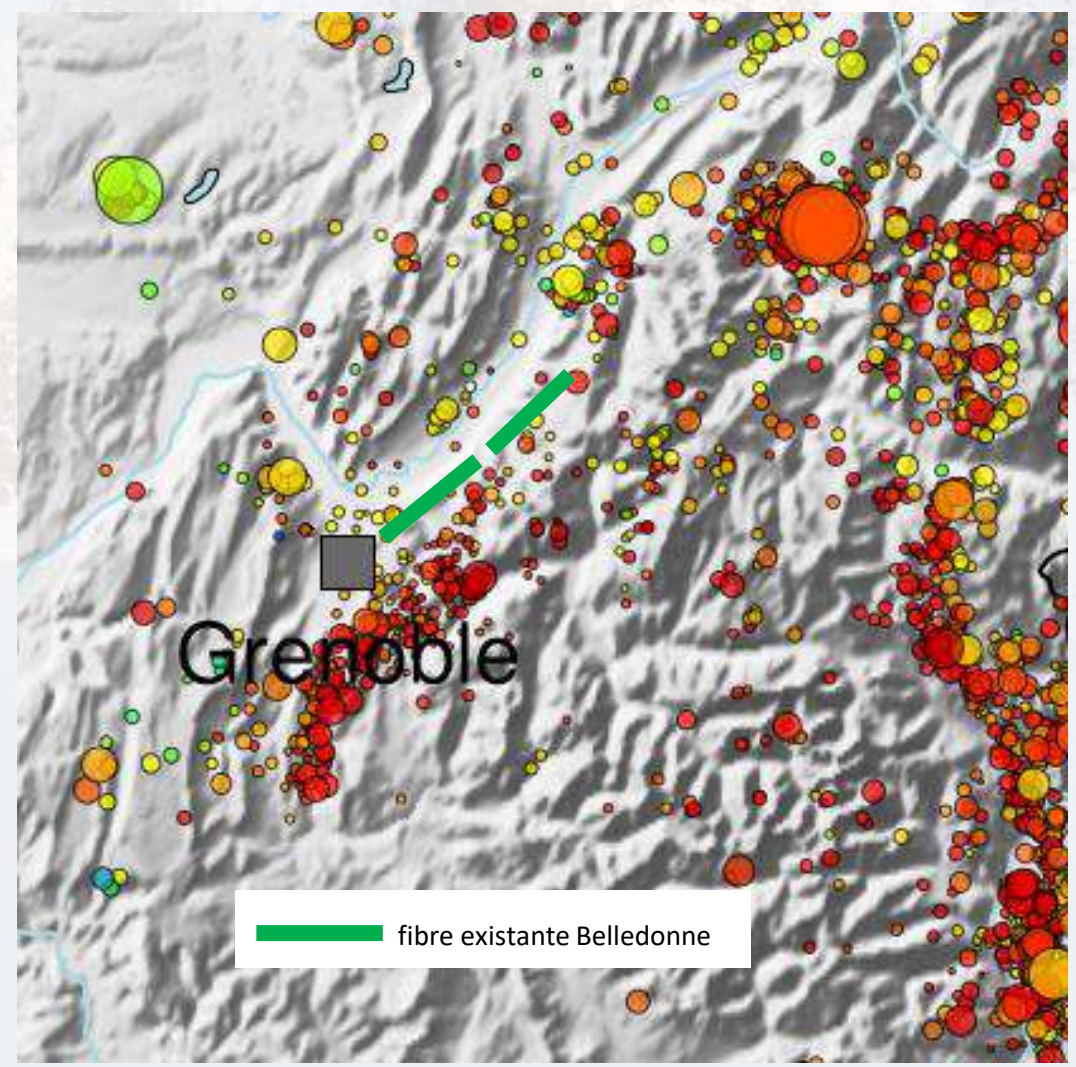


Figure 2: Fiber loose cable inside the PEHD tube (Courtesy of Fibrea-Covage)



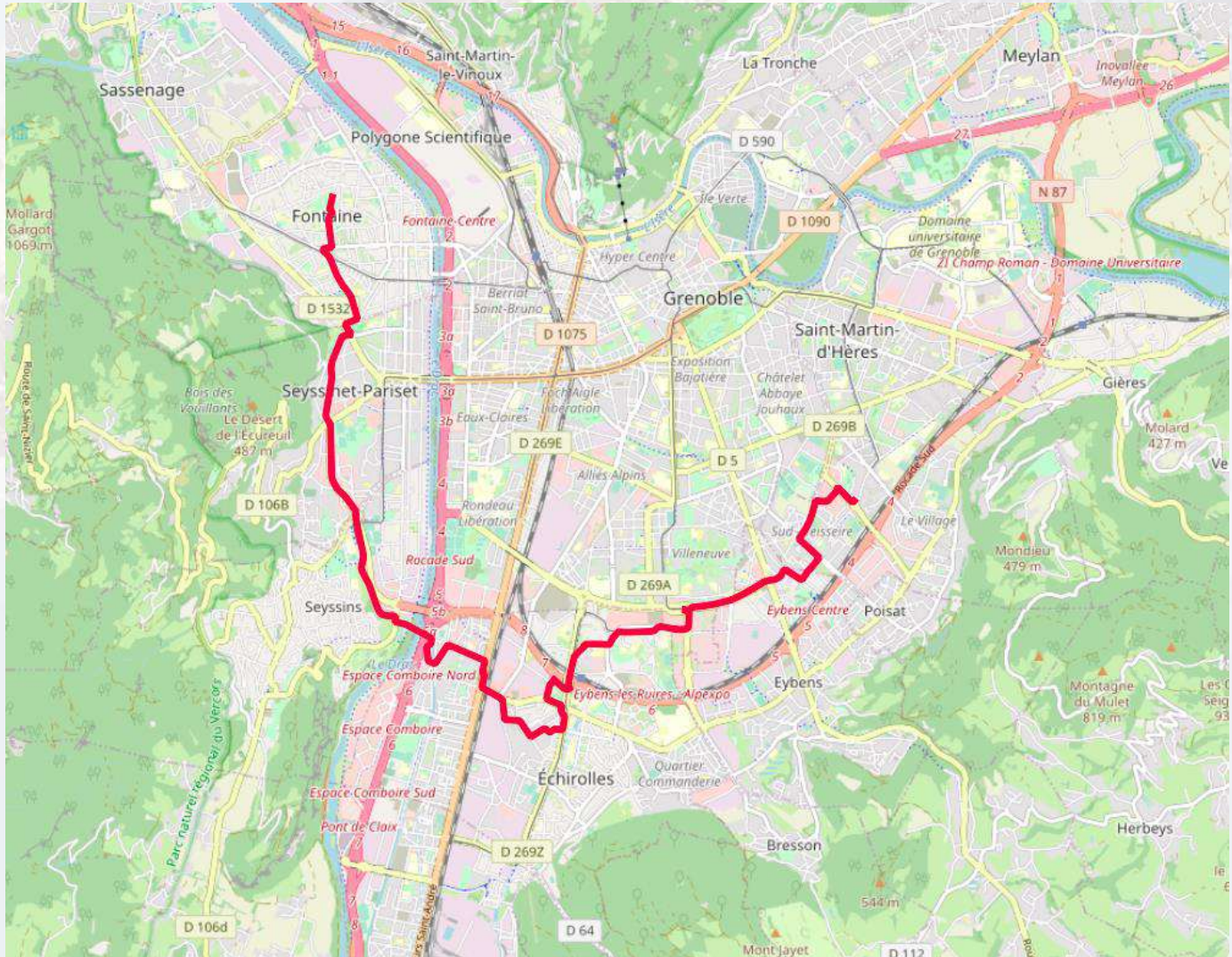
Remerciements à A. Modesto (Fibrea-Covage)

Pour le département de l'Isère (THD38)



La fibre sur Grenoble et la métro

Deux segments (5+9 = 14km)

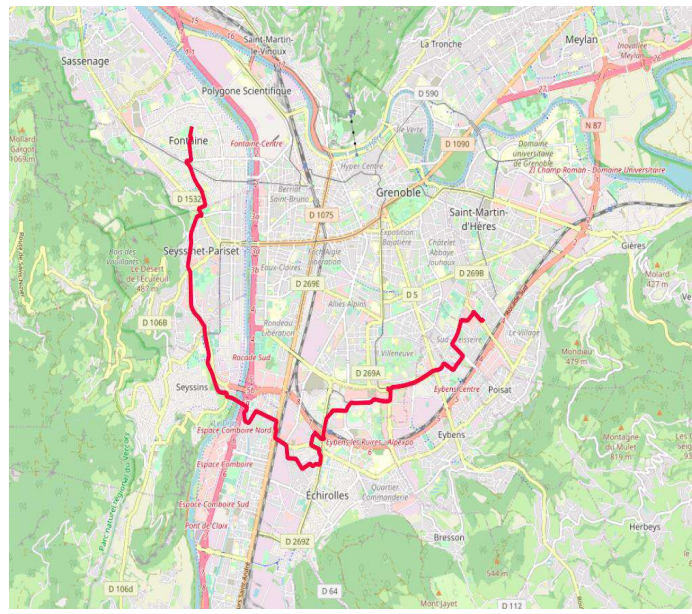
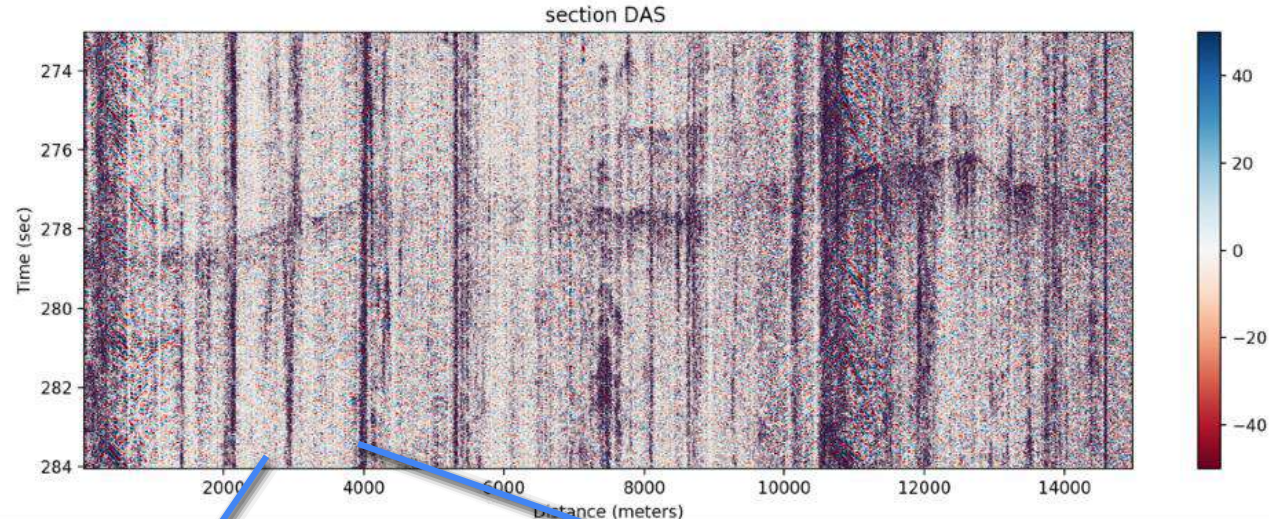


Crédit D. Nziengui, thèse Ciffre ISTERre Febus-Optics

Accès rendu possible grâce à L. Desbattes G.A.M

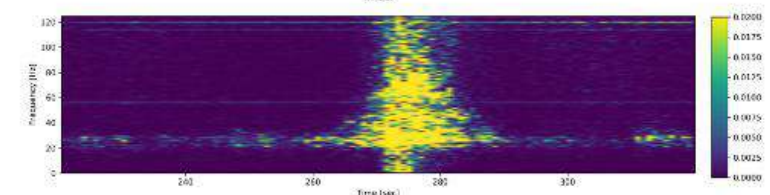
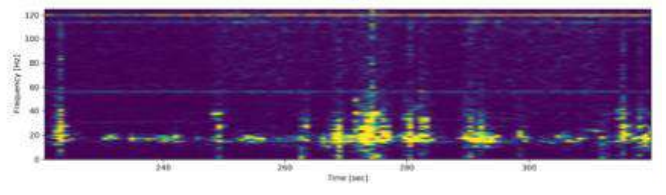
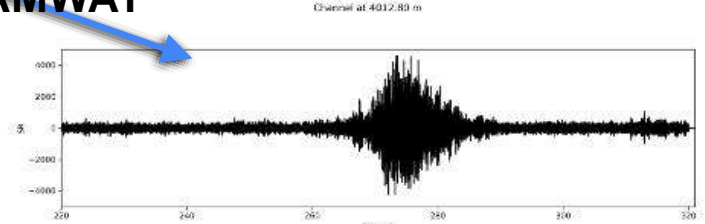
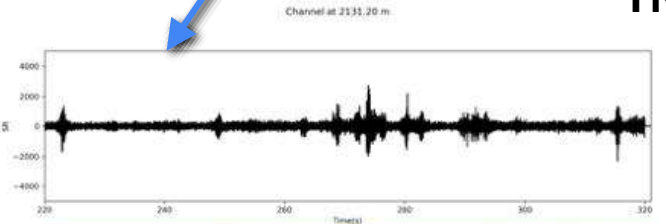
Enregistrement fibre Grenoble, un séisme dans le Vercors Mag 1.3

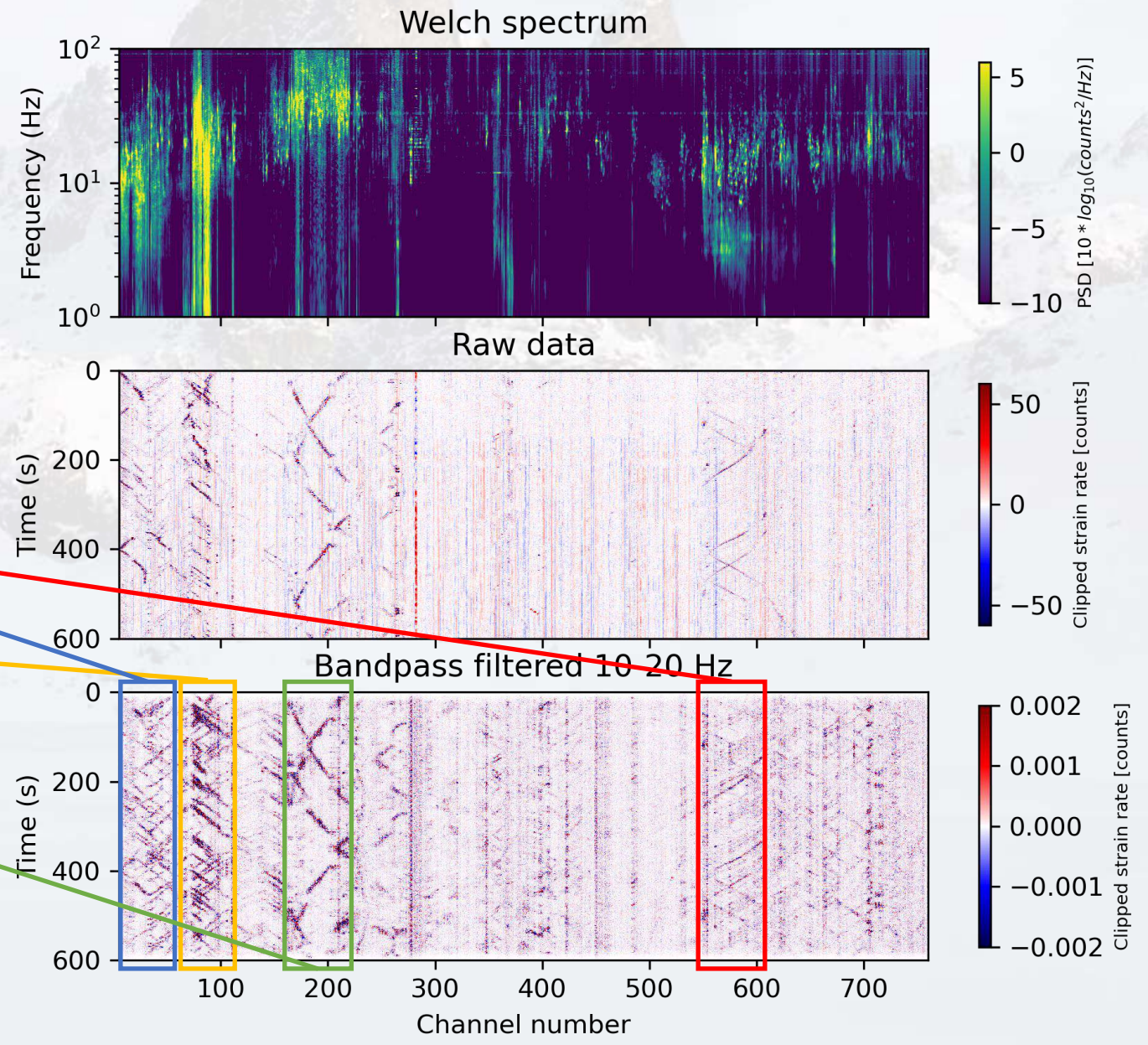
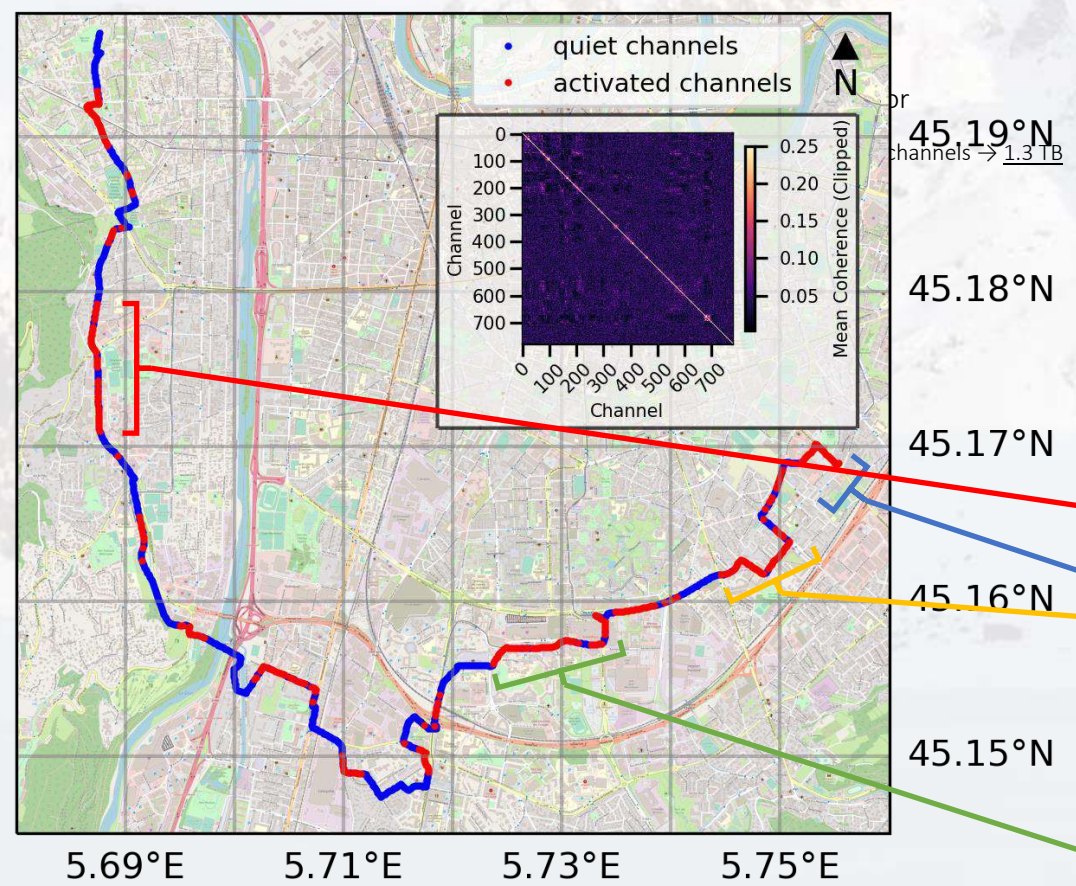
Séisme: M L 1.3



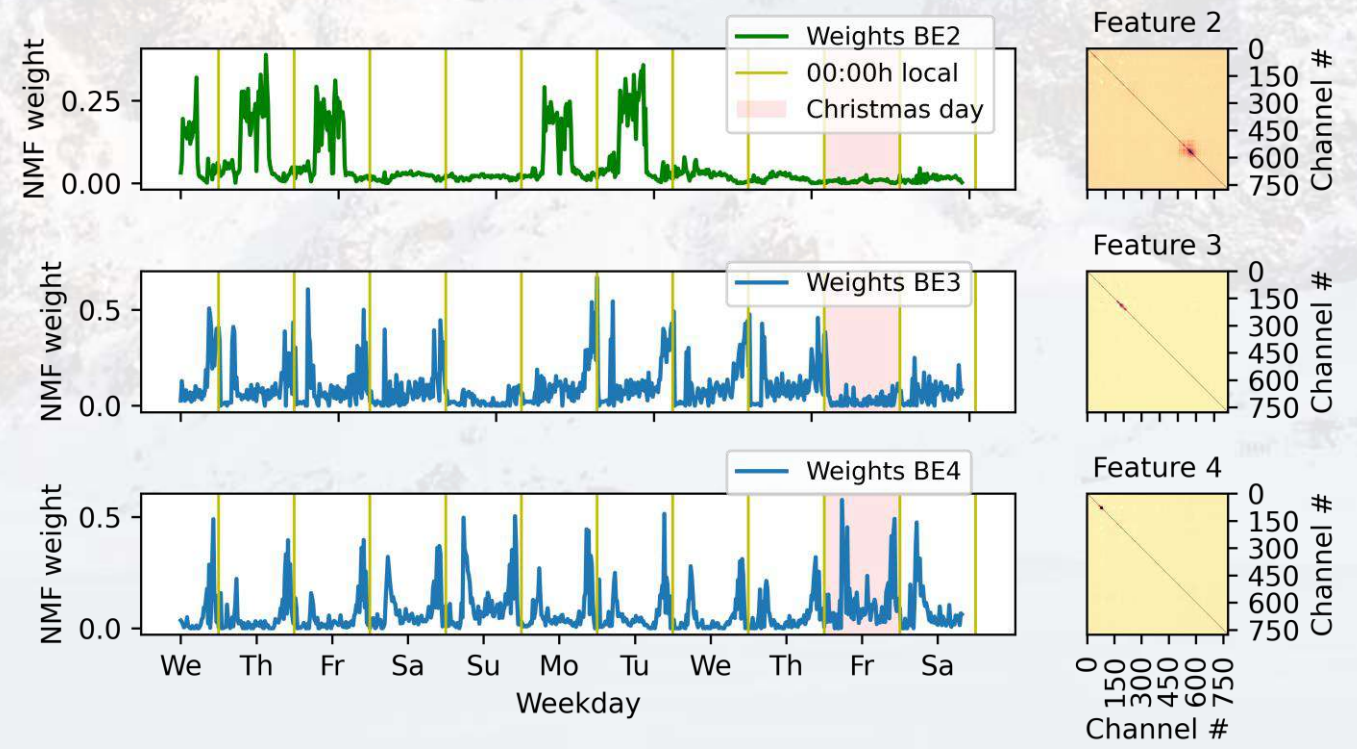
CAR

TRAMWAY



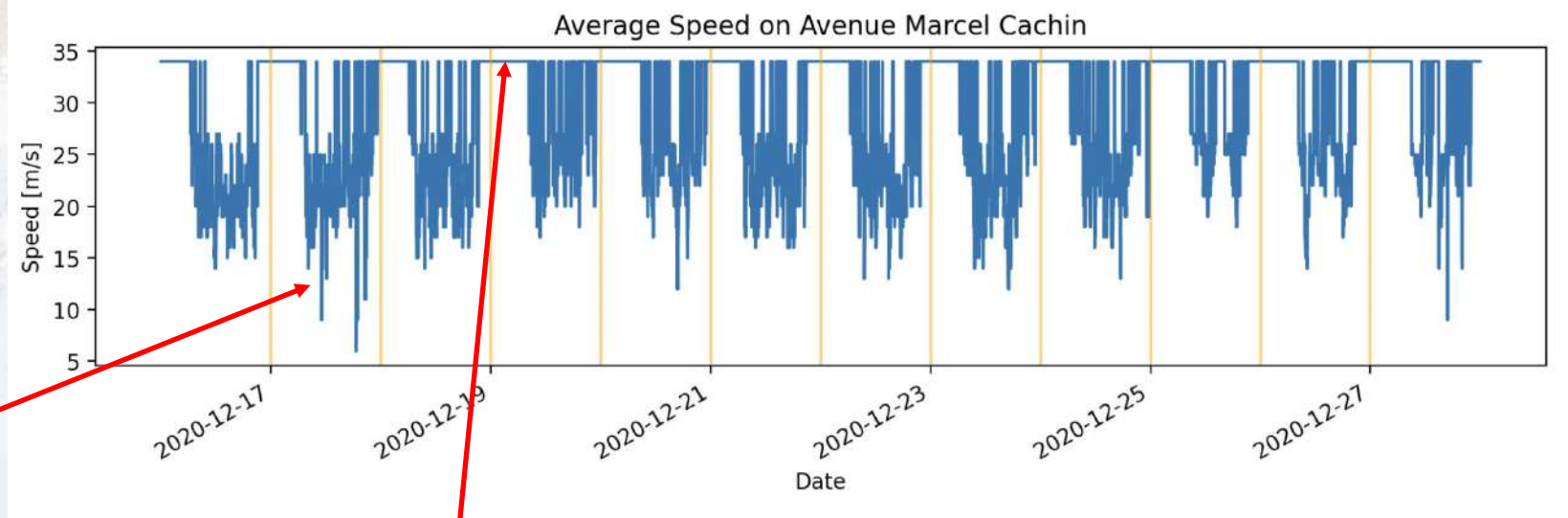
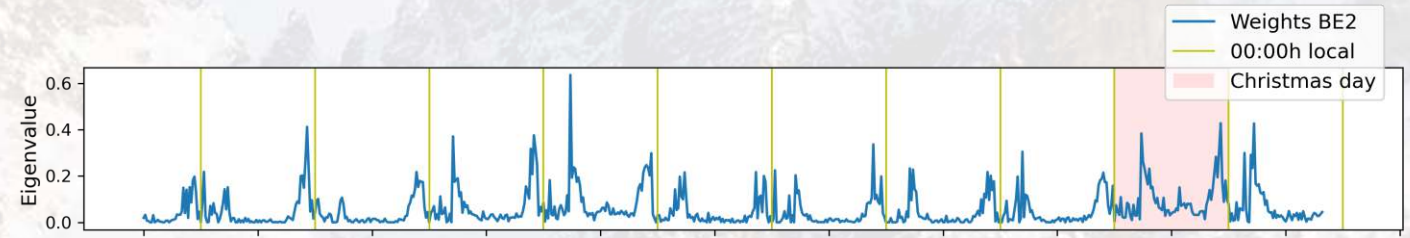
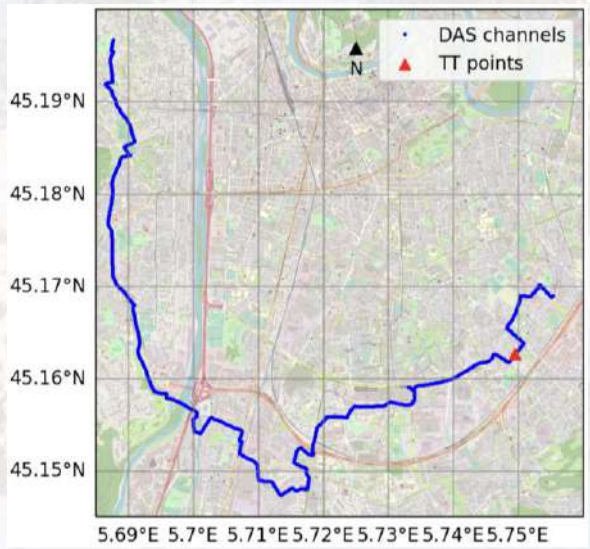


Mise en évidence de différentes sources de bruit routier et de leur période d'activité



Crédit: Julius Grimm, thèse ISTERre, 2022

Comparison with TomTom Floating Car Data

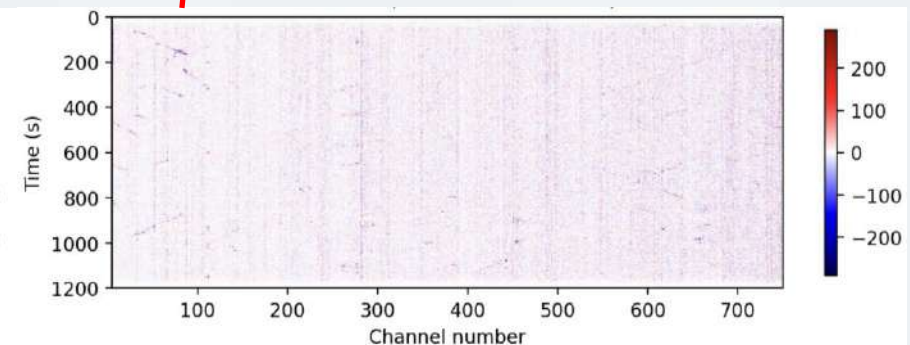
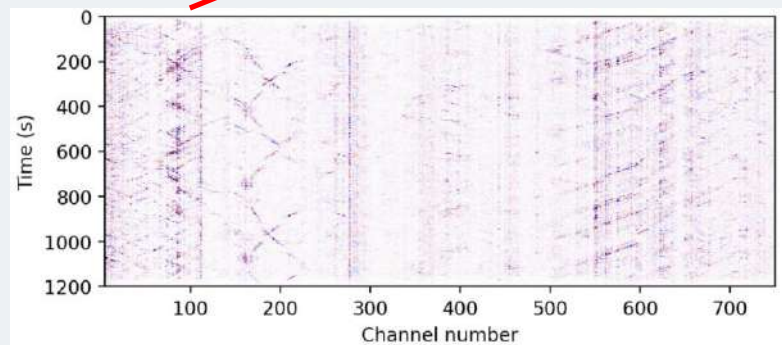


Fibre

TomTom

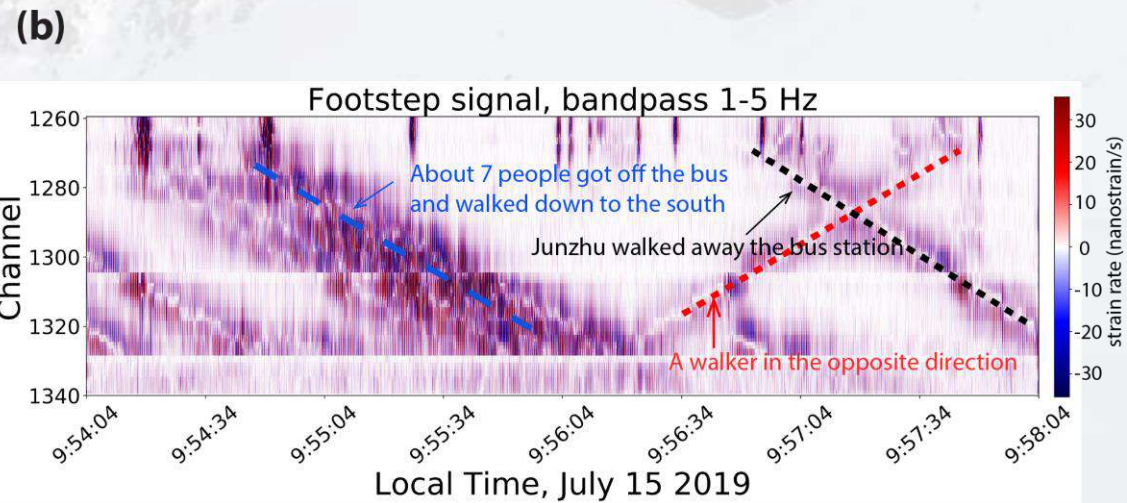
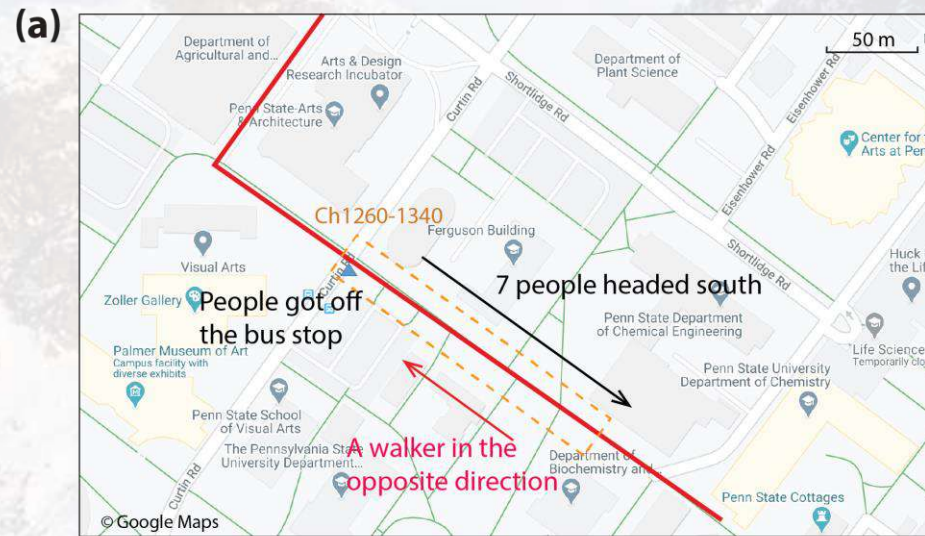
2020-12-17 10:13:39 UTC

2020-12-19 02:33:39 UTC



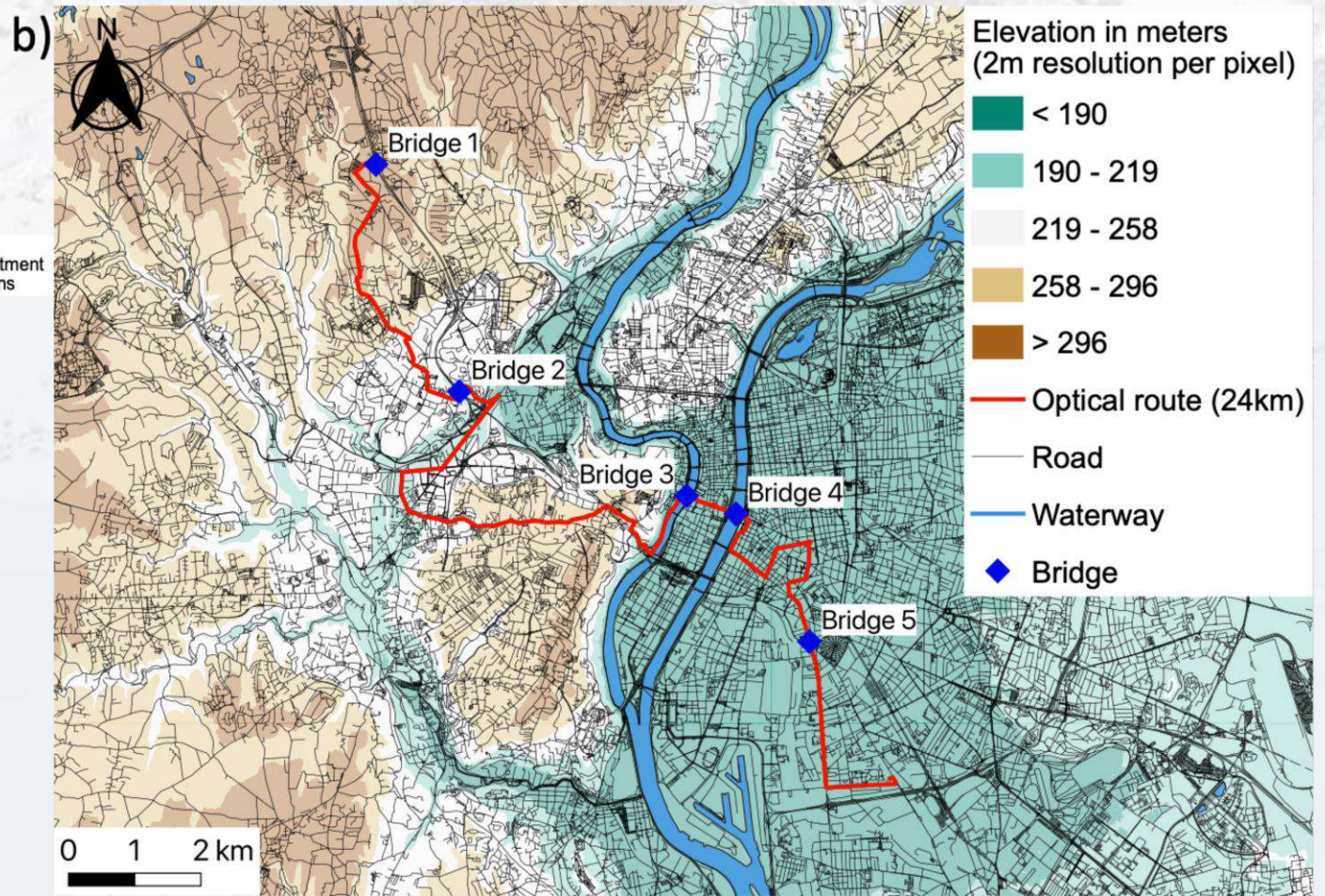
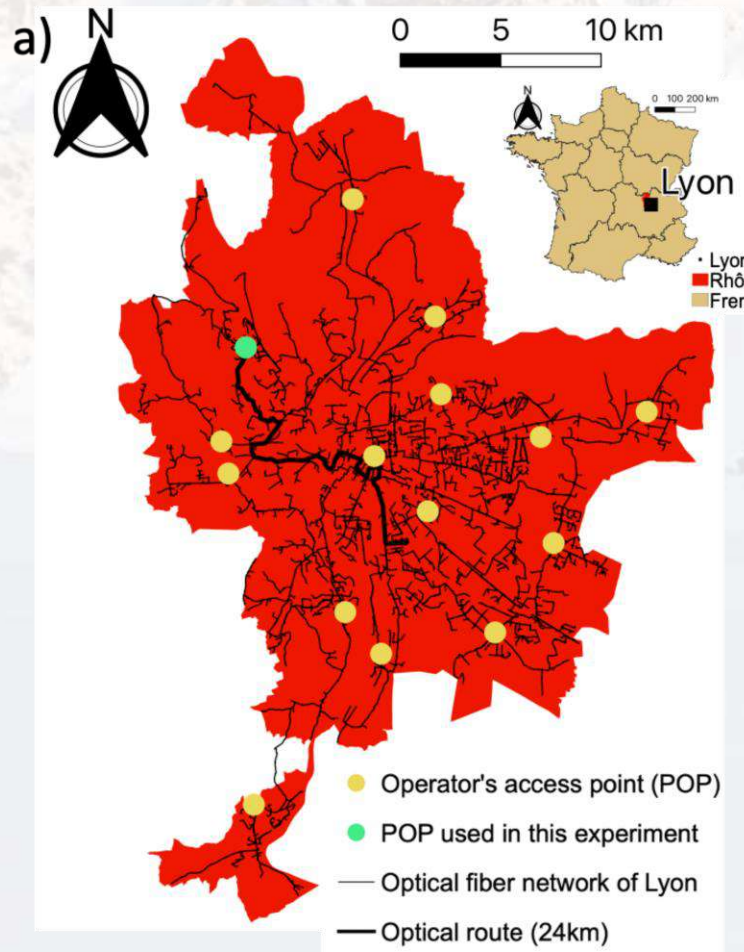
If not enough vehicles, average speed is set to free flow speed (34 km/h)

Tracking pedestrian traffic

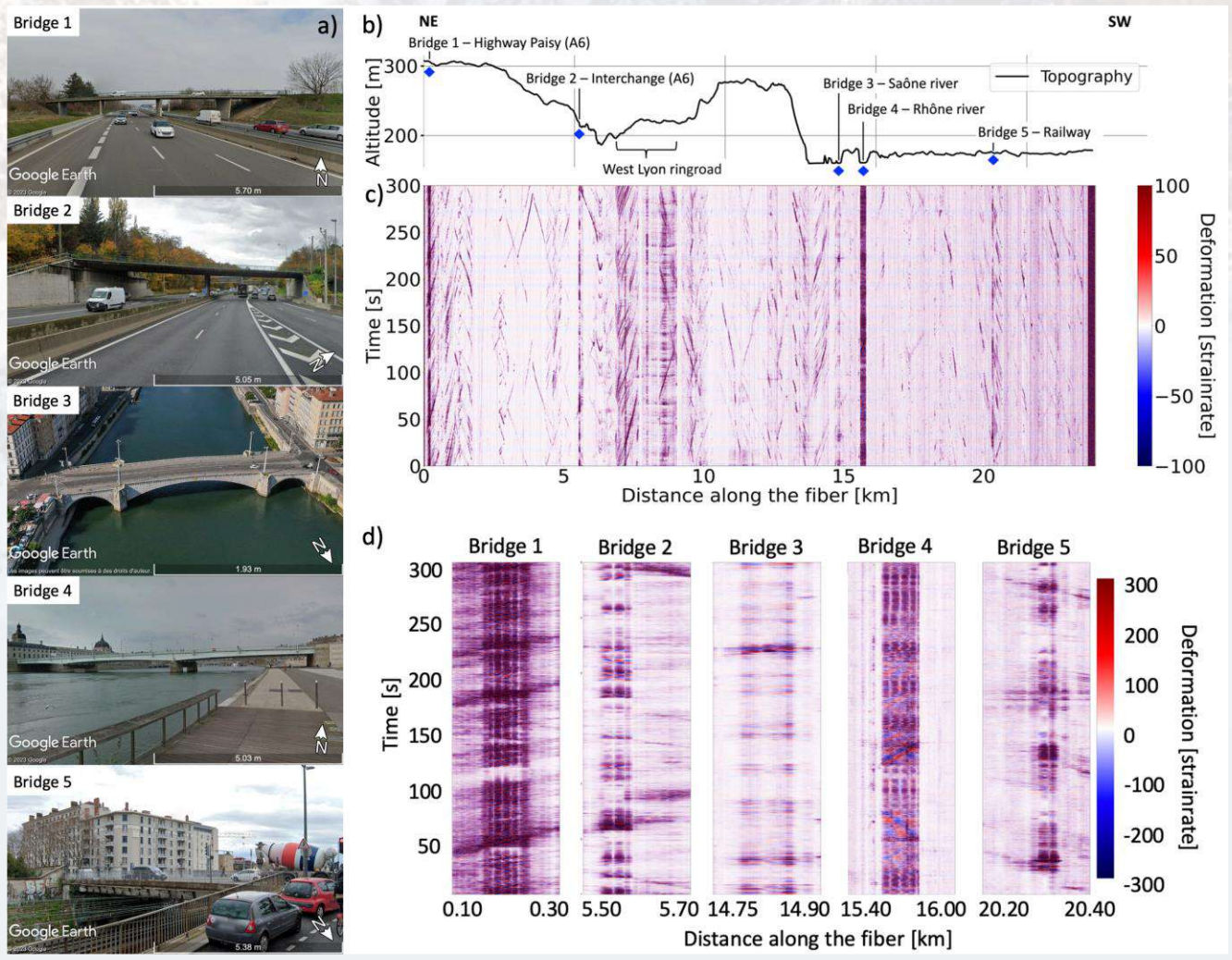


Carte fibre métropole de Lyon : projet DASARA, B. Tauzin Univ. Lyon

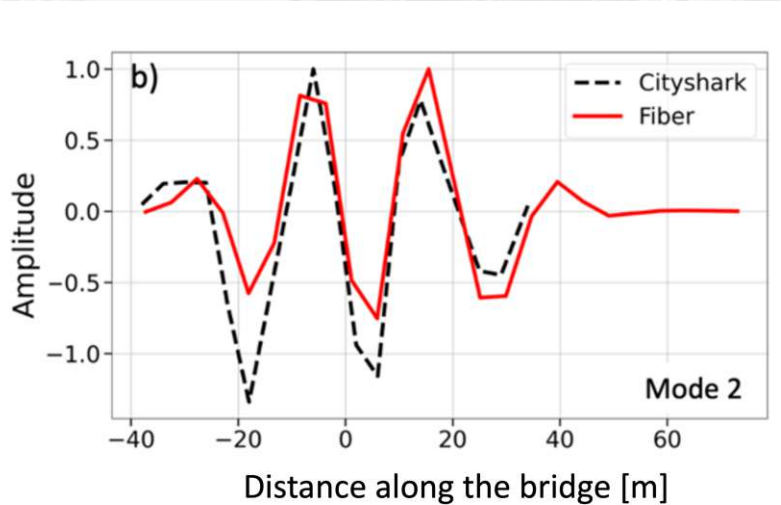
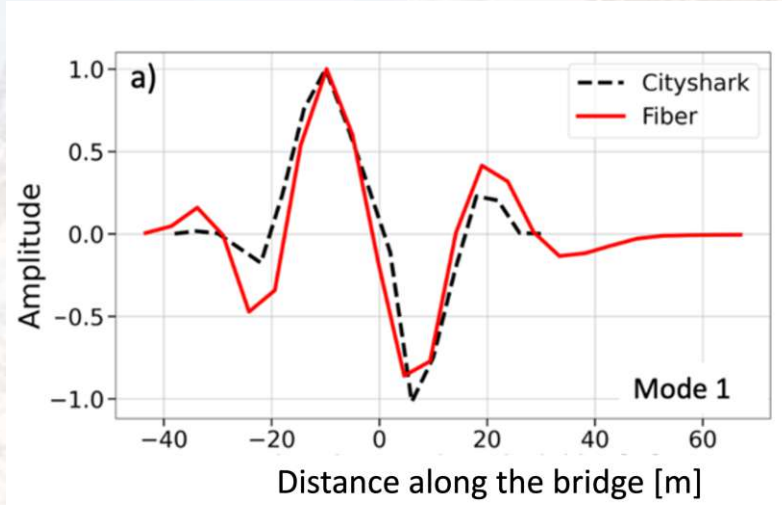
(Coll. Agglomération Lyonnaise, Xp fibre)



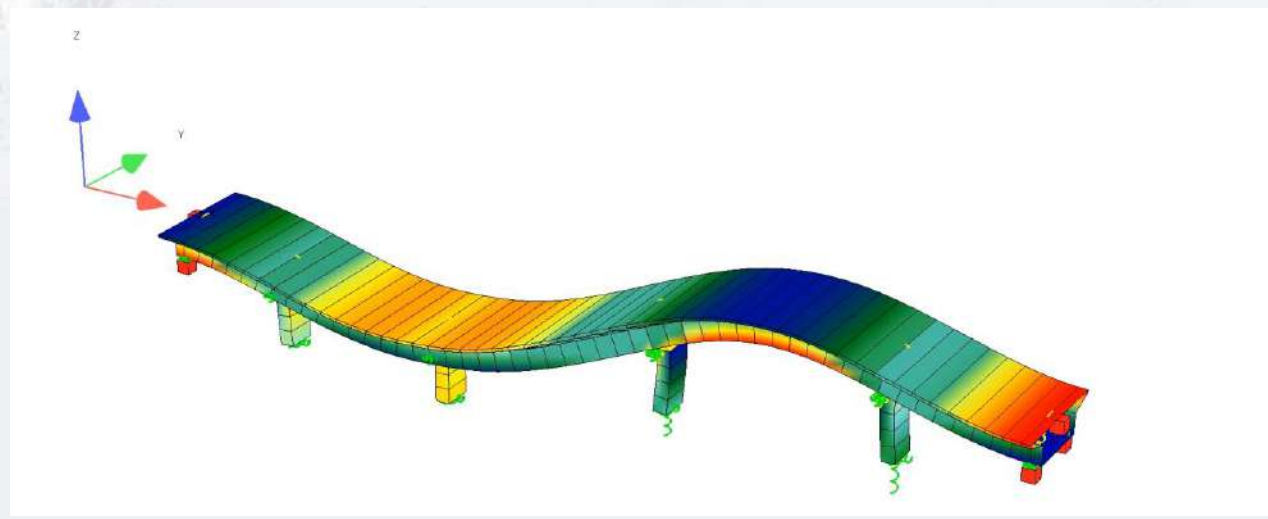
Etude d'infrastructures, cinq ponts le long du trajet de la fibre



Crédit: Julie Rodet, Benoit Tauzin Univ. Lyon et coll.



La fibre se compare bien avec des capteurs standards

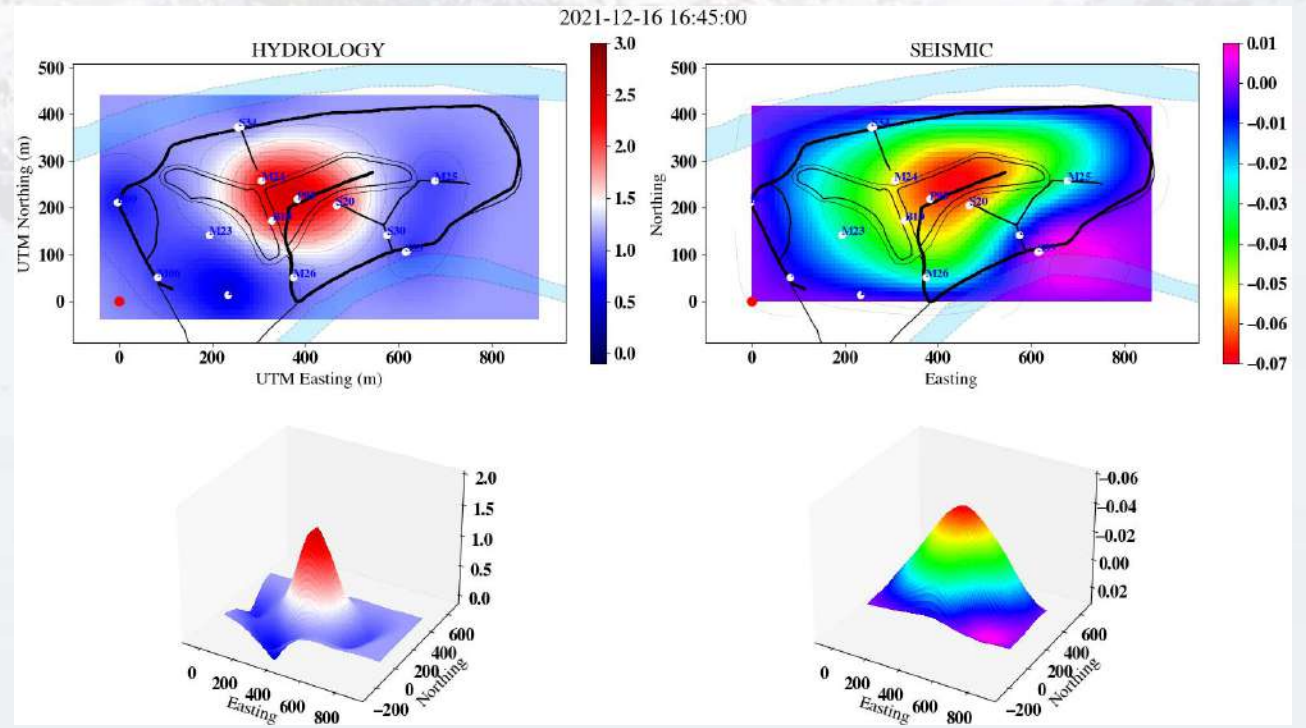


Suivi temporel du niveau de la nappe phréatique (Champs captants de Lyon, collaboration ISTERre, IGE, Eau du Grand Lyon)

Détection et imagerie du dôme hydrologique créé par Remplissage d'un bassin

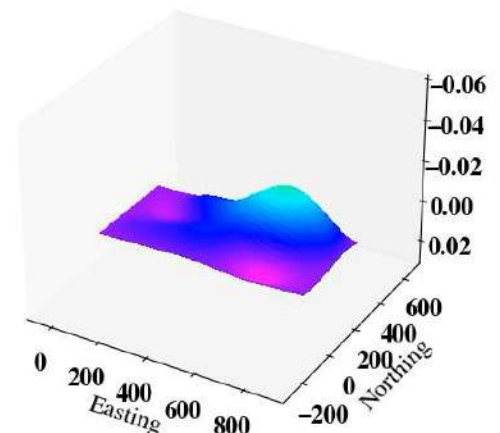
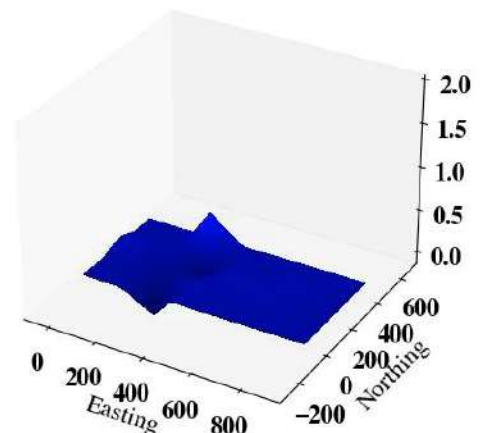
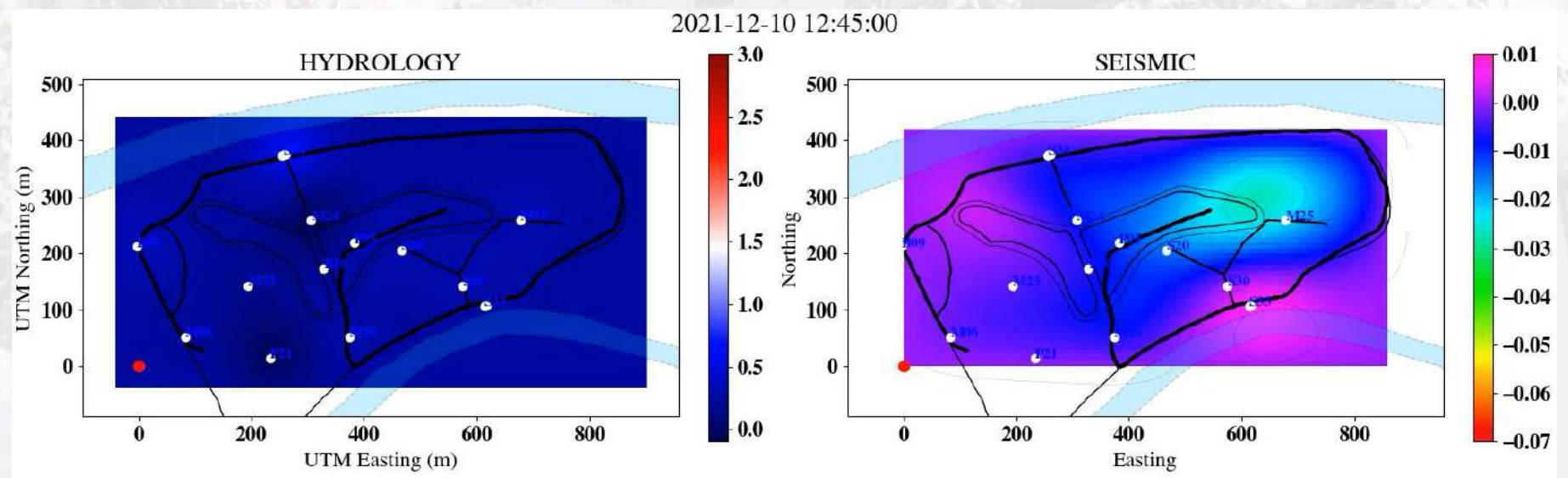


2 km de fibre déployé en surface (20cm)



Suivi temporel du niveau de la nappe phréatique

(Champs captants de Lyon, collaboration ISTERre, IGE, Eau du Grand Lyon)

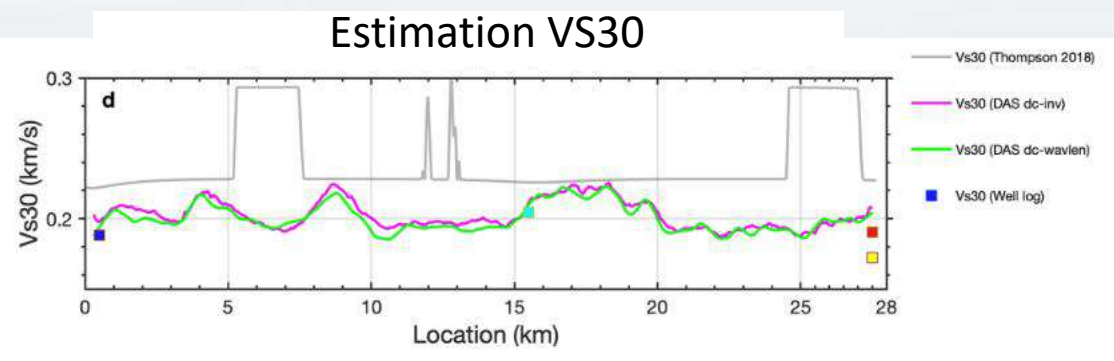
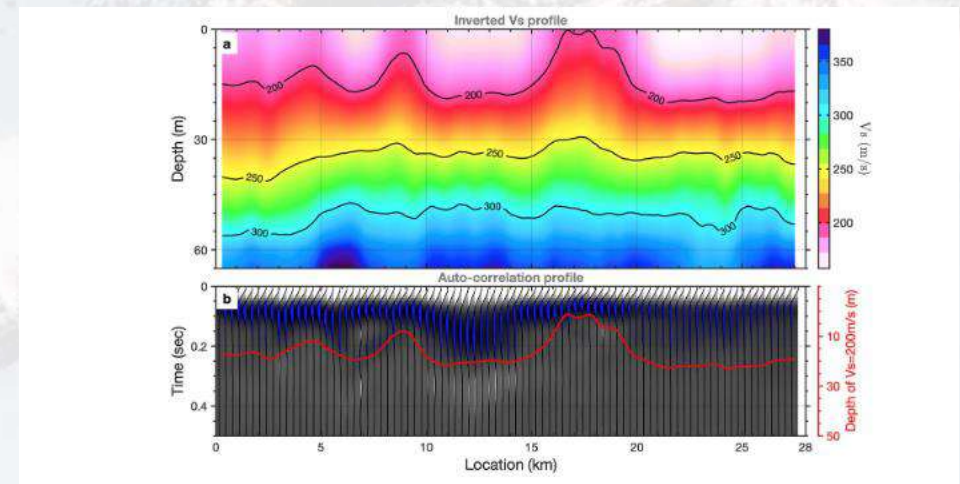
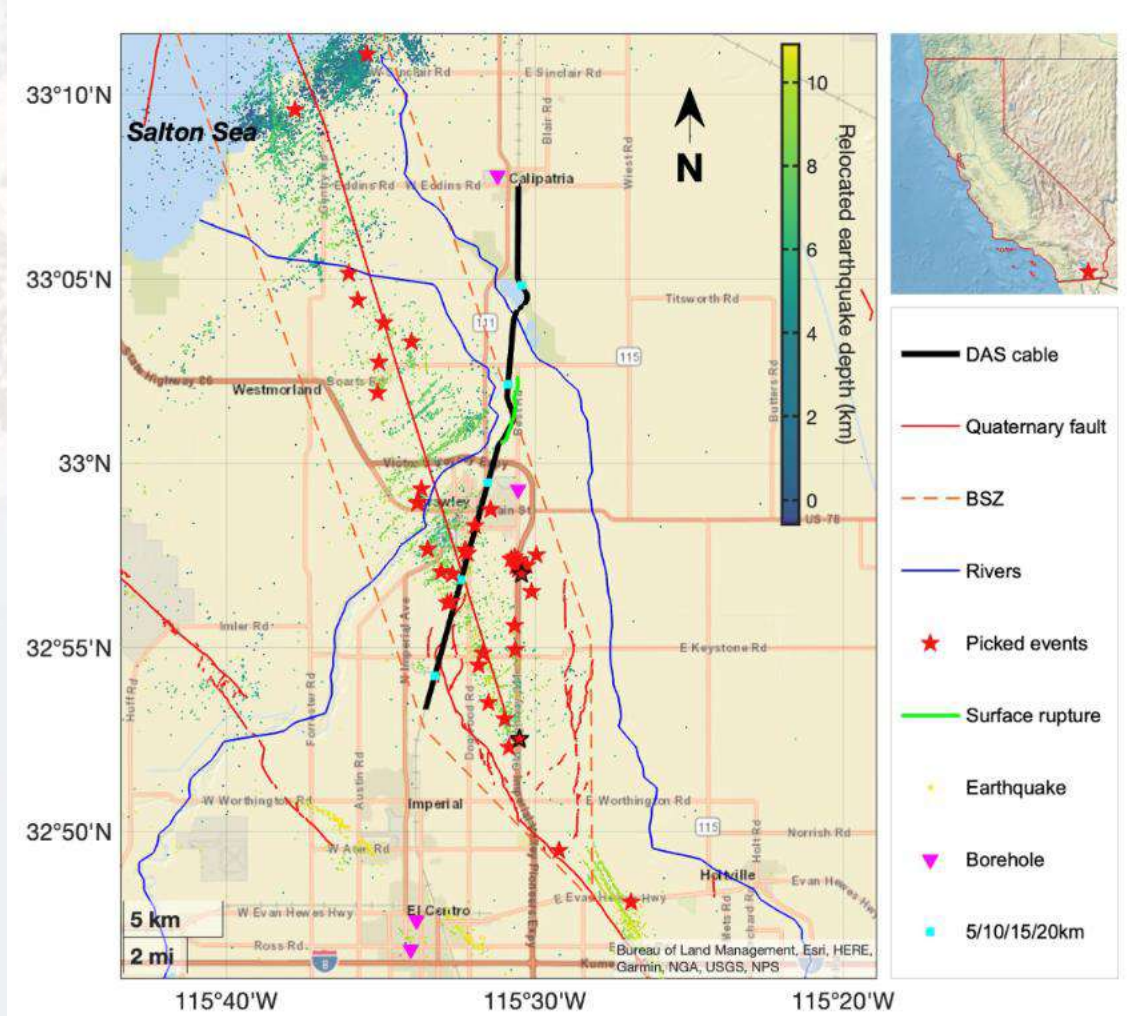


High-Resolution Near-Surface Imaging at the Basin Scale Using Dark Fiber and Distributed Acoustic Sensing: Toward Site Effect Estimation in Urban Environments

Feng Cheng^{1,2}, Jonathan B. Ajo-Franklin^{2,3}, and Veronica Rodriguez Tribaldos³

JGR Solid Earth

Profil vitesse sismique

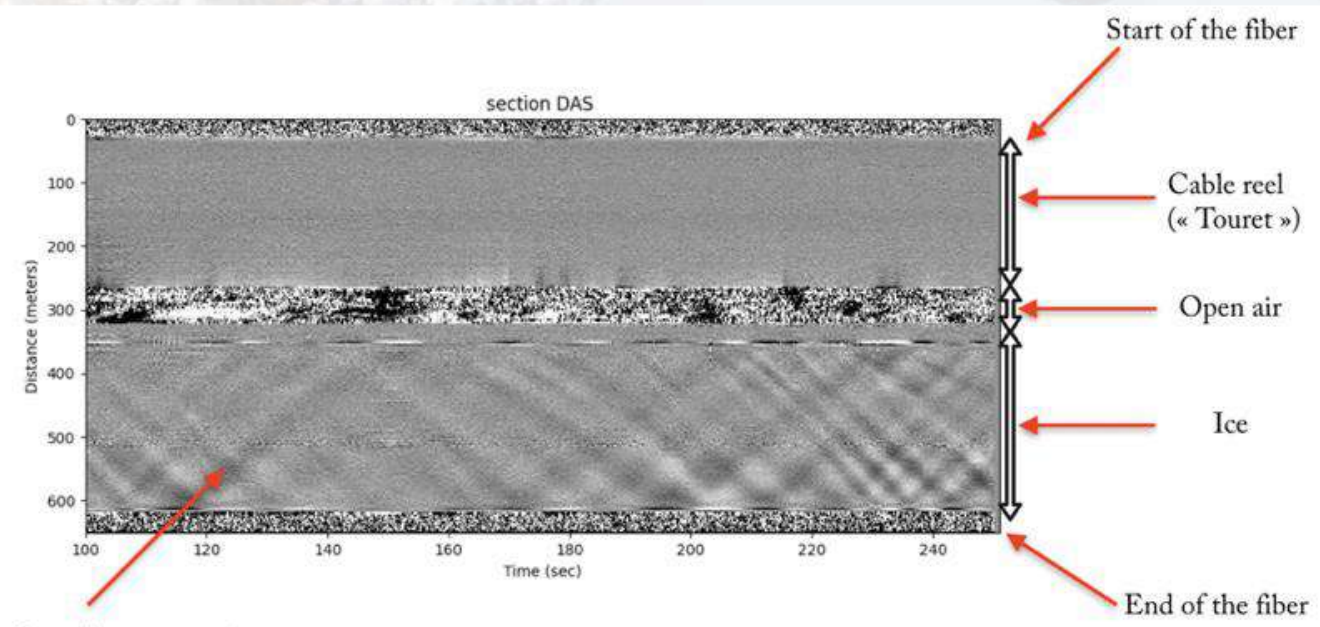


Fibre dédiées, cryo-sismologie: application à la banquise, glacier,



Mesure de l'épaisseur de glace aux lacs Roberts Chamrousse

Profile along the fiber

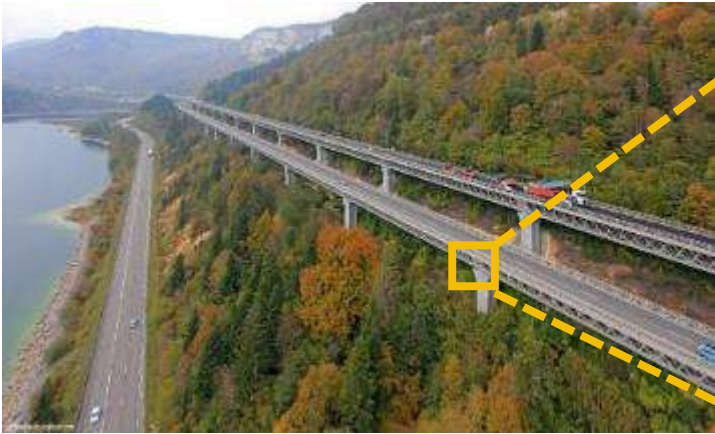


2020 observation	
90 cm	snow
30 cm	Snow + water
10 cm	ice
30 cm	Ice + water
100 cm	ice

2021 observation	
25 cm	Wet snow
45 cm	Snow + water
60 cm	ice

Bridge integrity monitoring using FEBUS A1/DAS

Test on pre-stressed concrete-based bridge



- Monitoring the fatigue on the steel cable stressing the concrete, real possibility of rupture with time
- Testing distributed fiber optic sensing technology as DAS for monitoring the whole bridge instead of punctual accelerometer
- Deployment of the fiber optic on several bridge cables over hundreds of meters of bridge distance
- Performing measurements with the regular ambient traffic noise on the top of the bridge

