

INSTRUMENTATION DES OUVRAGES D'ART UTILISATION DE LA FIBRE OPTIQUE

Amaury Herrera - Cerema Dter Méditerranée
John Dumoulin - Cerema Dter Sud Ouest

INSTRUMENTATION DES OA – FIBRE OPTIQUE

Capteurs à fibre optique ?

Mesure ponctuelle vs mesure distribuée
Principales technologies

Pourquoi utiliser des capteurs à fibre optique

Principaux avantages des technologies à fibre optique

Points d'attention et limites d'utilisation

Exemples d'application

Instrumentation sous marine
Détection de l'apparition de fissures

PREMIÈRE PARTIE

Capteurs à fibre optique ?

CAPTEURS À FIBRE OPTIQUE ?

- Mesure ponctuelle

Utilisation de la fibre comme vecteur d'information

Principe

Un élément sensible est incorporé à un montage mécanique (capteur ponctuel)

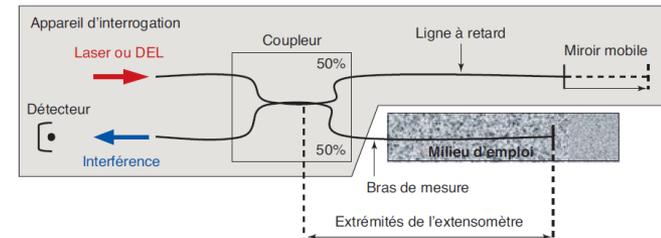
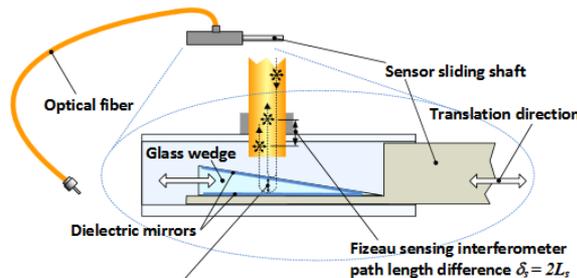
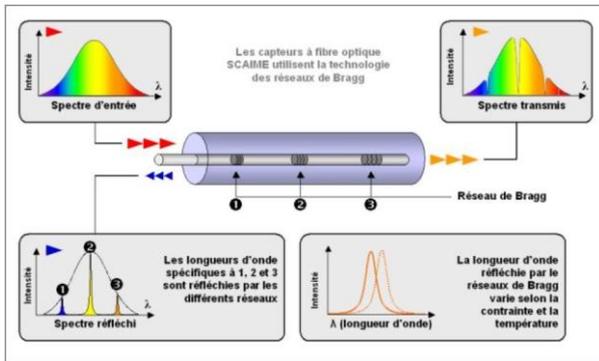
Essentiellement : déformation, déplacement, pression, température

Trois grands types de principes physiques :

Diffusion Bragg : un réseau de Bragg est gravé sur la fibre, celui-ci réfléchit une longueur d'onde donnée

Interférométrie Fabry-Perrot : déphasage de la lumière par différence de marche

Interféromètre de Michelson: interférence entre deux bras de FO



Utilisation de la fibre comme capteur

Corde optique (extensomètre longue base)

La fibre optique est tressée, les rayons de courbure successifs conduisent une atténuation du signal qui varie en fonction de la déformation de la corde



CAPTEURS À FIBRE OPTIQUE ?

- **Mesure distribuée**

Principe

La fibre optique est utilisée comme capteur : analyse du signal rétro diffusé suite à l'excitation de la fibre par une source laser

Types d'interrogateurs

Brillouin : Déformation et température (corrélées)

Résolution 20 μ m/m sur plusieurs dizaine de km

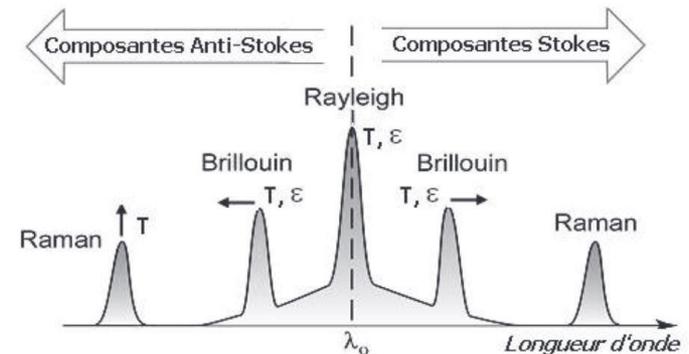
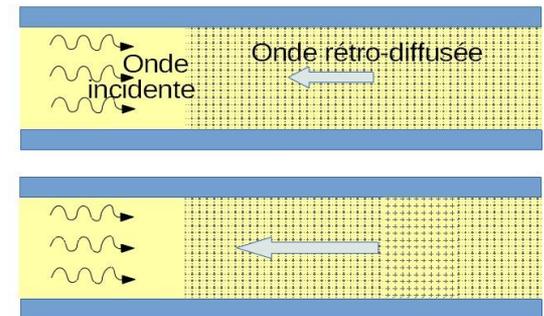
Rayleigh : Déformation et température (corrélées)

Résolution 1 μ m/m sur quelques centaines de m

Raman : Température (indépendant de la déformation)

Résolution 0,1°C sur plusieurs dizaines de km

DAS : Acoustique (Rayleigh)



DEUXIEME PARTIE

Principaux avantages

PRINCIPAUX AVANTAGES DES CAPTEURS À FO

- **Avantages communs à toutes les technologies:**
 - Insensibles au rayonnement électromagnétique
 - Atténuation quasi-nulle à l'échelle d'un ouvrage
 - Pas de risque d'étincelle ou de choc électrique
 - Pas de corrosion des câbles
- **Avantage du réseau de Bragg:**
 - Réduction de la quantité de câblage
- **Avantage de la FO distribuée:**
 - Partie capteur intrinsèquement insensible à l'eau (attention aux soudures et aux connectiques)
 - Nombre de points de mesure très important

Troisième partie

Point d'attention et limites d'utilisation

POINTS D'ATTENTION ET LIMITES D'UTILISATION

- Aspect métrologique parfois non maîtrisé (capteur et/ou capteur + chaîne d'acquisition)
- Variation de température durant la période de mesure:
 - ne permet pas de s'affranchir de correction thermique
 - correction des phénomènes thermiques parfois complexe
- **Transfert de la grandeur physique au cœur de la fibre (élément sensible)**
 - condition de mise en œuvre à définir avec précision
- Nécessité de mise en œuvre par du personnel qualifié
 - mise en œuvre spécifique (durée et qualification du personnel)
 - maintenance avec moyens spécialisés
- Capteur ponctuels: mêmes problématiques que les technologies classiques pour l'encombrement, la durabilité, la mise en œuvre etc.
- Fragilité : pas toujours compatible avec du Génie Civil (dispositifs de protection importants à prévoir)

POINTS D'ATTENTION ET LIMITES D'UTILISATION

- FOD et réseau de Bragg: l'endommagement en un point compromet l'ensemble des points de mesures suivants
- Difficulté d'estimation d'une ouverture de fissure avec une fibre optique distribuée
- Difficultés de raccordement des mesures dans le cadre de campagnes de mesures périodiques
- Mesure en présence de vibrations :
 - Sensibilité de l'optoélectronique
 - Bruit de mesure parfois extrêmement important
- Puissance de calcul et volume de stockage de données importante (notamment pour le DAS)
- Mesure à fréquences élevées parfois complexe
- Suivi en continu: coût appareil, sensibilité des appareils aux conditions de chantier

Quatrième partie

Exemples d'utilisation

EXEMPLE D'APPLICATION

- Suivi du gonflement et de la fissuration d'un radier d'écluse

Contraintes principales:

Suivi long terme

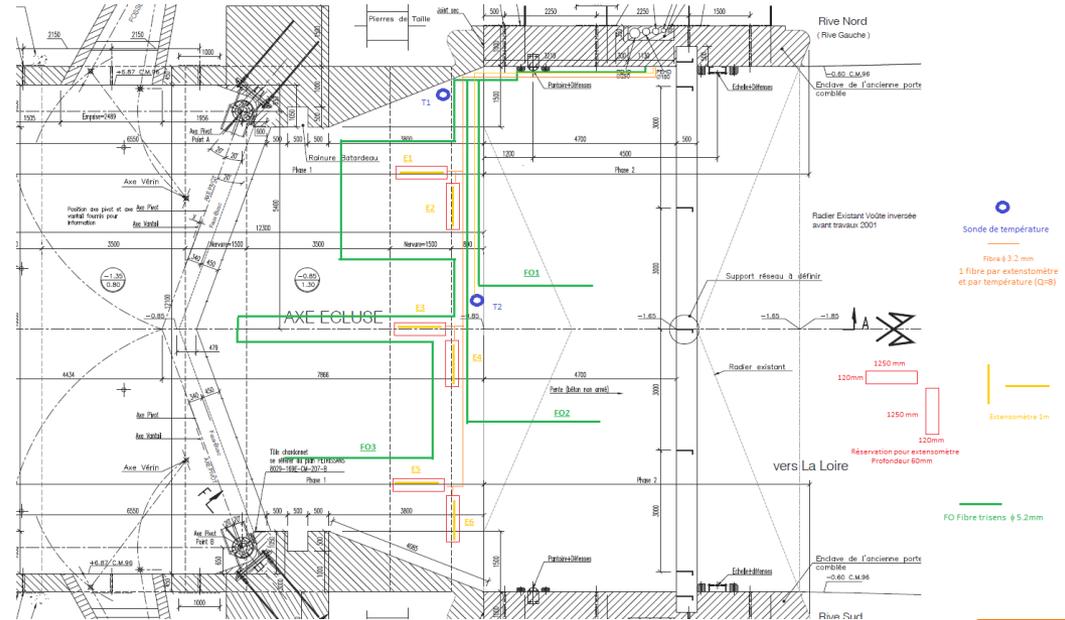
Installation immergée

Accès impossible à l'installation après mise en place

Solutions choisies:

Mise en place d'extensomètres longues bases (Fabry Perrot)

Mise en place de fibre optique distribuée (Brillouin)



EXEMPLE D'APPLICATION

- Suivi du gonflement et de la fissuration: Extensomètres longue base (Fabry Perrot)

Complètement immergé, protégé dans des fosses (notamment pour les phases de nettoyage de l'écluse)

Suivi ponctuel et périodique dans deux directions du radier



EXEMPLE D'APPLICATION

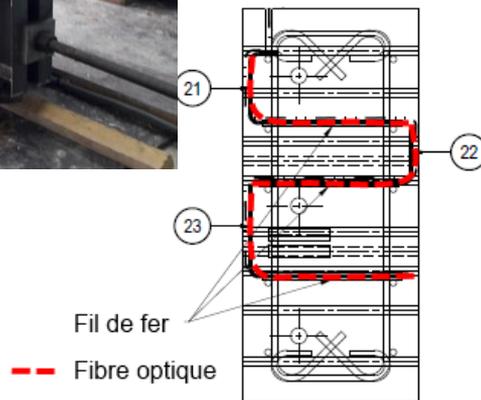
- Détection de l'apparition de fissures (Fibre optique distribuée Rayleigh)

Essai sur massifs test représentatifs d'un ouvrage réel

Suivi de la mise en précontrainte de barres

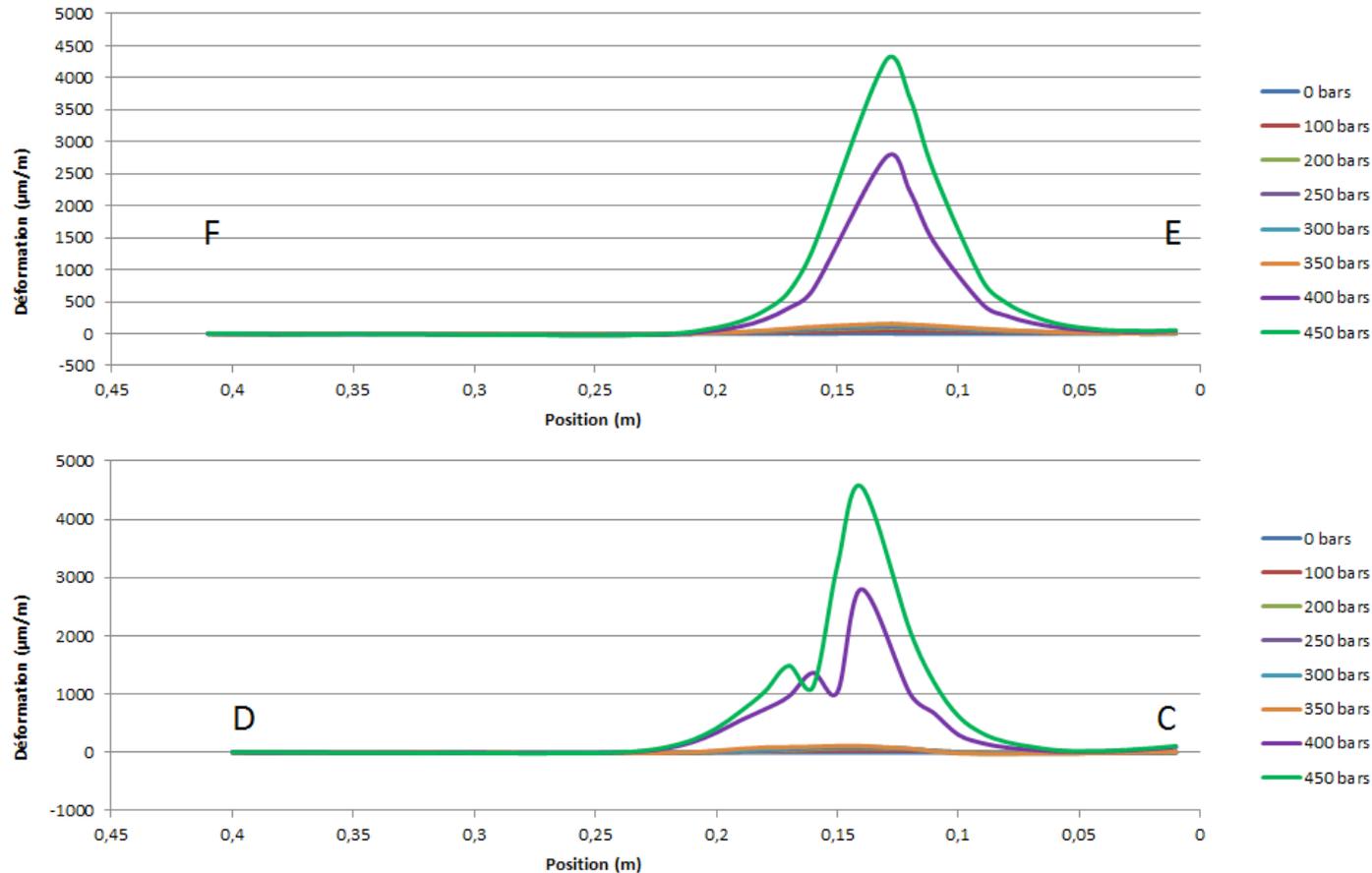
Suivi de l'apparition et de l'évolution de la fissuration à l'intérieur du massif (fissuration par fendage)

Après validation de l'essai de fendage, suivi réalisé sur l'ouvrage réel



EXEMPLE D'APPLICATION

- Détection de l'apparition de fissures (Fibre optique distribuée Rayleigh)



CINQUIEME PARTIE

Conclusion

CONCLUSION

- Des technologies nouvelles qui ouvrent de nouveaux horizons ...
- Mais qui possède tout de même leurs limites à connaître et maîtriser pour les utiliser à bon escient