

# GéoDAS

## Capteur à fibre optique distribué pour le suivi de puits en géothermie

*IPP & GCE*

PFEIFFER Pierre LIN Jian TINARD Violaine MORSALI Aireza LECLER Sylvain

# Sommaire

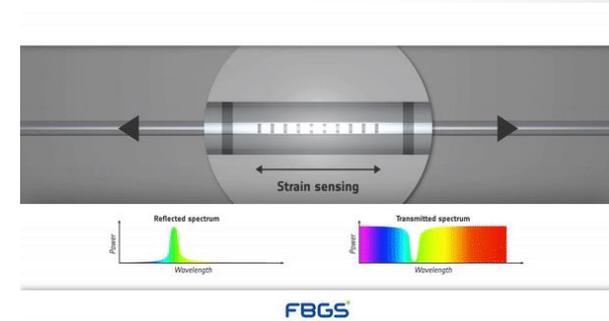
- GeoDAS: objectifs
- Contexte information
- Instrumentation
- Calibrage: éprouvettes de test
- Premiers résultats

# Projet proposé

- **Etude du vieillissement de puits géothermique**
  - Utilisation de capteurs à fibres optique et ultrasons
  - Puits avec fibre intrégrée, puits sans fibre
- **Calibrage de l'outil en fonction de l'environnement**
  - Mesures expérimentales de réponses pour deux types d'éprouvettes avec différents types d'impact,
  - La définition fine des structures expérimentales et leur optimisation,
  - Corrélation entre les mesures des deux interrogateurs et leur interprétation.

# Instrumentation disponible

- Interrogateur de réseaux de Bragg (FBG)
- Laser accordable (Bragg)
- Interrogateur  $\Phi$ -OTDR DAS
- Technique d'ultrasons



**FBG:** Fiber Bragg Grating. La longueur d'onde centrale du réseau est sensible à l'élongation et la température

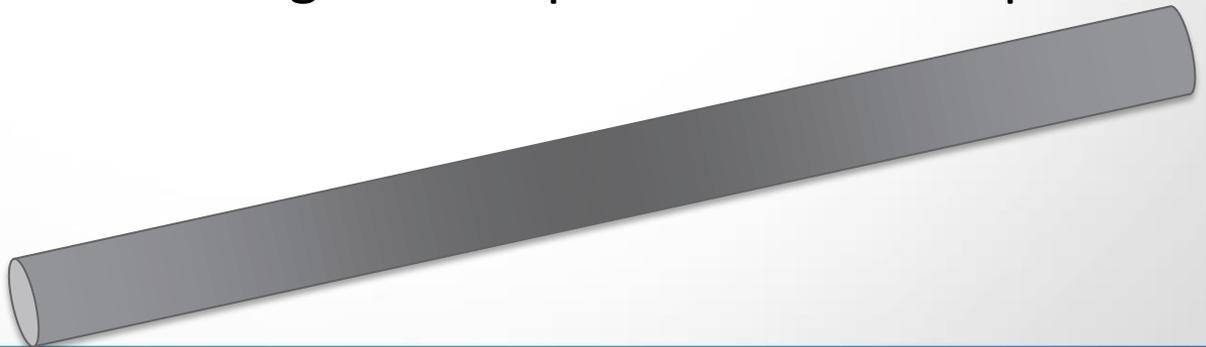
**$\Phi$ -OTDR:** Phase Optical Time Domain Reflectometry

**DAS:** Distributed Acoustic Sensing

# Calibrage du système

- Deux matériaux : métal et béton
- Deux éprouvettes différentes sous excitations vibratoires
  - Éprouvette avec barre en métal + béton, mise en place des capteurs FBG , de la fibre en surface
  - Éprouvette avec tuyau circulaire en acier + béton, intégration des capteurs FBG dans le matériau.  
L'éprouvette est de forme géométrique similaire à un puits géothermique

Eau  
chaude



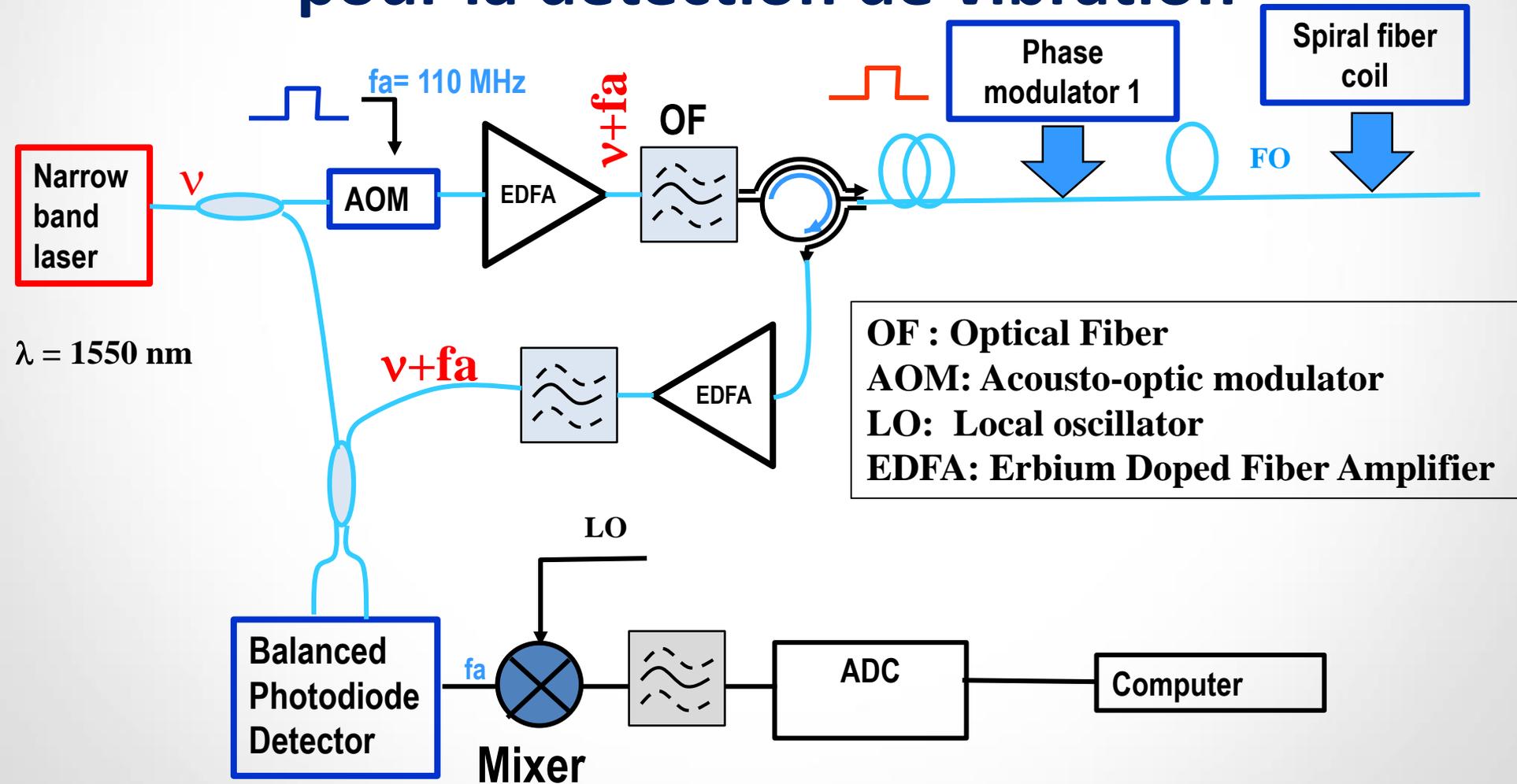
# Techniques d'interrogation

- Mise en œuvre des 3 techniques
  - Interrogateur basé sur des FBG (Fiber Bragg Grating)
  - Interrogateur  $\phi$ -OTDR (Phase Optical Time Domain Reflectometry)
  - Ultrasons

# Applicabilités des techniques

	FBG	Ultrasons	$\Phi$ -OTDR
Statique	✓	x	
Vibrations	0-10 kHz	5kHz- 1 MHz	Hz- 100 kHz
Température	-20 °C – 70°C	x	✓
Précision	Excellente		Bonne
Nbre de points de mesures	Faible		1 par 5 m ou plus

# Capteur à fibre optique du type $\Phi$ -OTDR pour la détection de vibration



# Phase Optical Time Domain Reflectometry ( $\Phi$ -OTDR)

- Rétrodiffusion + Interférométrie + hétérodynage
- Interrogation de la fibre par impulsion
- Largeur de l'impulsion  $\Leftrightarrow$  Résolution
- $T_w = 100 \text{ ns} \Leftrightarrow 10 \text{ m}$  de résolution
- Longueur de fibre de 10 km  
 $\Leftrightarrow 1000$  capteurs

# Conception de l'éprouvette

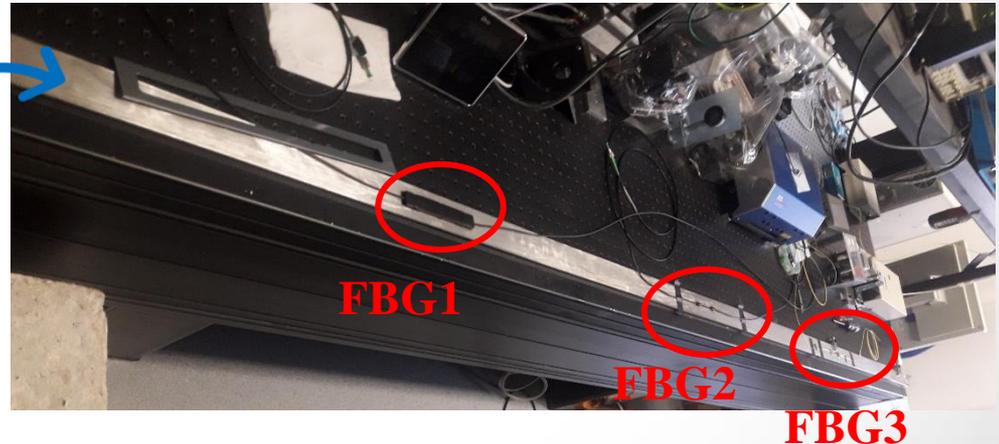


- **Intégration de capteurs FBG (Fiber Bragg Grating)**
  - Fixation de trois capteurs FBG sur la barre en métal
  - Deux capteurs FBG noyés dans le béton
- **Intégration de bobines de fibre (SFC) pour le développement de la méthode  $\Phi$ -OTDR :**
  - Fixation de trois coils autour des capteurs FBG sur la barre en métal
  - Construction de deux coils sur la structure en béton

# Systeme d'etude

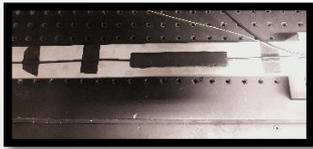
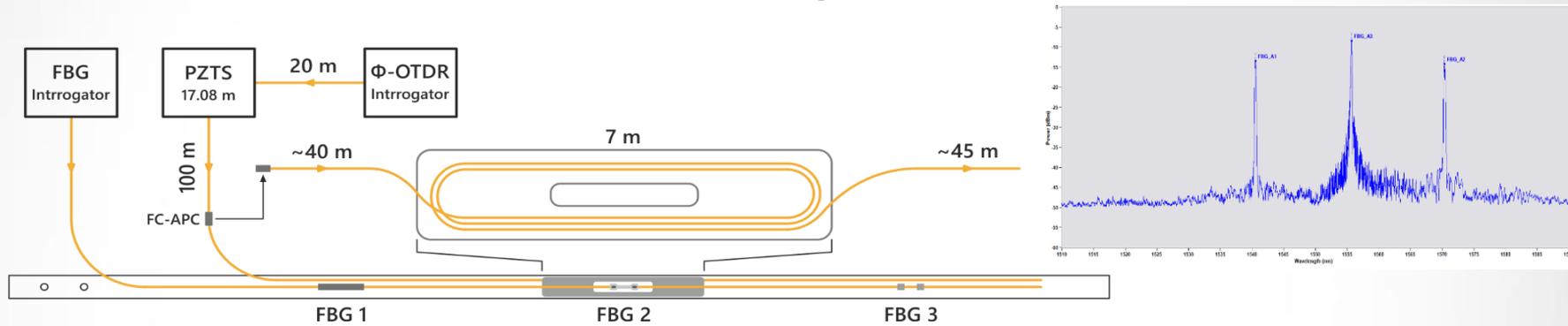
- Un materiau : Acier inoxydable
  - Epreuve en metal, mise en place des capteurs FBG, de la fibre optique en surface pour la methode  $\Phi$ -OTDR et ultrasons

Lame en INOX  
3000 mm x 50 mm  
x 5 mm



- Systeme d'excitation
- Mesures des frequences de vibrations

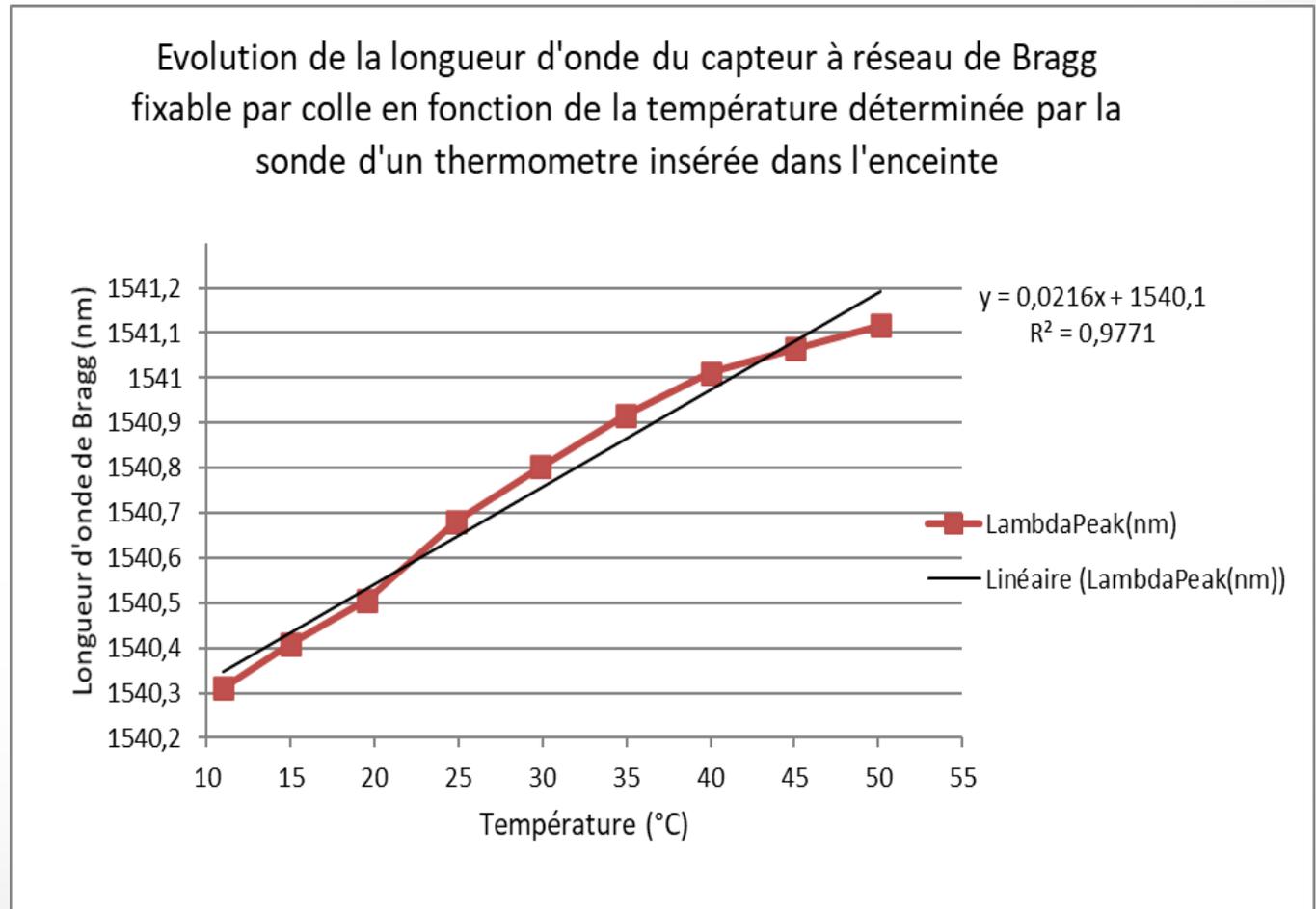
# Fixation des capteurs FBG



	FBG1 Extensomètre composite	FBG2 Extensomètre soudable	FBG3 Extensomètre FGS (Fiber Glued on Surface)
$\lambda_b$	1540.6 nm	1570.0 nm	1554.221 nm
Résolution	0,5 $\mu\epsilon$	0,5 $\mu\epsilon$	×

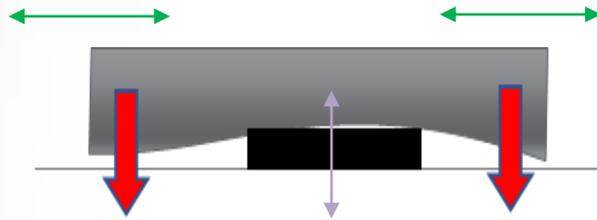
# Caractérisation thermique

## FBG1 – Extensomètre composite

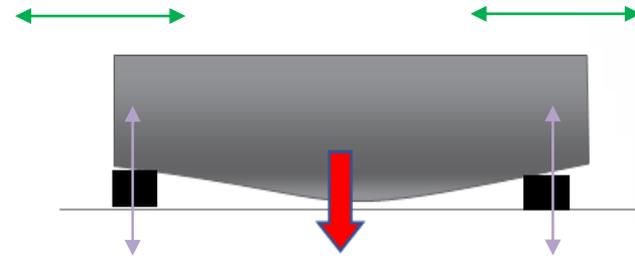


# Caractérisation statique

Mise en œuvre :



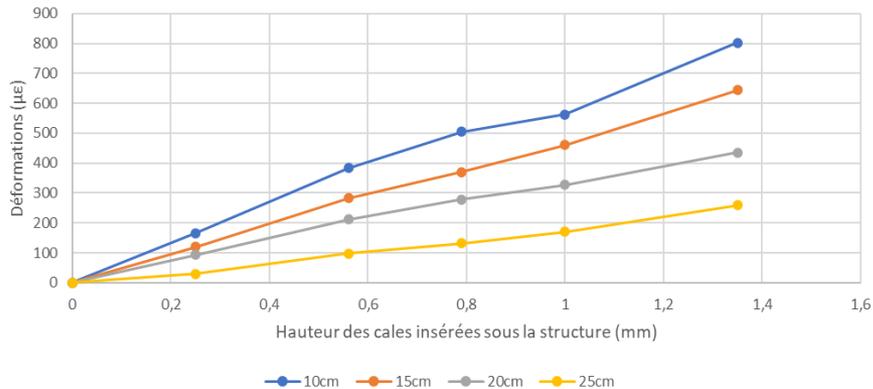
Flexion +(positive) de la barre



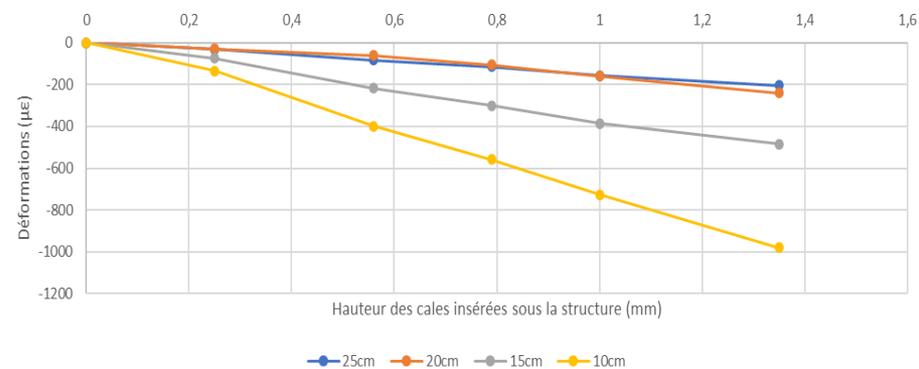
Flexion -(négative) de la barre

## FBG2 – Extensomètre soudée

### Déformation mesurée en fonction de la contrainte



Evolution de la déformation mesurée par le réseau de Bragg fixé par soudure en fonction de la contrainte générée

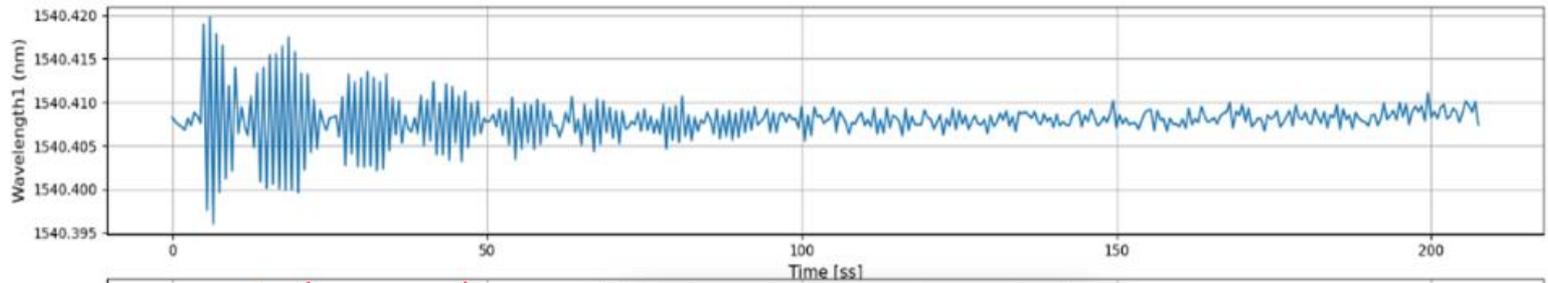


# Étude en vibration libre

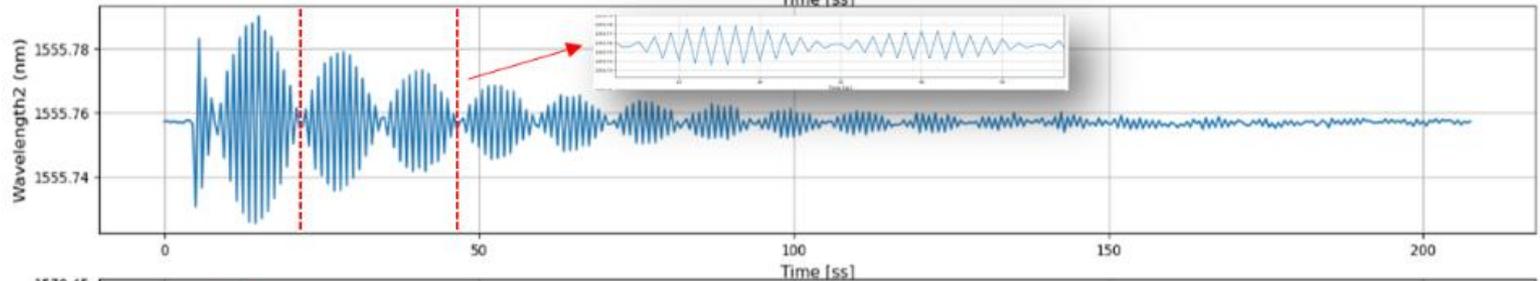
↓ **Excitation**



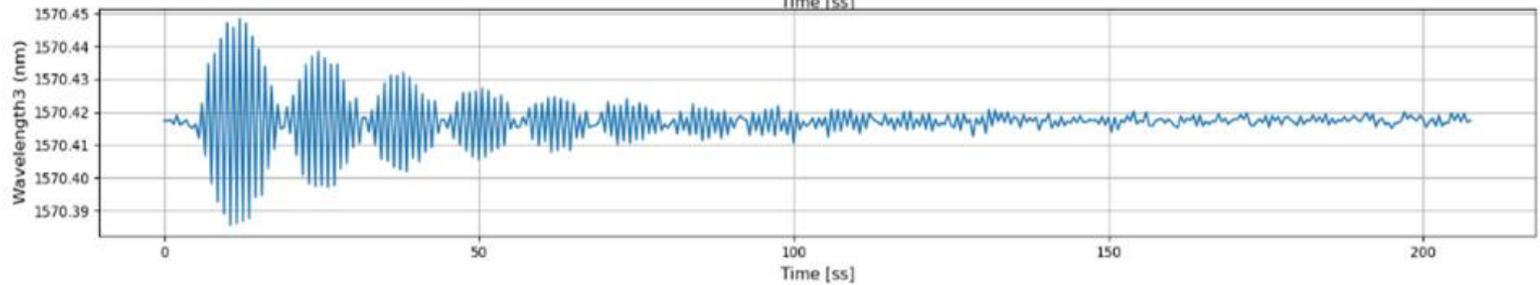
FBG1



FBG3

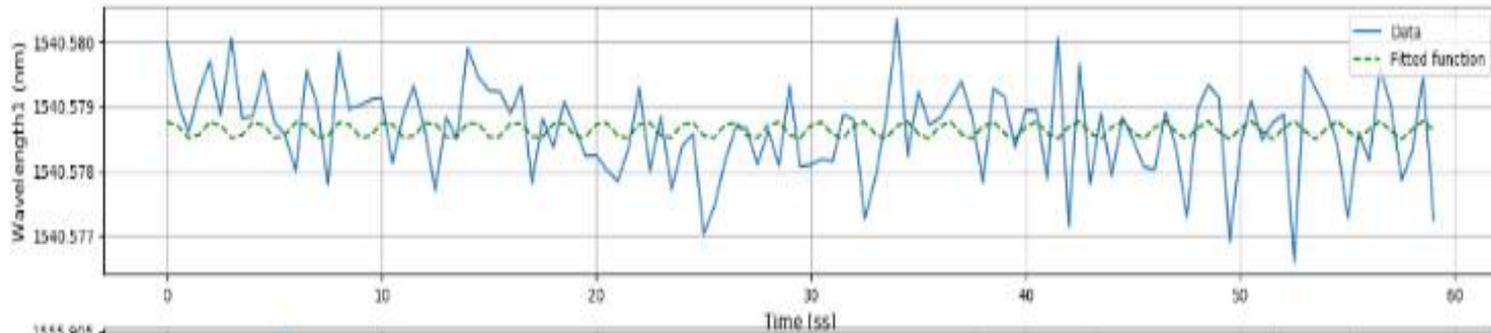


FBG2

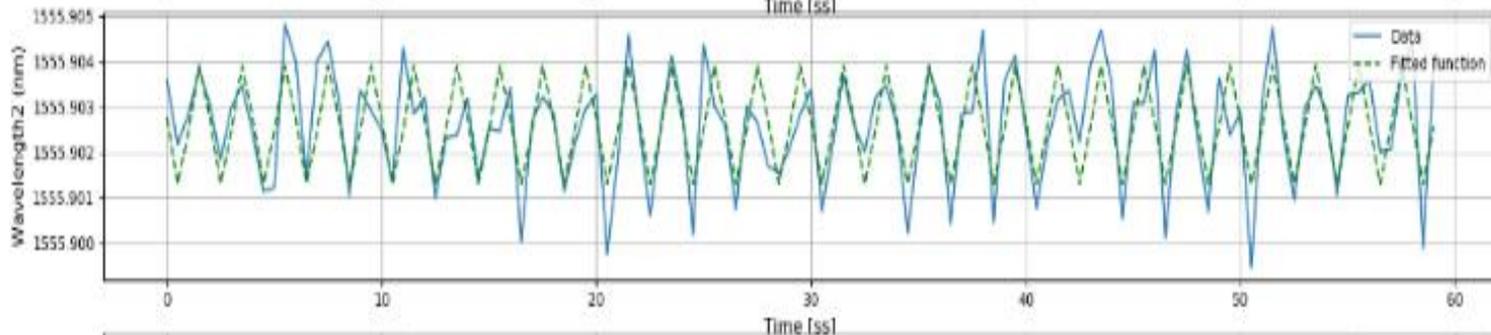


# Étude en vibration forcée. Excitation forcée de 0,5Hz

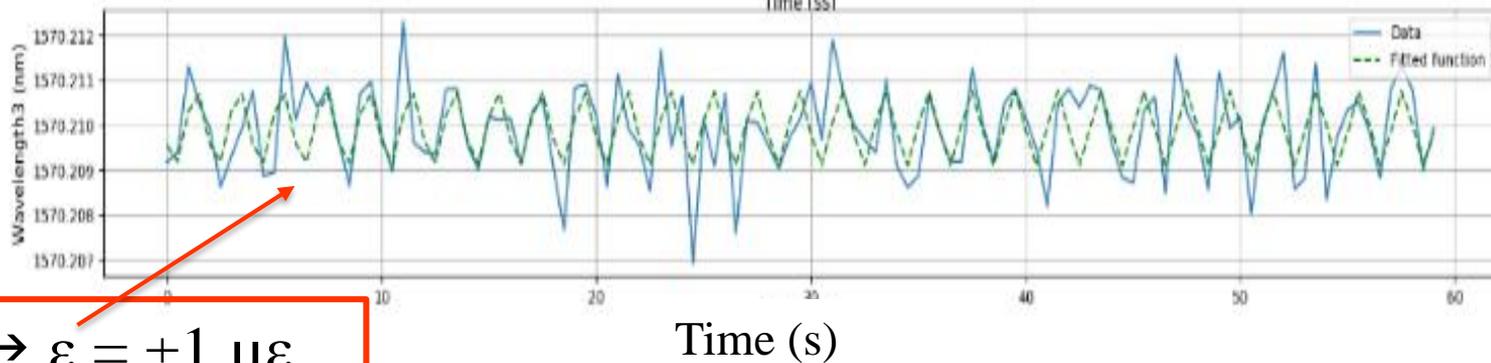
FBG1



FBG3

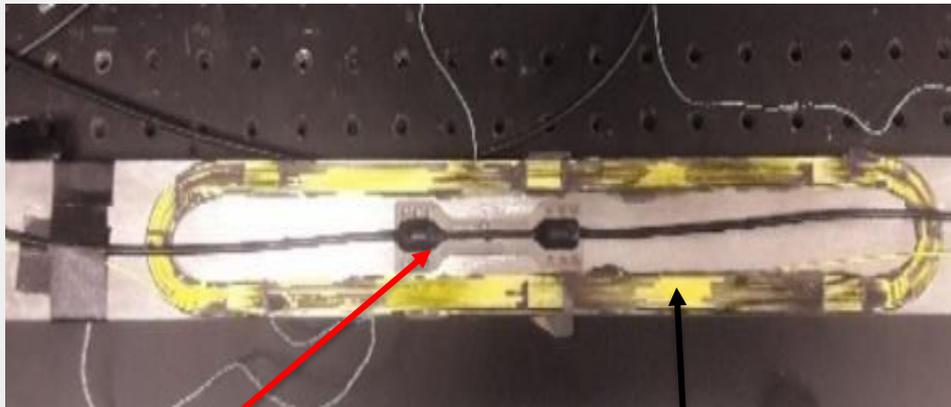


FBG2



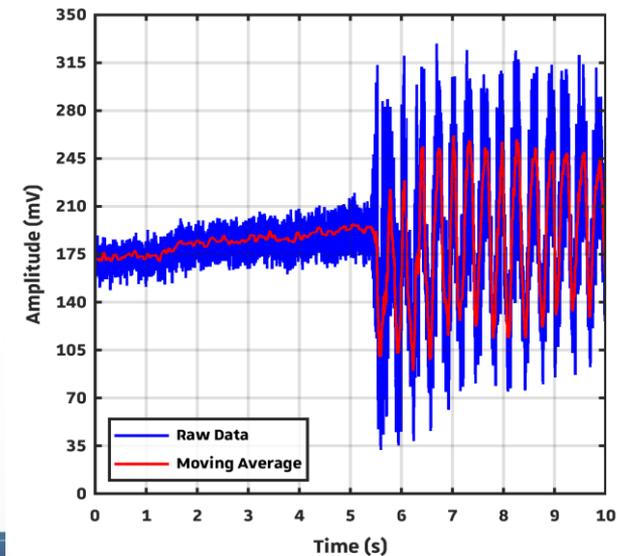
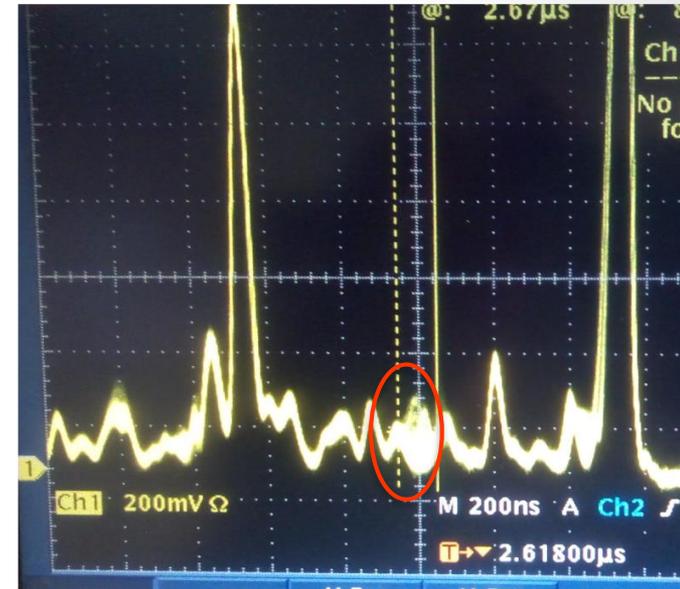
$\Leftrightarrow \varepsilon = \pm 1 \mu\varepsilon$

# Mesures $\Phi$ -OTDR avec Spiral fiber coil (SFC)



FBG  
soudée

SFC collée



# Conclusions

- Réalisation de l'éprouvette avec les FBG et le spiral fiber coil
- Résolution de 30 cm avec le SFC
- Mesures de contraintes dynamiques
  - $\pm 1 \mu\epsilon$  avec les FBG
  - Fréquences de 0,125 Hz à 500 Hz en  $\Phi$ -OTDR
  - Jusqu'à 10 km avec le  $\Phi$ -OTDR

**Merci de votre attention**