

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

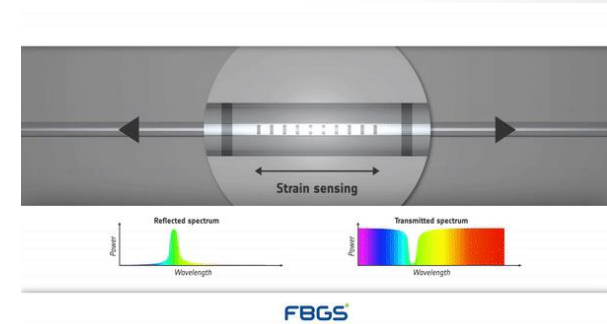
Projet proposé

- **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 Φ -OTDR DAS
- Technique d'ultrasons



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

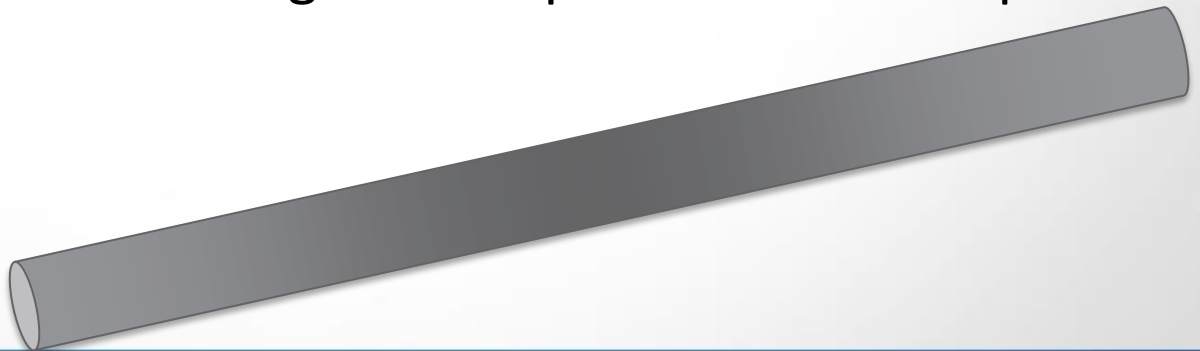
Φ -OTDR: Phase Optical Time Domain Reflectometry

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



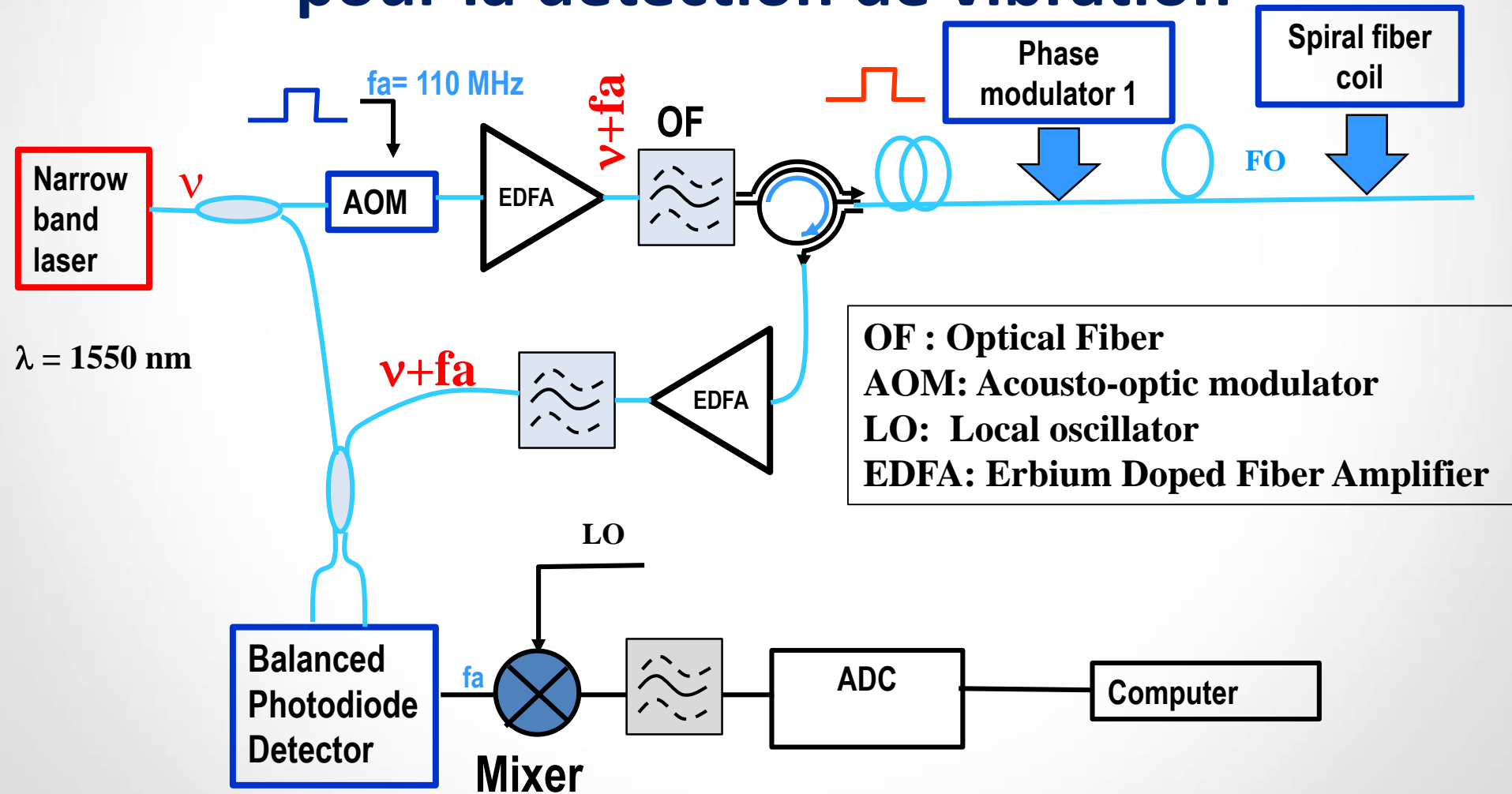
Techniques d'interrogation

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

Applicabilités des techniques

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

Capteur à fibre optique du type Φ -OTDR pour la détection de vibration



Phase Optical Time Domain Reflectometry (Φ -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

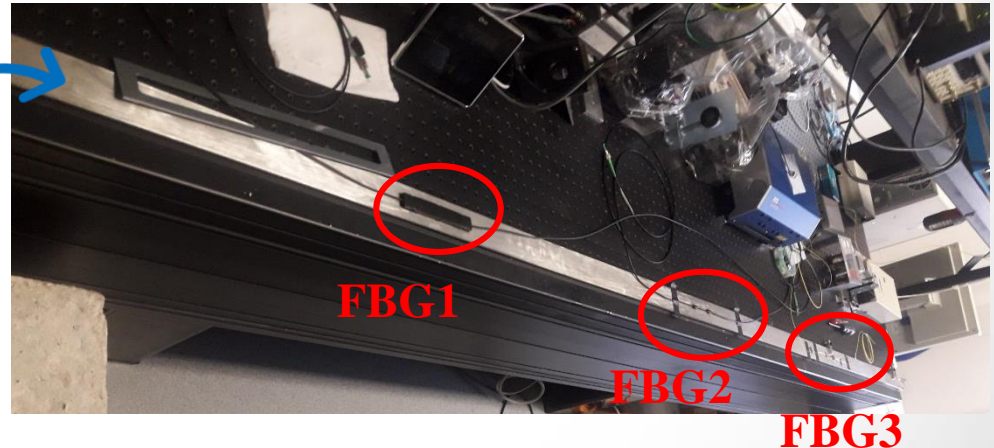


- **Intégration de capteurs FBG (Fiber Bragg Grating)**
 - Fixation de trois capteurs FBG sur la barre en métal
 - Deux capteurs FBG noyés dans le béton
- **Intégration de bobines de fibre (SFC) pour le développement de la méthode Φ -OTDR :**
 - Fixation de trois coils autour des capteurs FBG sur la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

Systeme d'etude

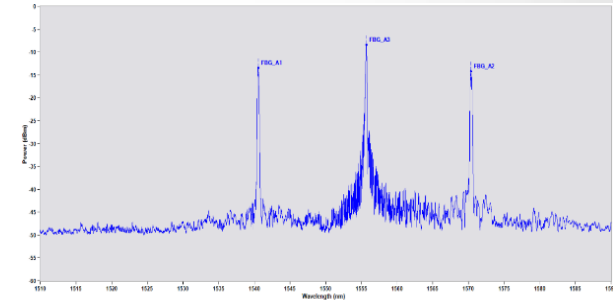
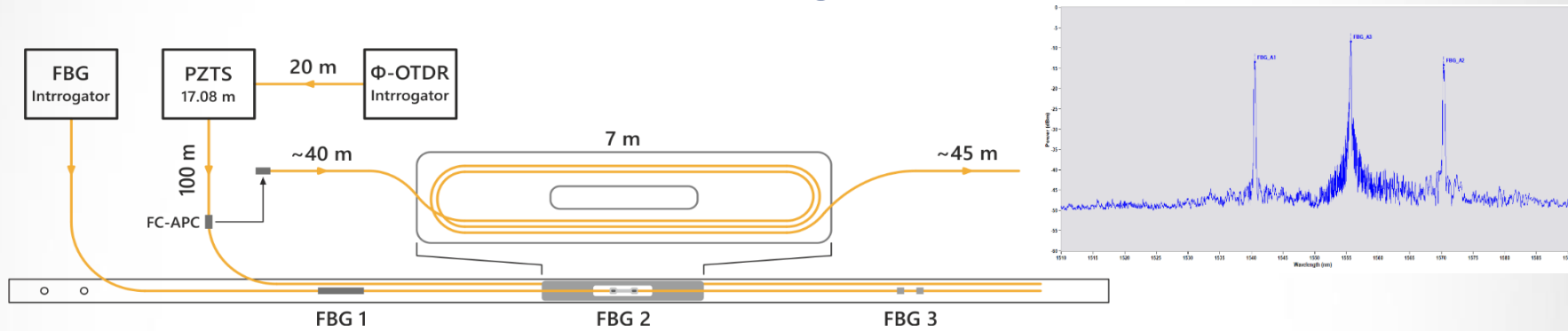
- Un materiau : Acier inoxydable
 - Epreuve en metal, mise en place des capteurs FBG, de la fibre optique en surface pour la methode Φ -OTDR et ultrasons

Lame en INOX
3000 mm x 50 mm
x 5 mm



- Systeme d'excitation
- Mesures des frequences de vibrations

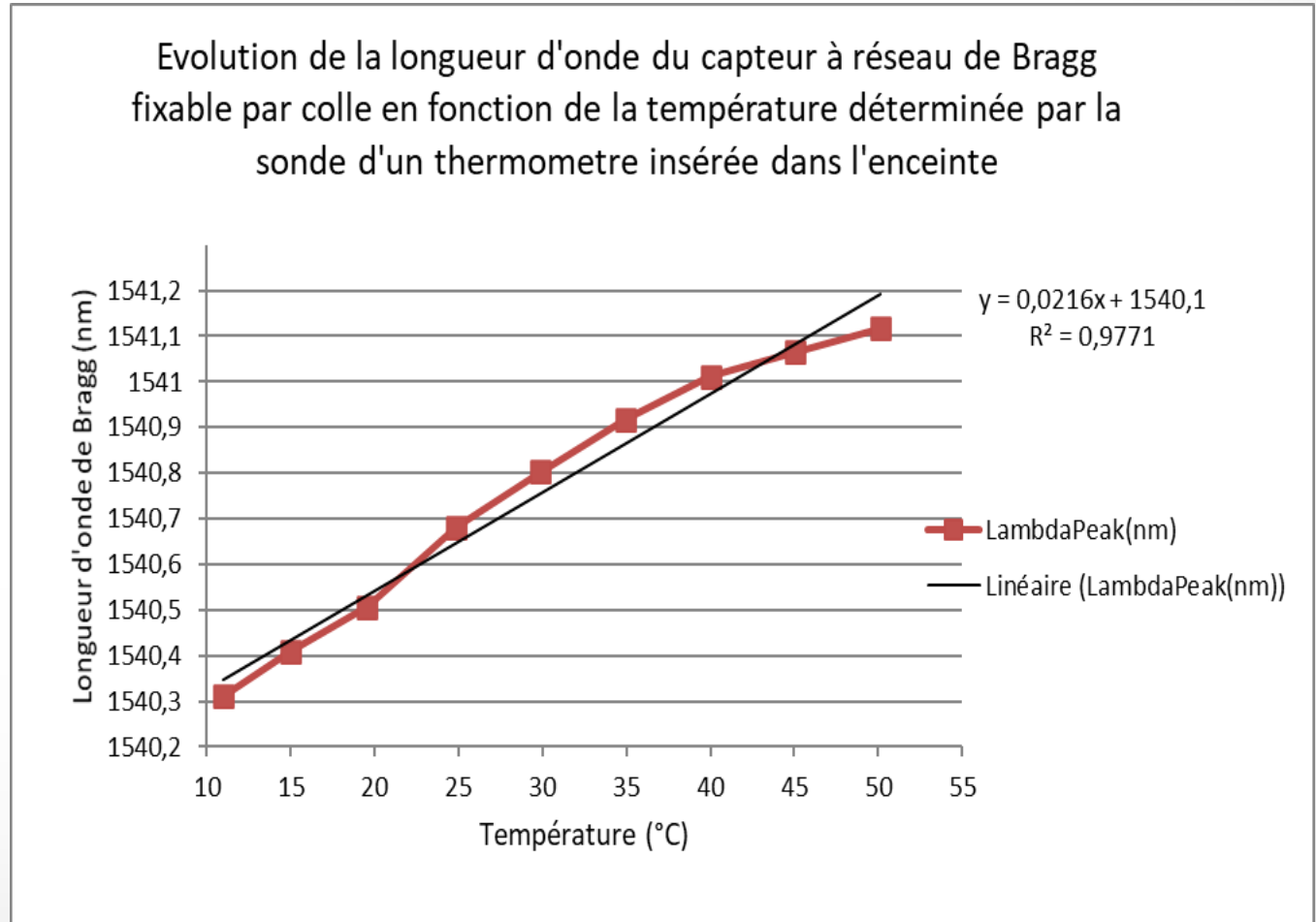
Fixation des capteurs FBG



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

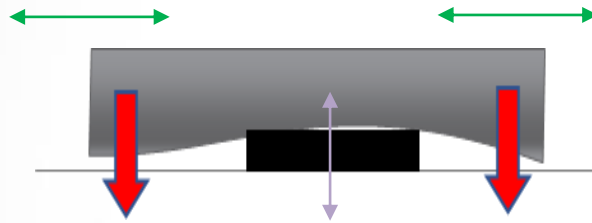
Caractérisation thermique

FBG1 – Extensomètre composite

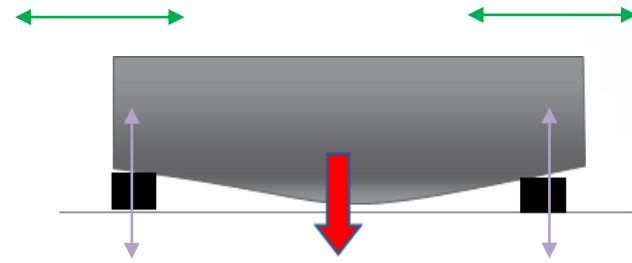


Caractérisation statique

Mise en œuvre :



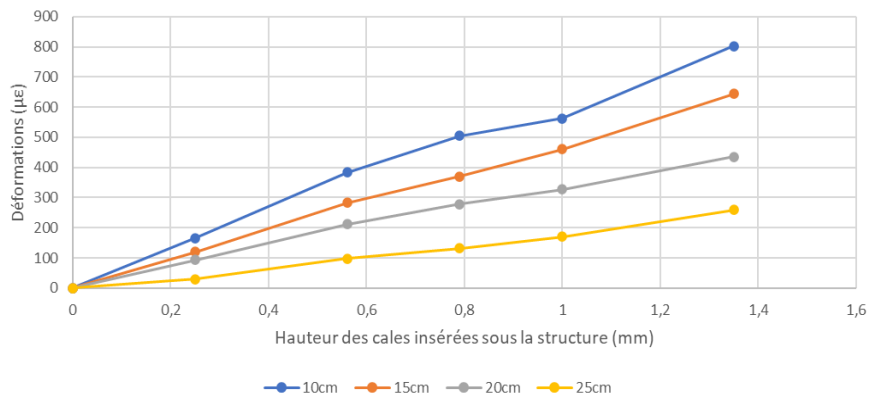
Flexion +(positive) de la barre



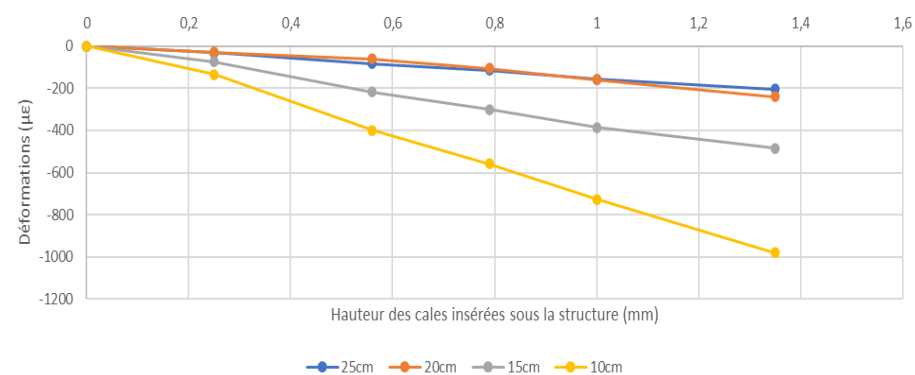
Flexion -(négative) de la barre

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

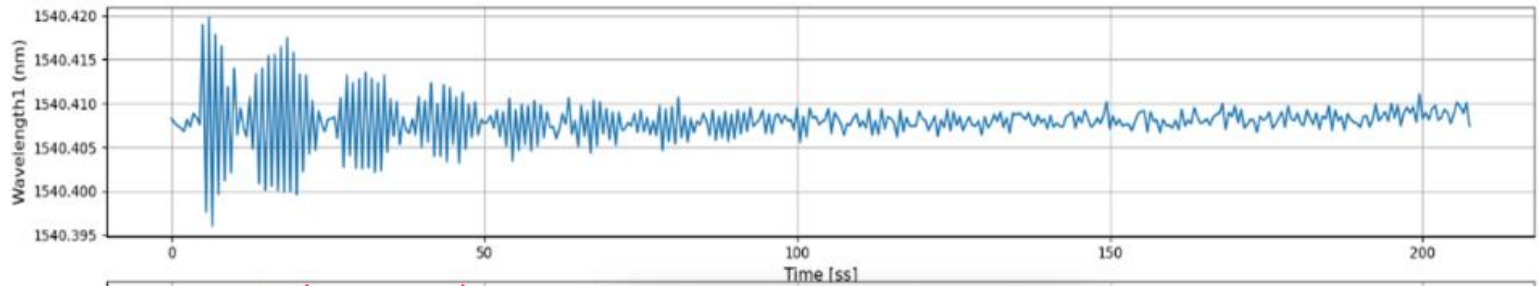


Étude en vibration libre

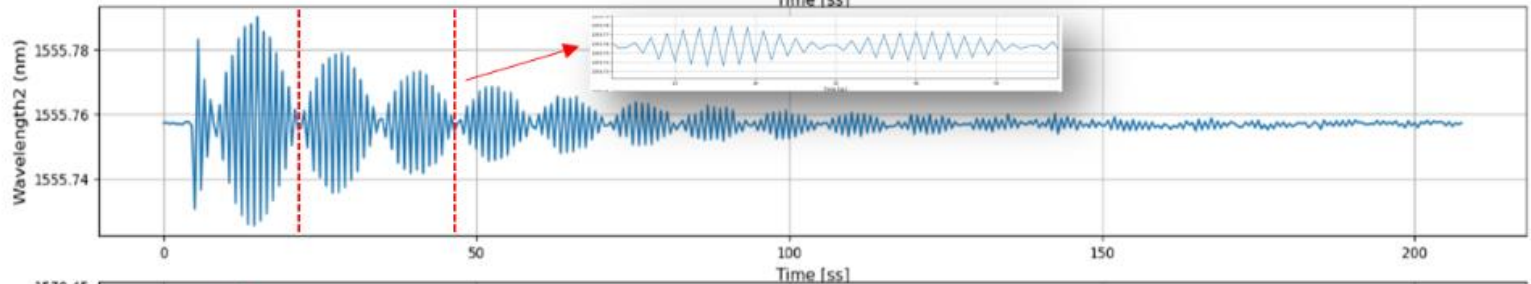
↓ **Excitation**



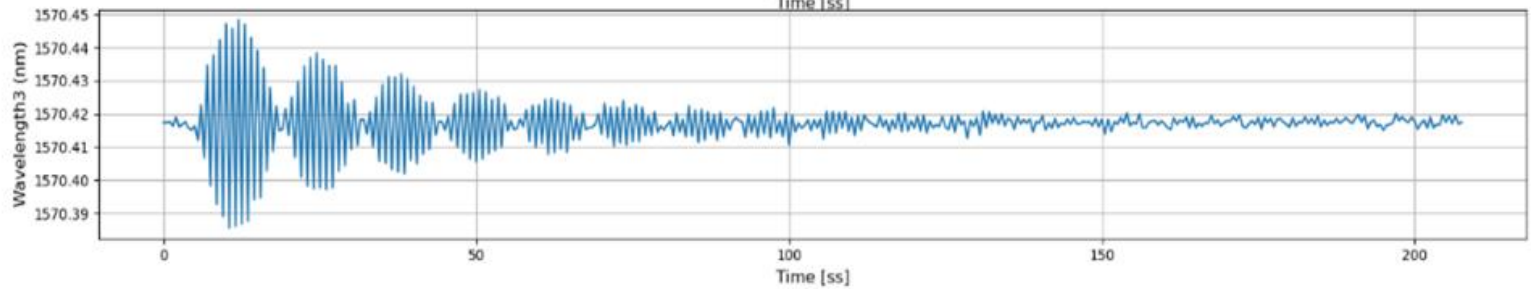
FBG1



FBG3

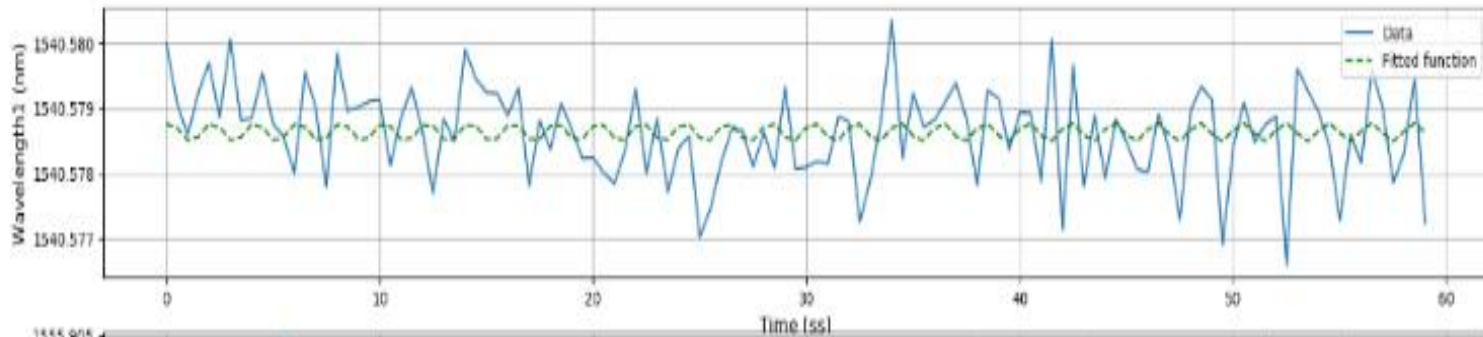


FBG2

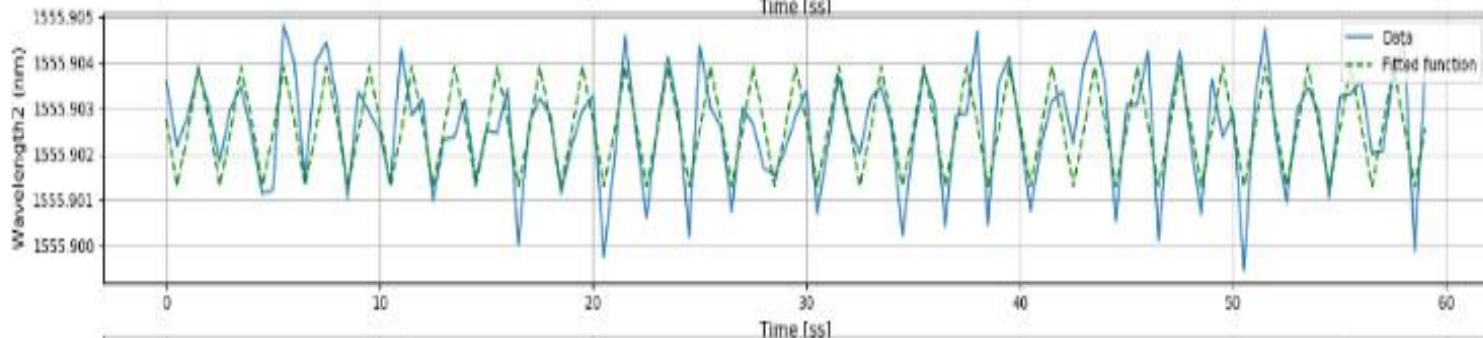


Étude en vibration forcée. Excitation forcée de 0,5Hz

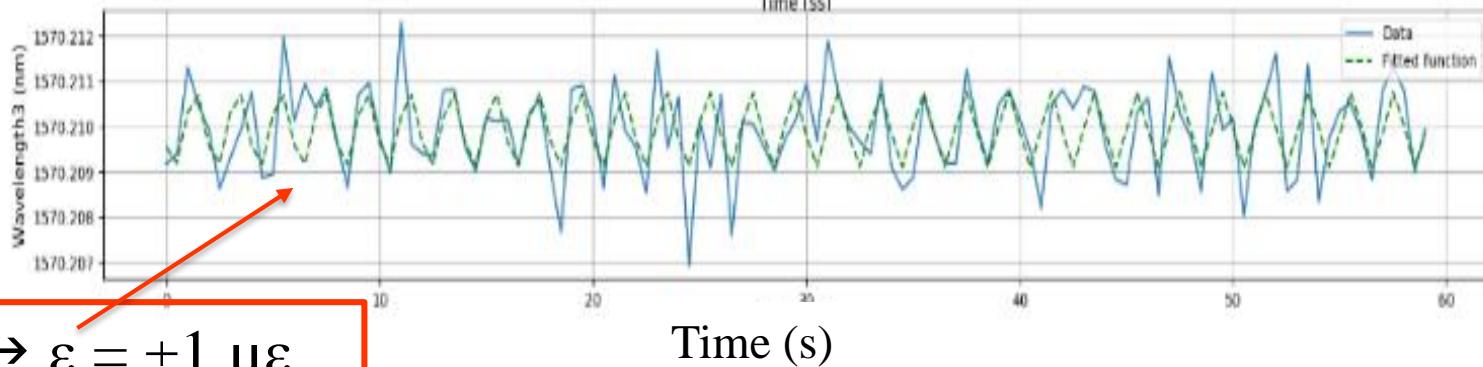
FBG1



FBG3

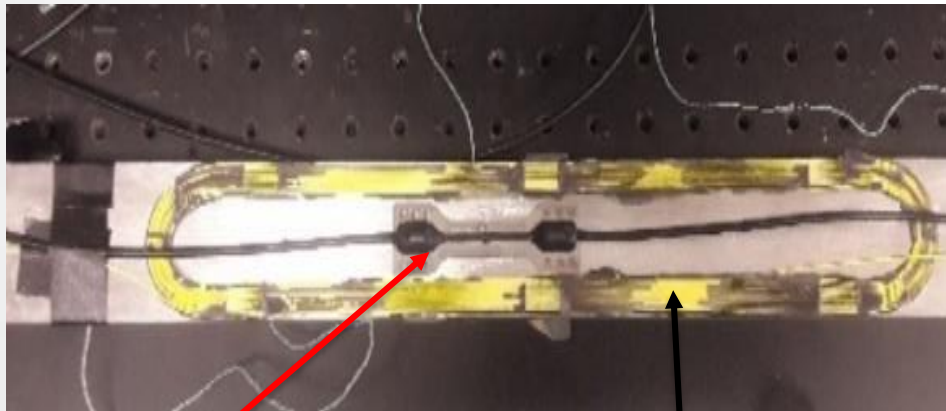


FBG2



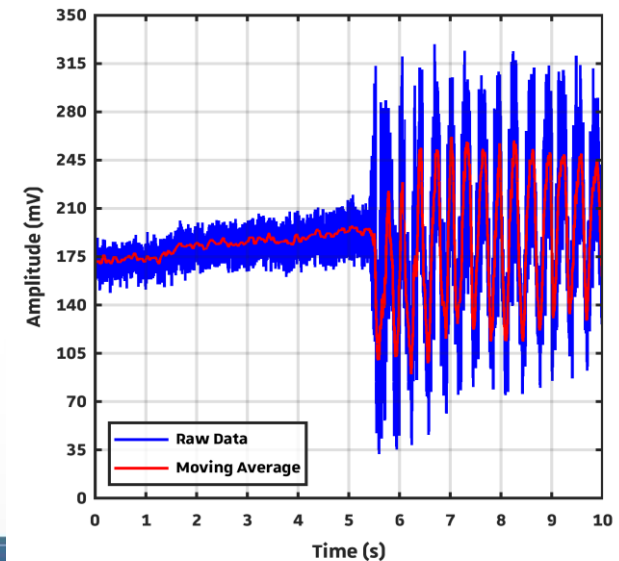
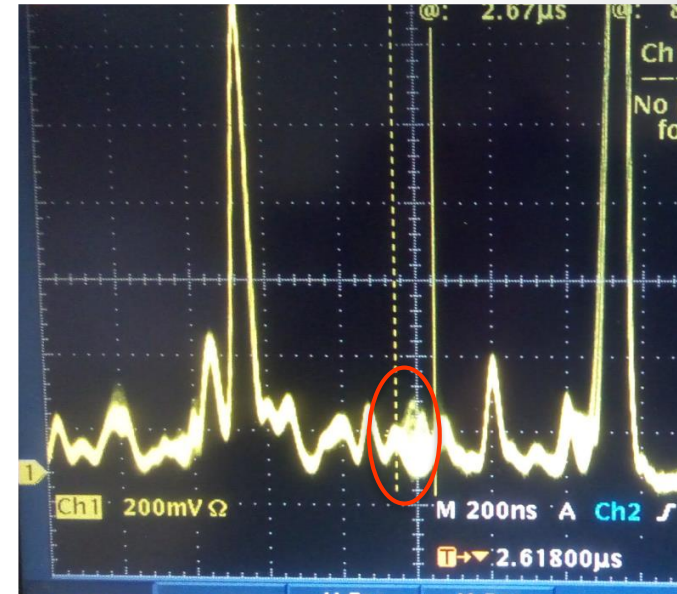
$$\Leftrightarrow \varepsilon = \pm 1 \mu\varepsilon$$

Mesures Φ -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 Φ -OTDR
 - Jusqu'à 10 km avec le Φ -OTDR

Merci de votre attention