



IMGC

L'INSTRUMENTATION AU SERVICE DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL

Journée Technique
MARDI 13 JUIN 2023
FNTP – 3 Rue de Berri, 75 008 PARIS



Modélisation physique et numérique des mécanismes de transfert de charge des fondations des éoliennes terrestres

Janet MODU – ANTEA GROUP

Laurent BRIANÇON – INSA LYON

Charles NADIM – ANTEA GROUP

Quelle instrumentation, pour faire quoi ?

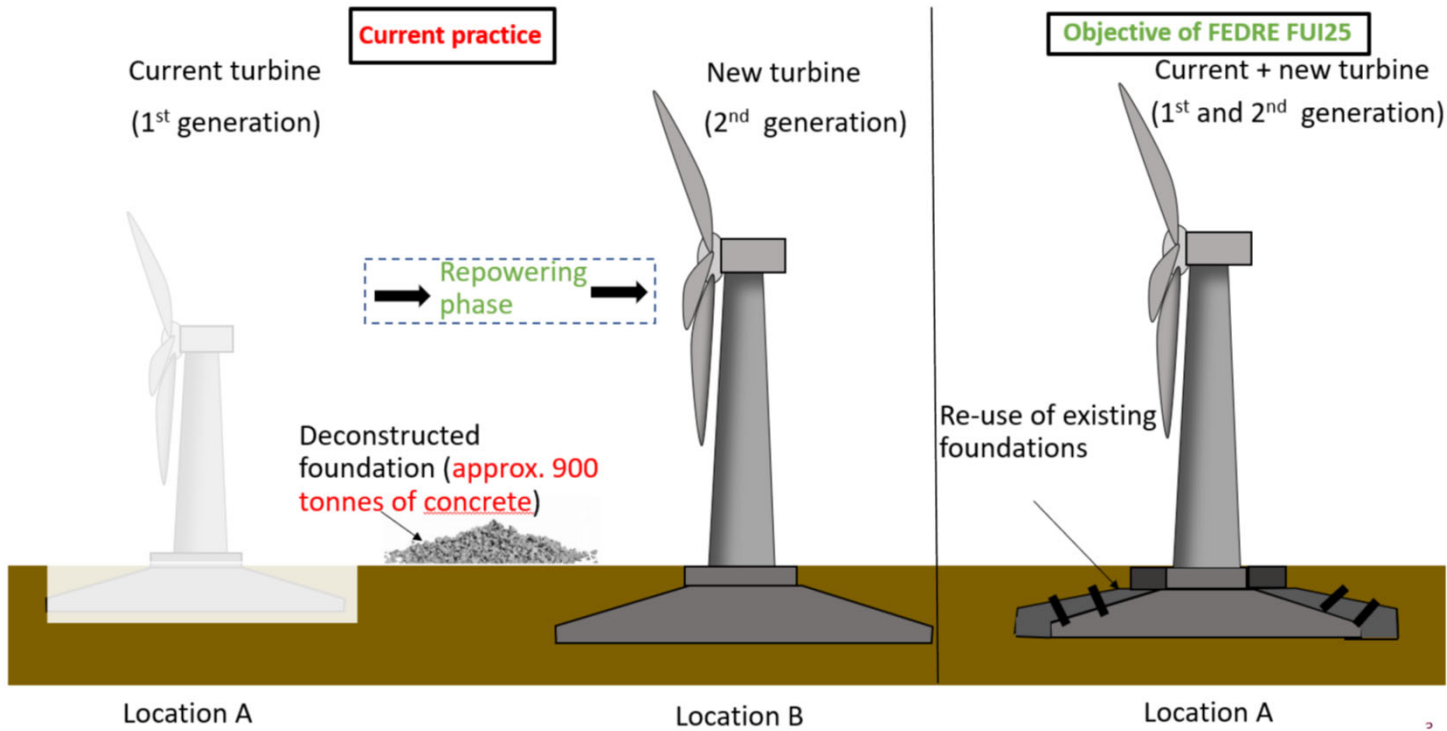


1. Le projet FEDRE
2. Instrumentation d'une fondation réelle
3. Instrumentation d'un modèle réduit
4. Apprentissages



1- Le projet FEDRE

Objectif

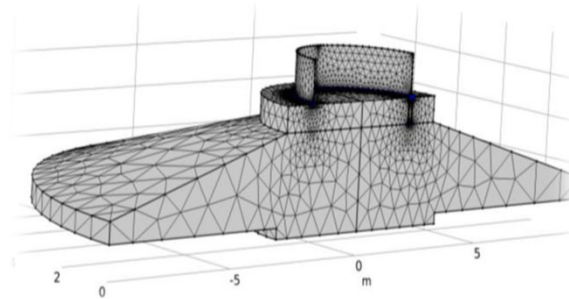


1- Le projet FEDRE

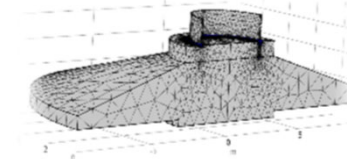
Méthodologie



Structural Health Monitoring



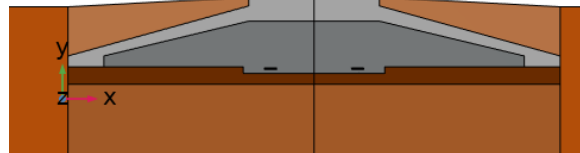
Modélisation numérique
échelle réelle



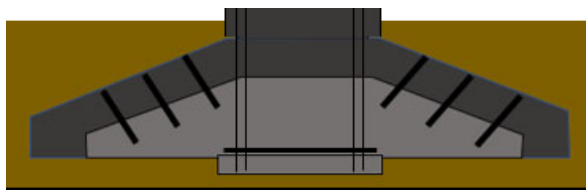
Modélisation numérique au
1/10



Modèle
physique au
1/10



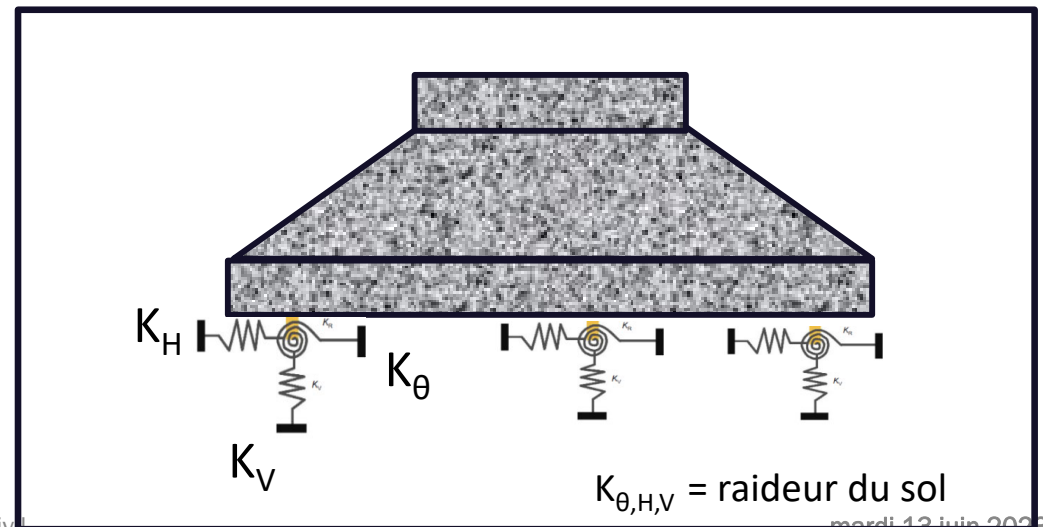
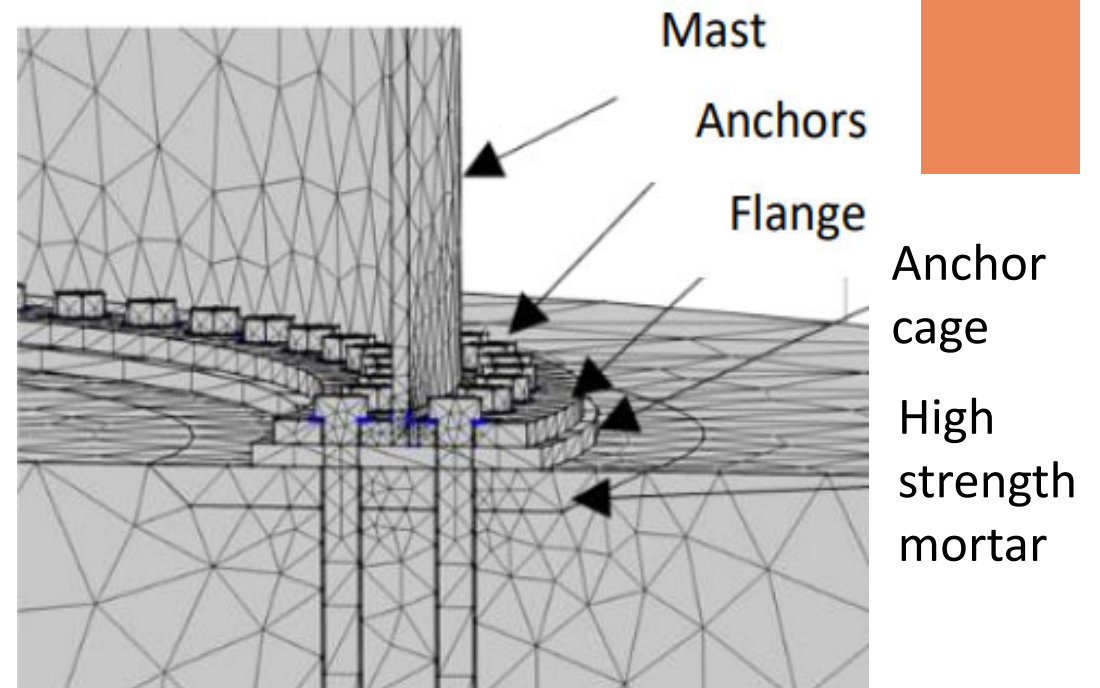
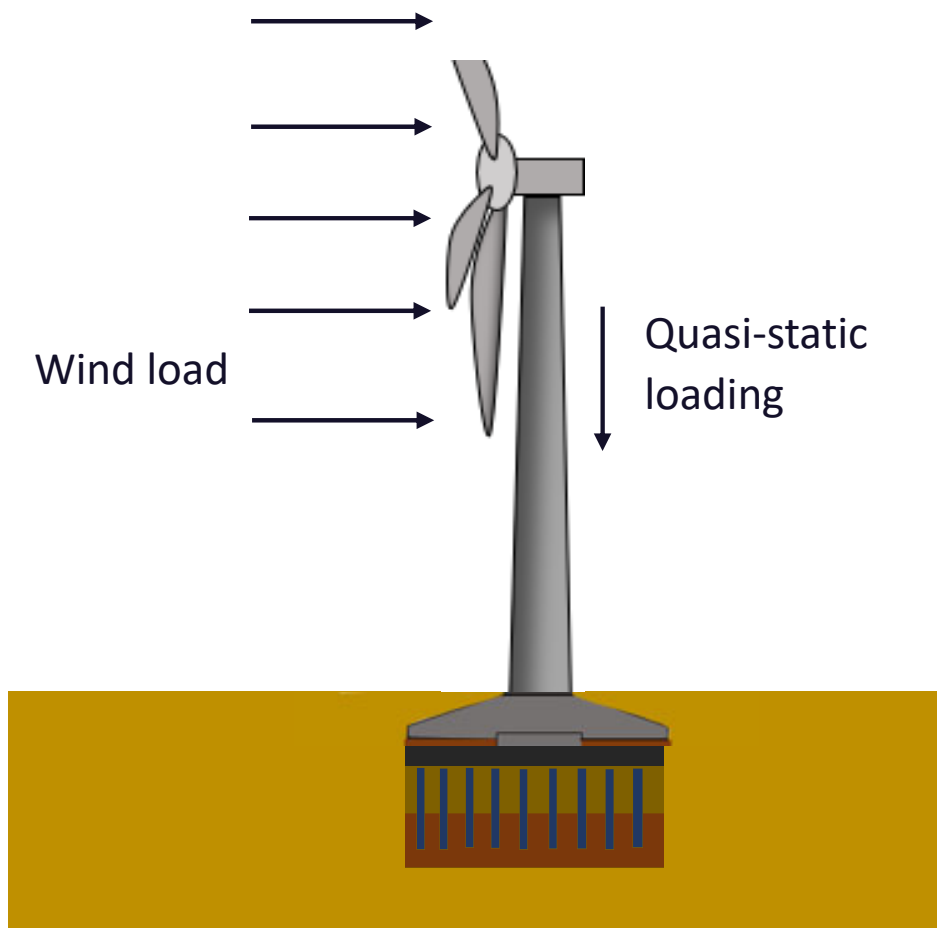
Modélisation numérique de la
solution



Modèle
physique de la
solution

1- Le projet FEDRE

Mécanismes et interactions

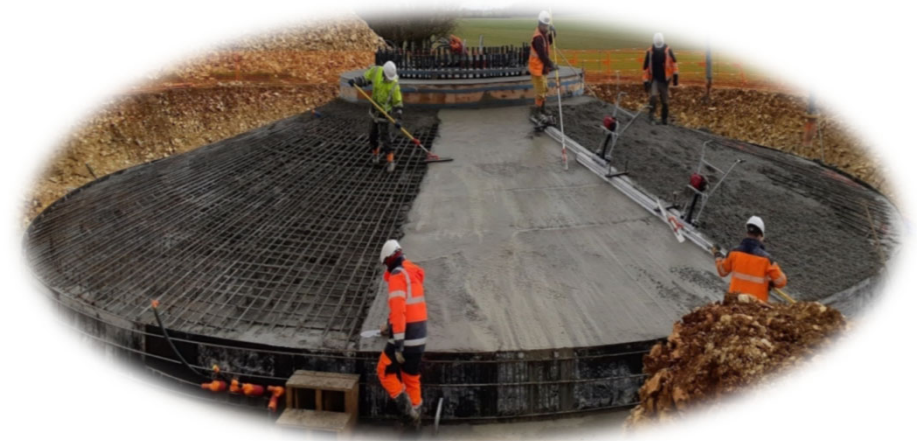


2- Instrumentation d'une fondation réelle

Ecoust-St-Mein (62)

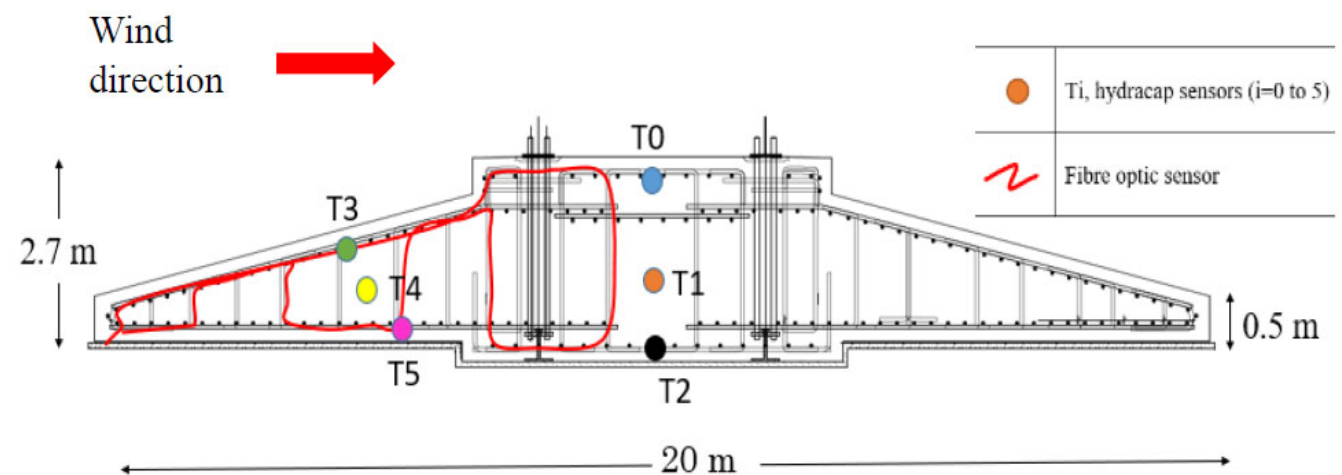
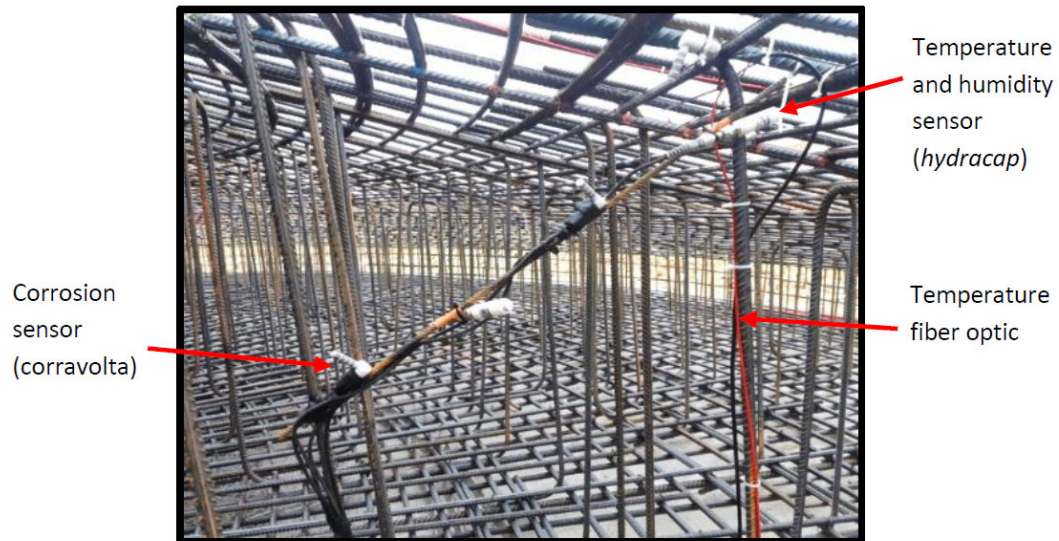


Electrical
Resistance
Strain gauge



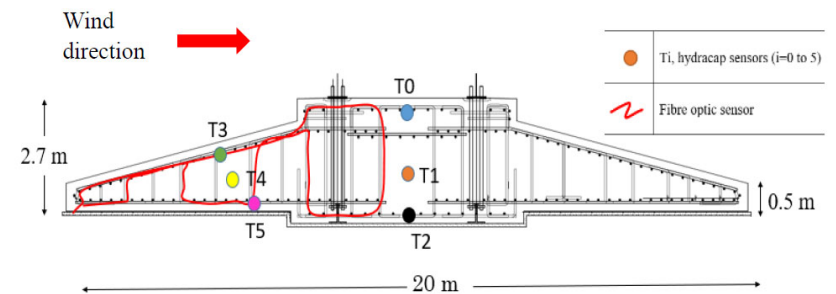
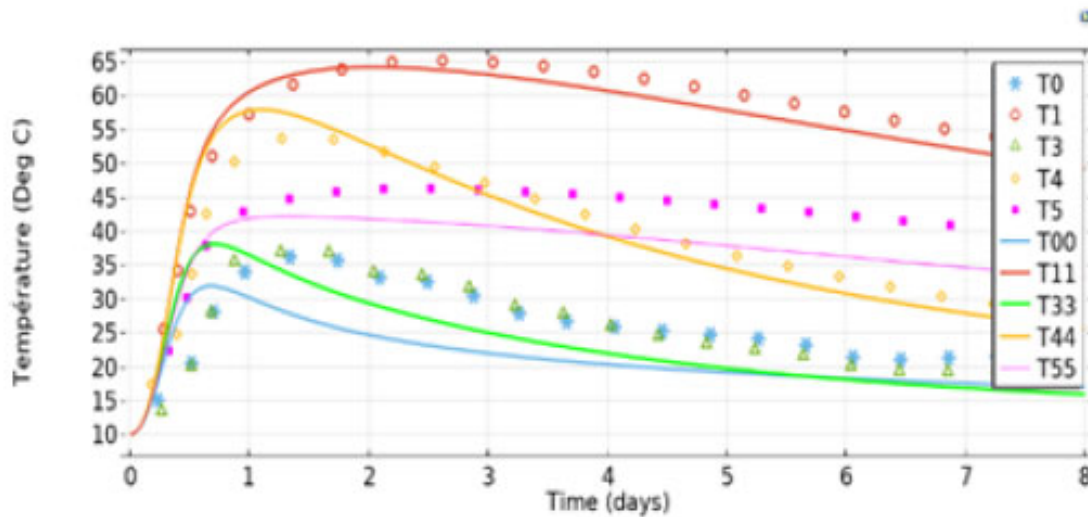
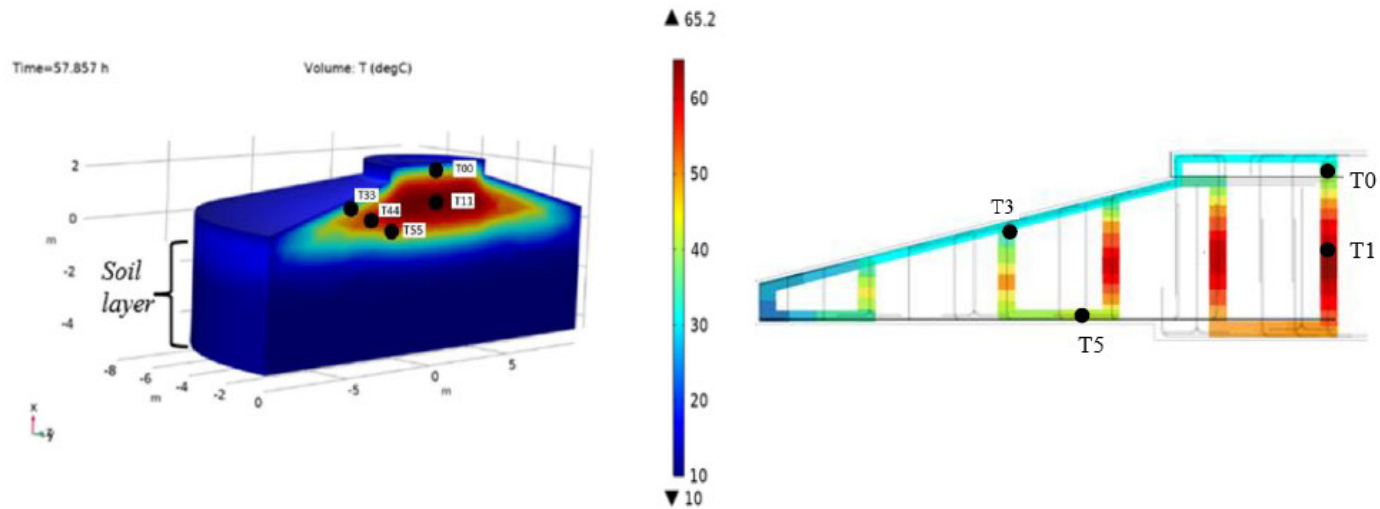
Extensometer

2- Instrumentation d'une fondation réelle



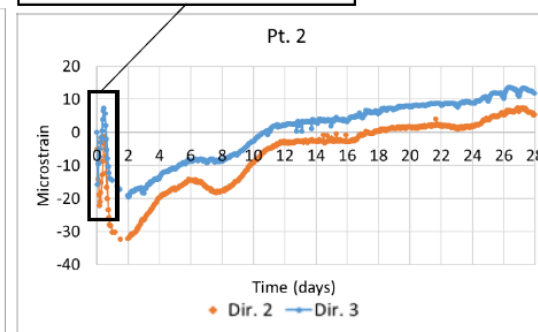
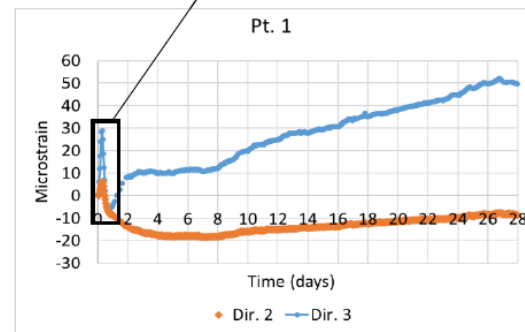
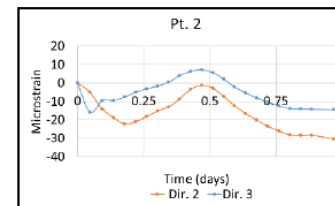
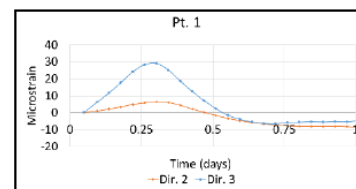
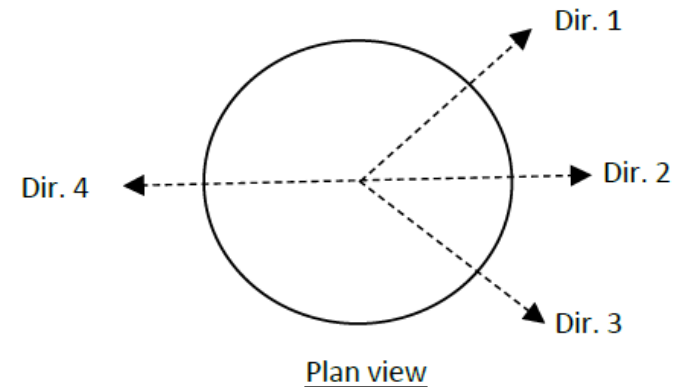
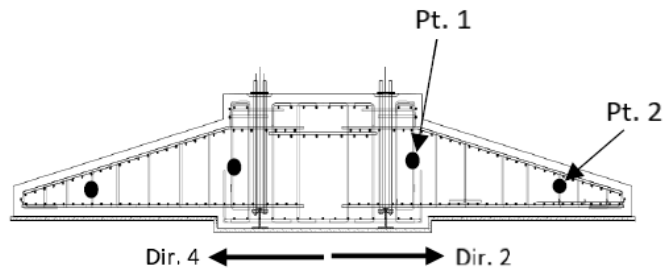
2- Instrumentation d'une fondation réelle

Températures au jeune âge



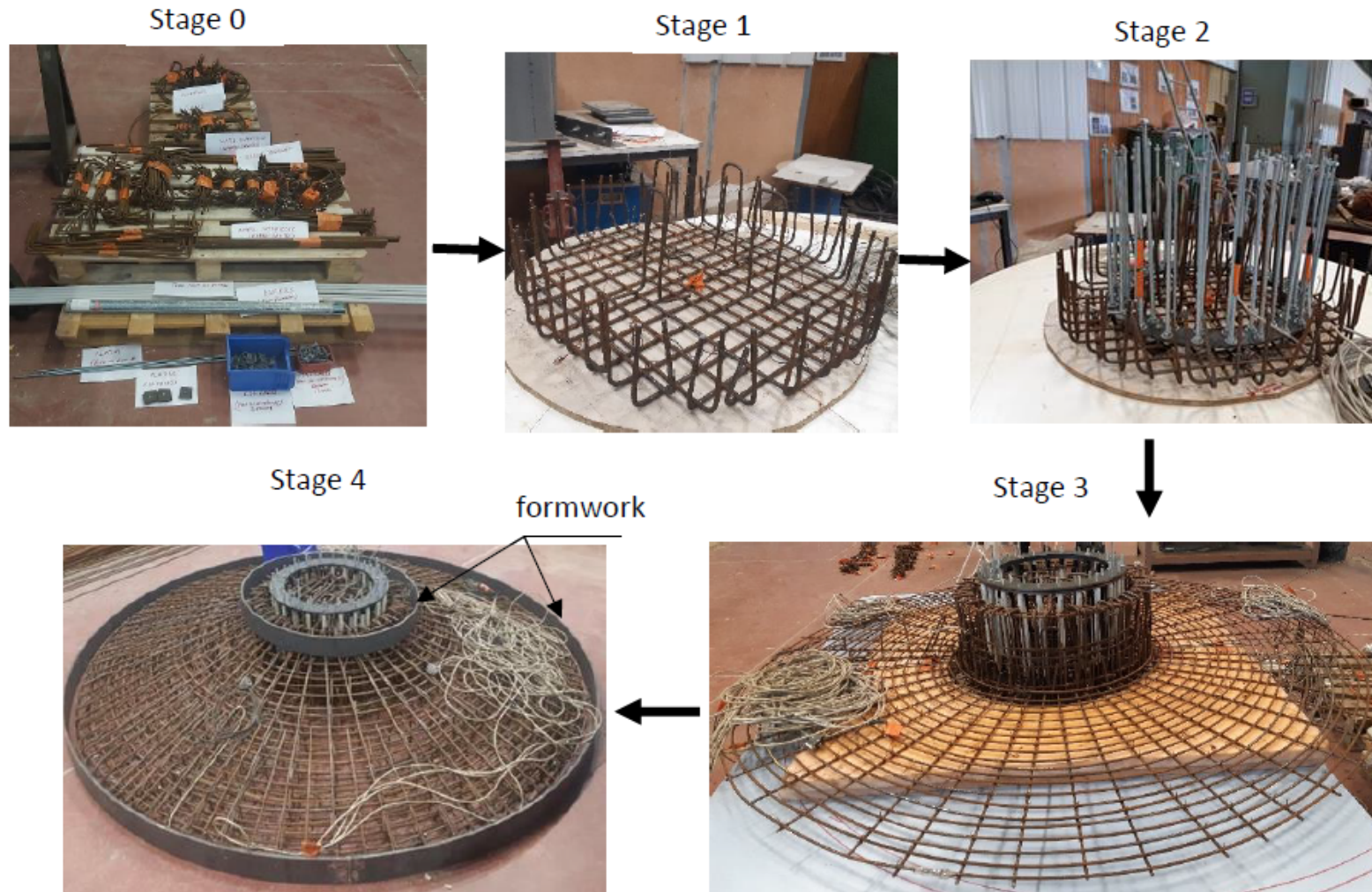
2- Instrumentation d'une fondation réelle

Déformations au jeune âge



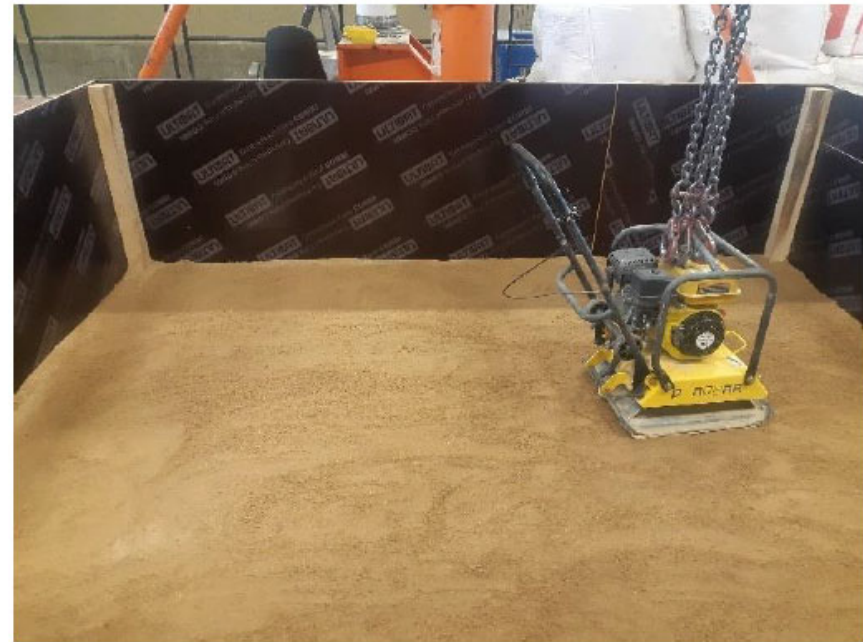
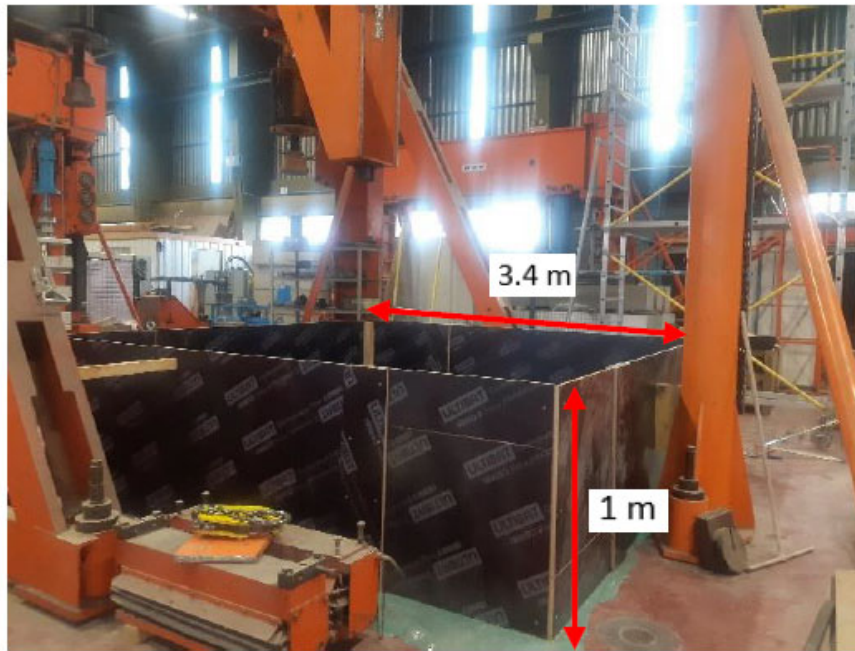
3- Instrumentation d'un modèle réduit

Construction



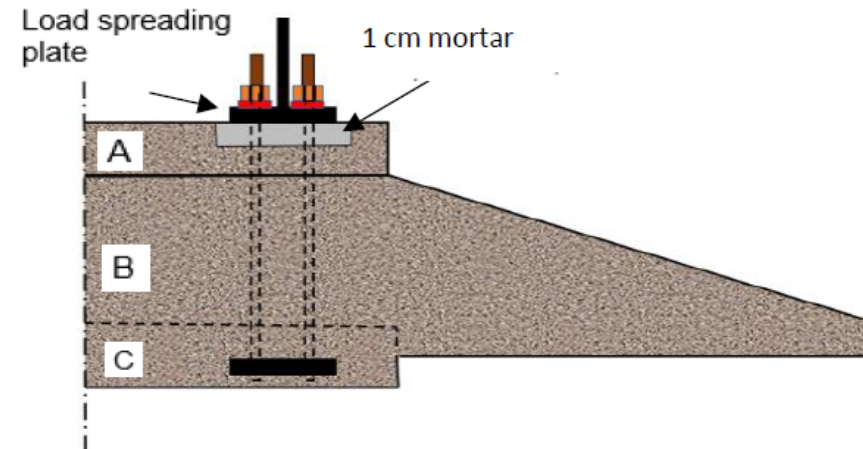
3- Instrumentation d'un modèle réduit

Construction



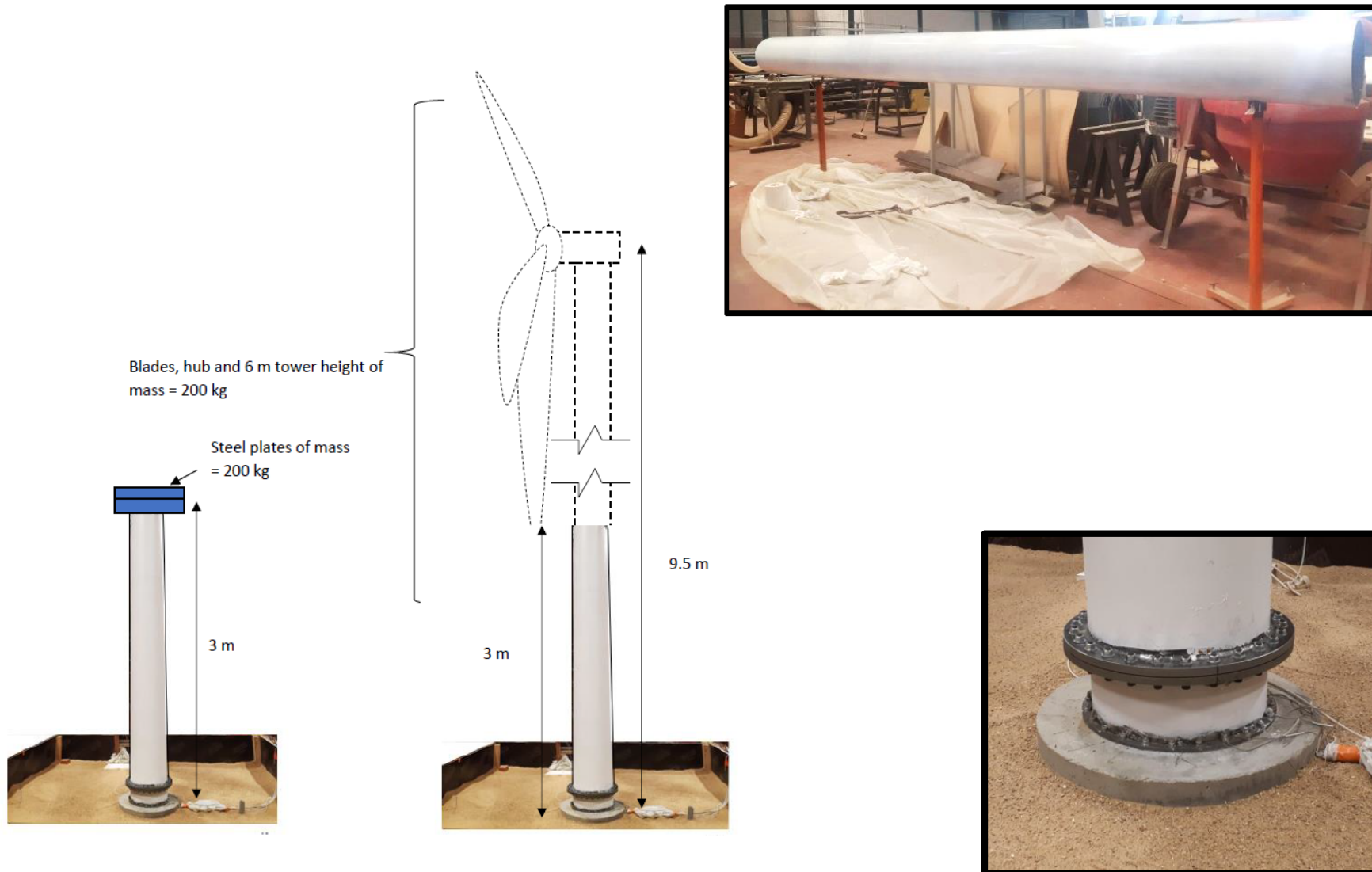
3- Instrumentation d'un modèle réduit

Construction



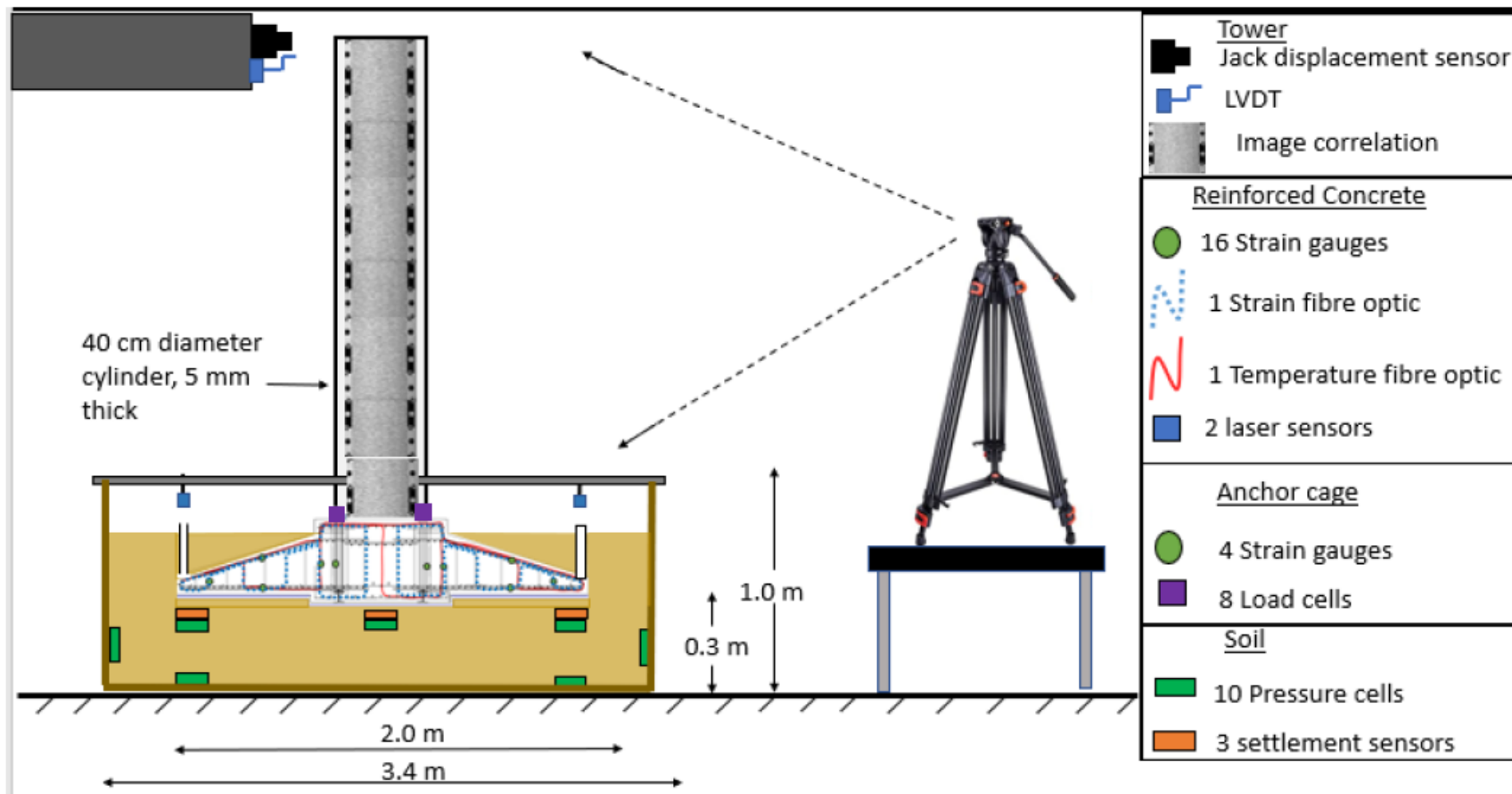
3- Instrumentation d'un modèle réduit

Construction



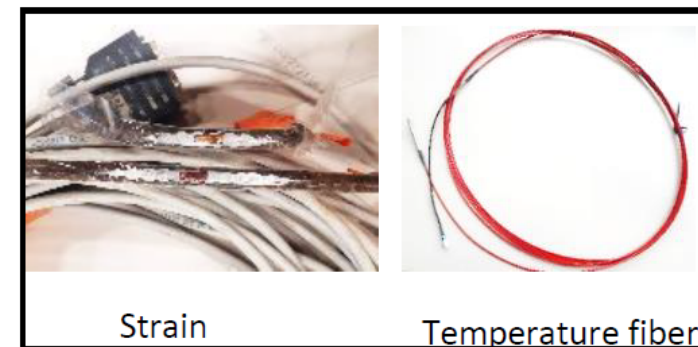
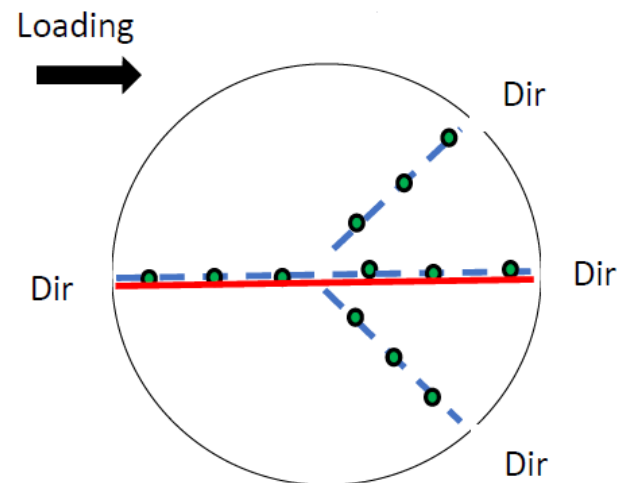
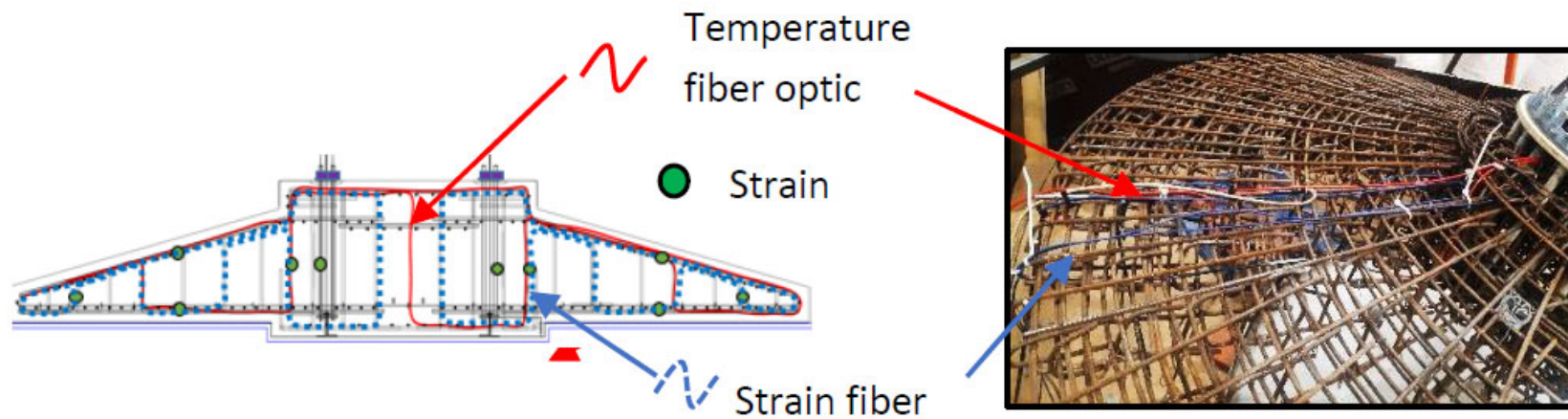
3- Instrumentation d'un modèle réduit

Instrumentation : synoptique



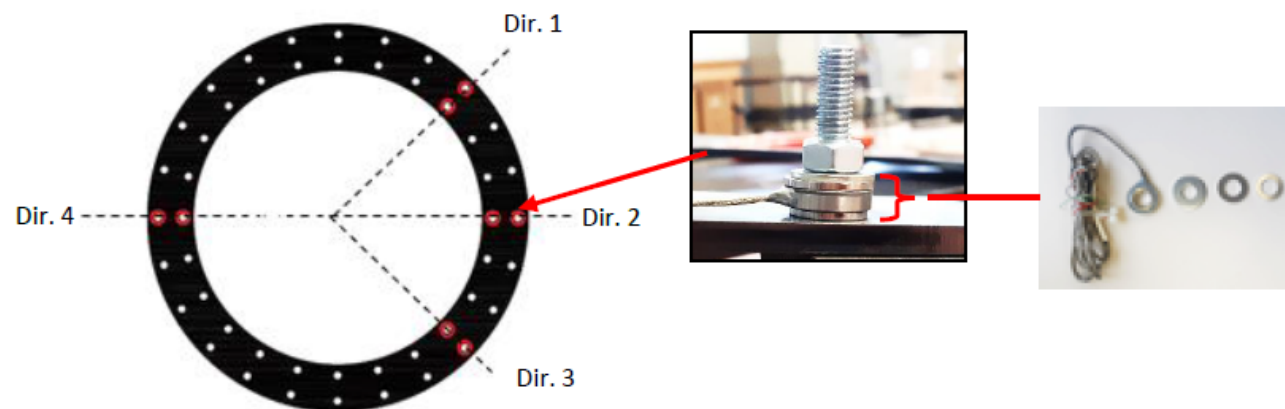
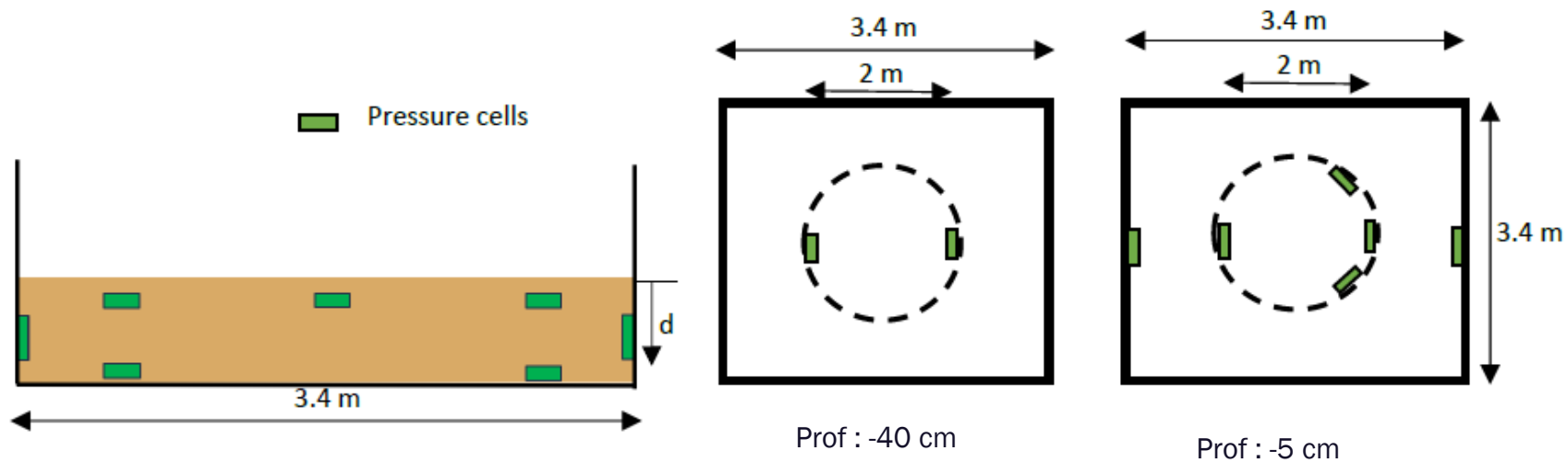
3- Instrumentation d'un modèle réduit

Instrumentation : jeune âge



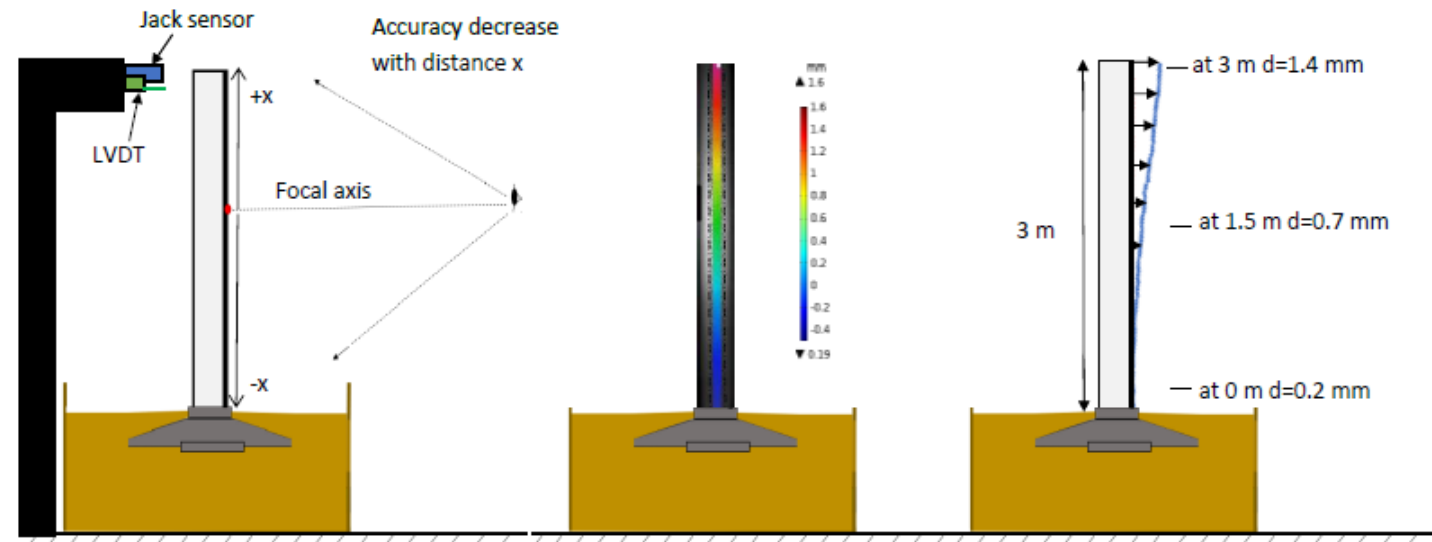
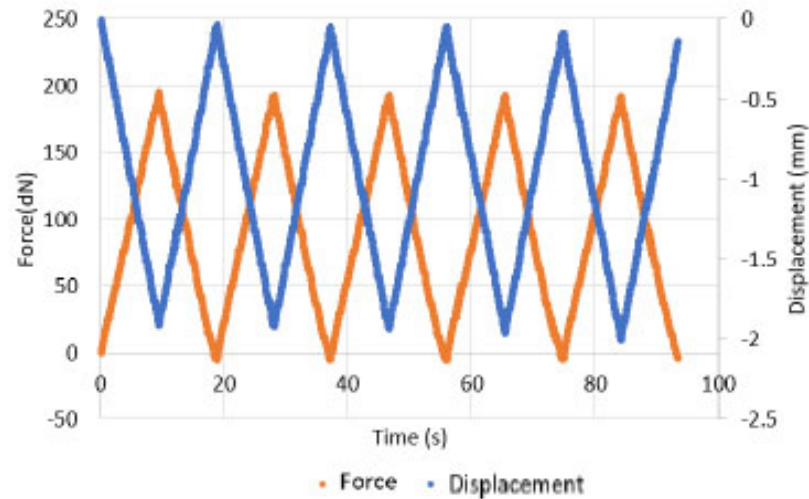
3- Instrumentation d'un modèle réduit

Instrumentation : pression / charge



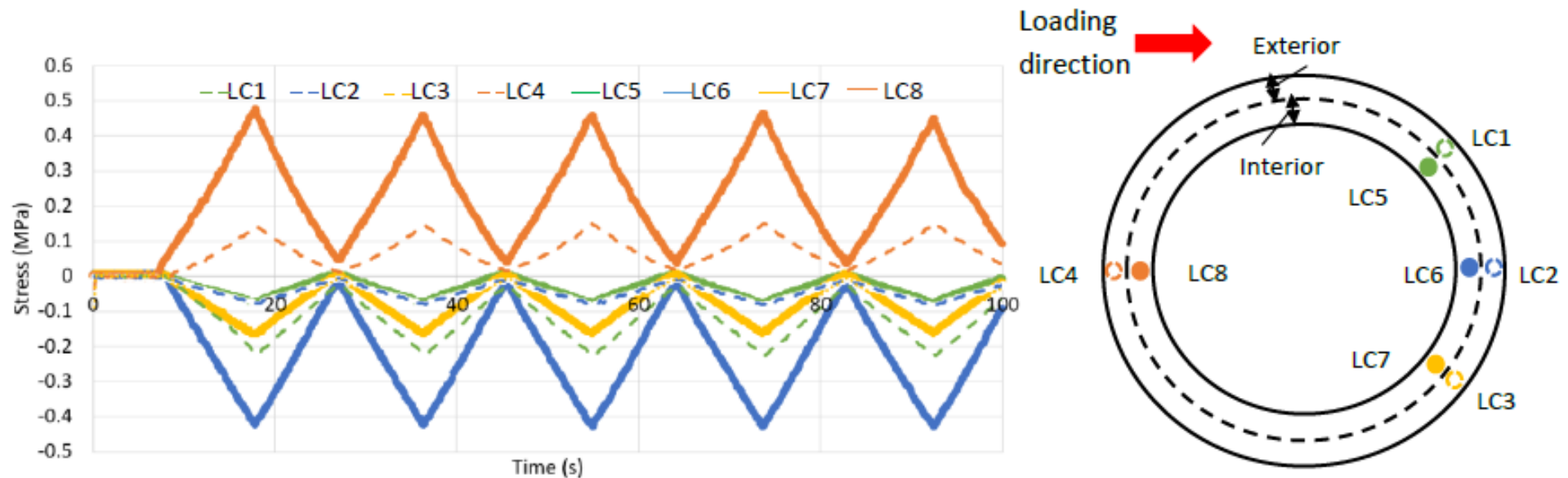
3- Instrumentation d'un modèle réduit

Mesures : application d'un effort cyclique



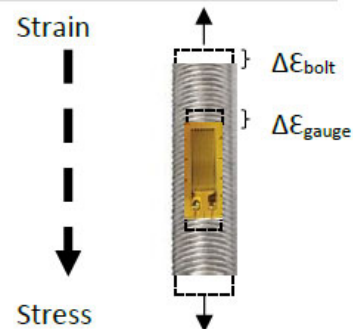
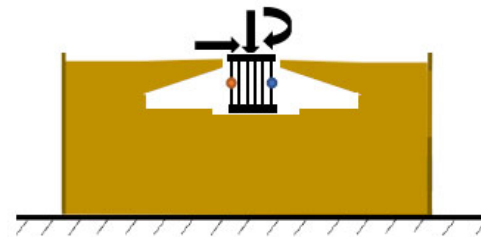
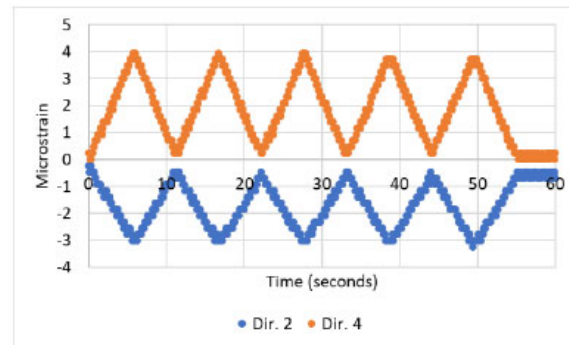
3- Instrumentation d'un modèle réduit

Mesures : effort cyclique -> contraintes dans les boulons



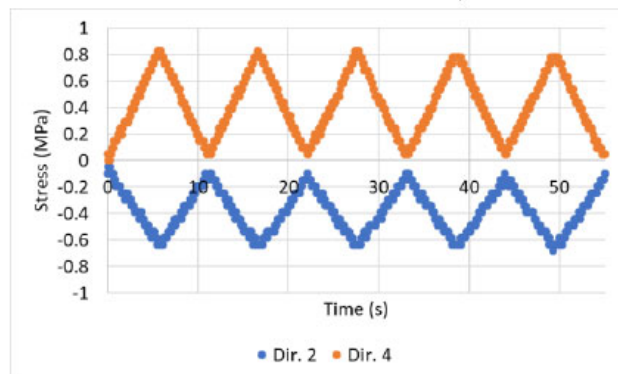
3- Instrumentation d'un modèle réduit

Mesures : effort cyclique -> déformation des ancrages



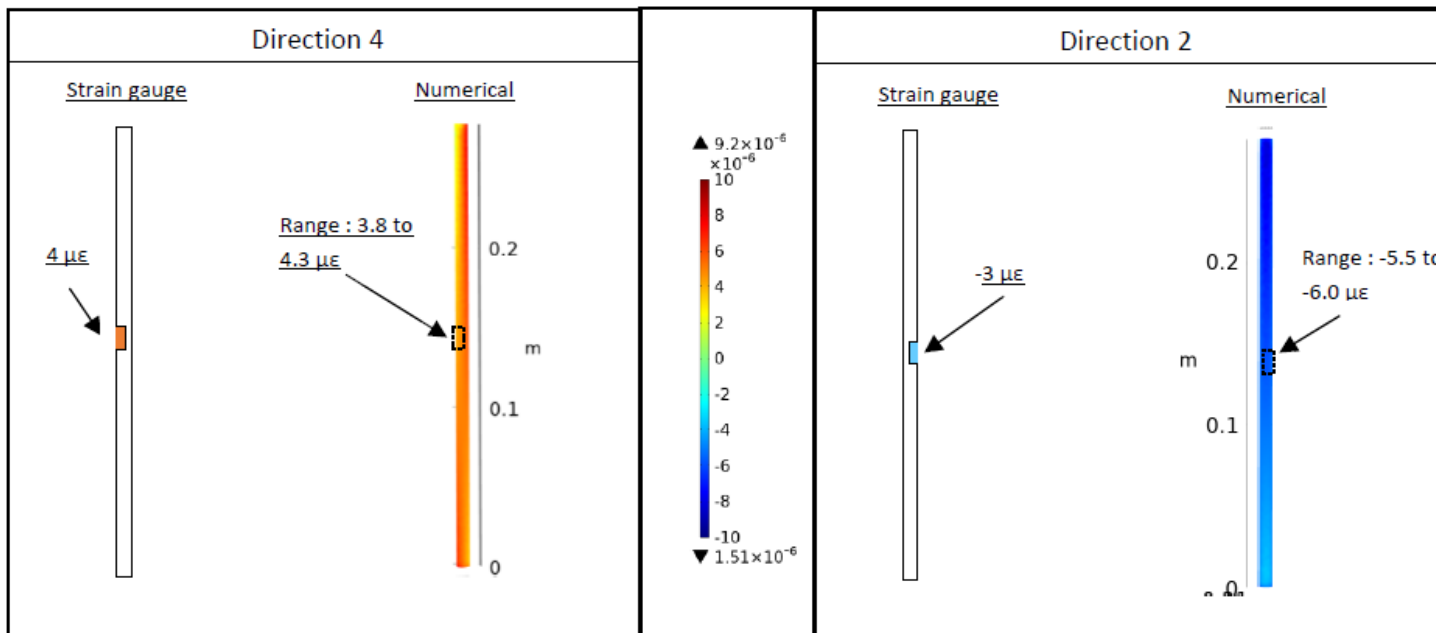
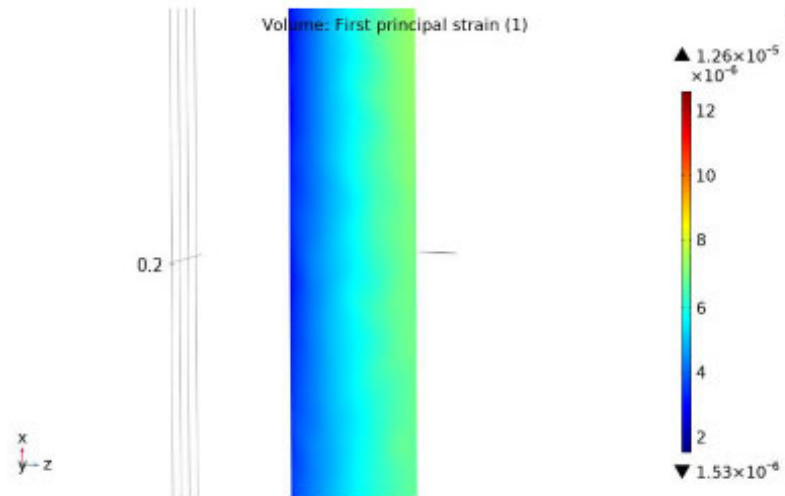
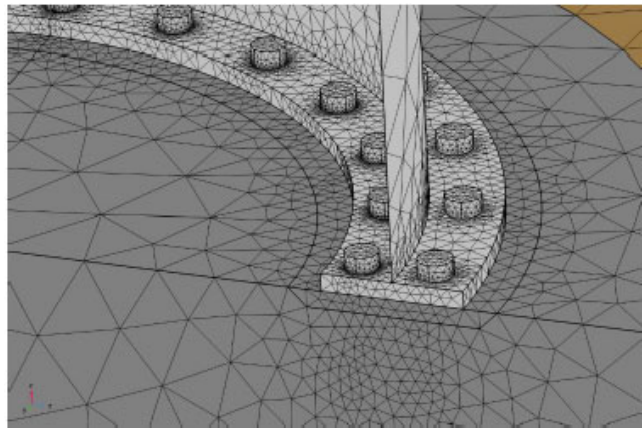
Assumption

- $\Delta\epsilon_{\text{gauge}} = \Delta\epsilon_{\text{bolt}}$
- $E_{\text{bolt}} = 210\,000 \text{ MPa}$



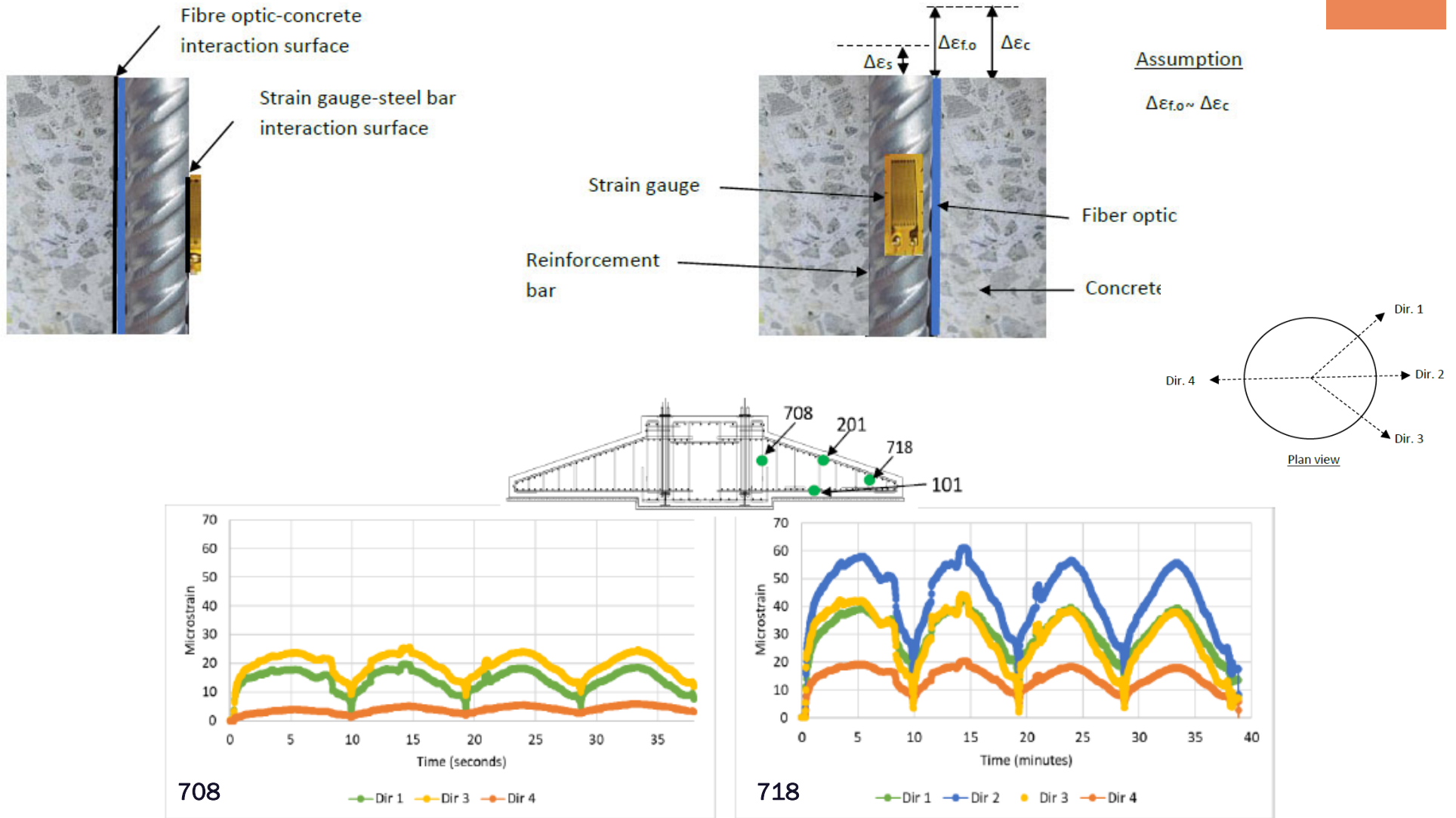
3- Instrumentation d'un modèle réduit

Mesures : effort cyclique -> charge des boulons



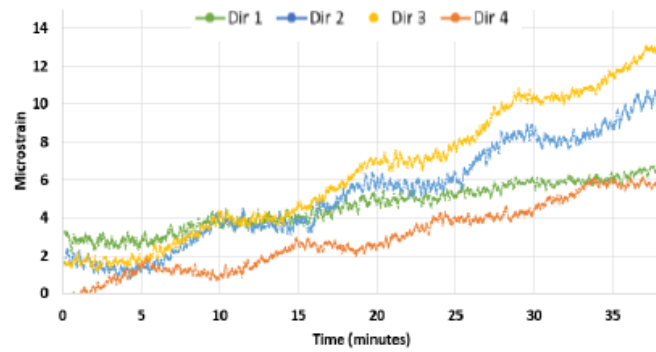
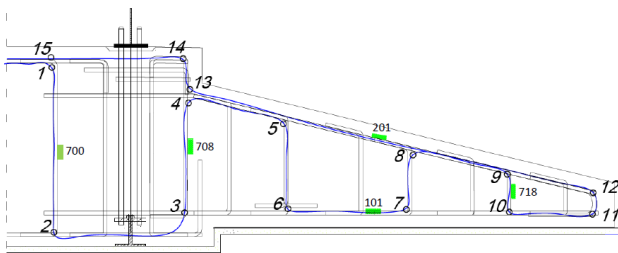
3- Instrumentation d'un modèle réduit

Mesures : effort cyclique -> déformations dans le béton



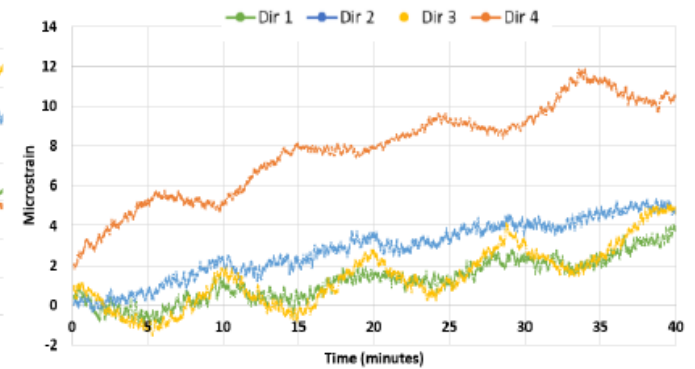
3- Instrumentation d'un modèle réduit

Mesures : effort cyclique -> déformations dans le béton



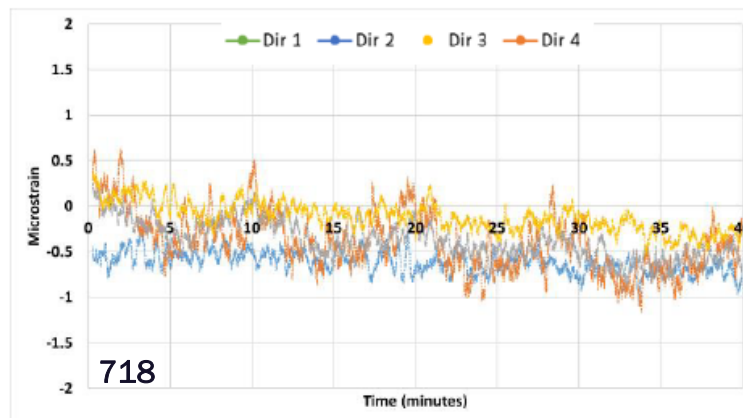
700

(a)

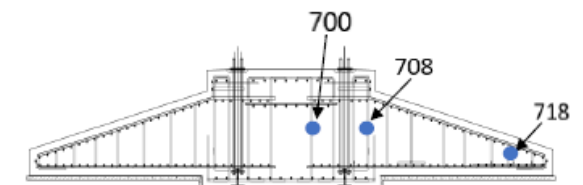


708

(b)

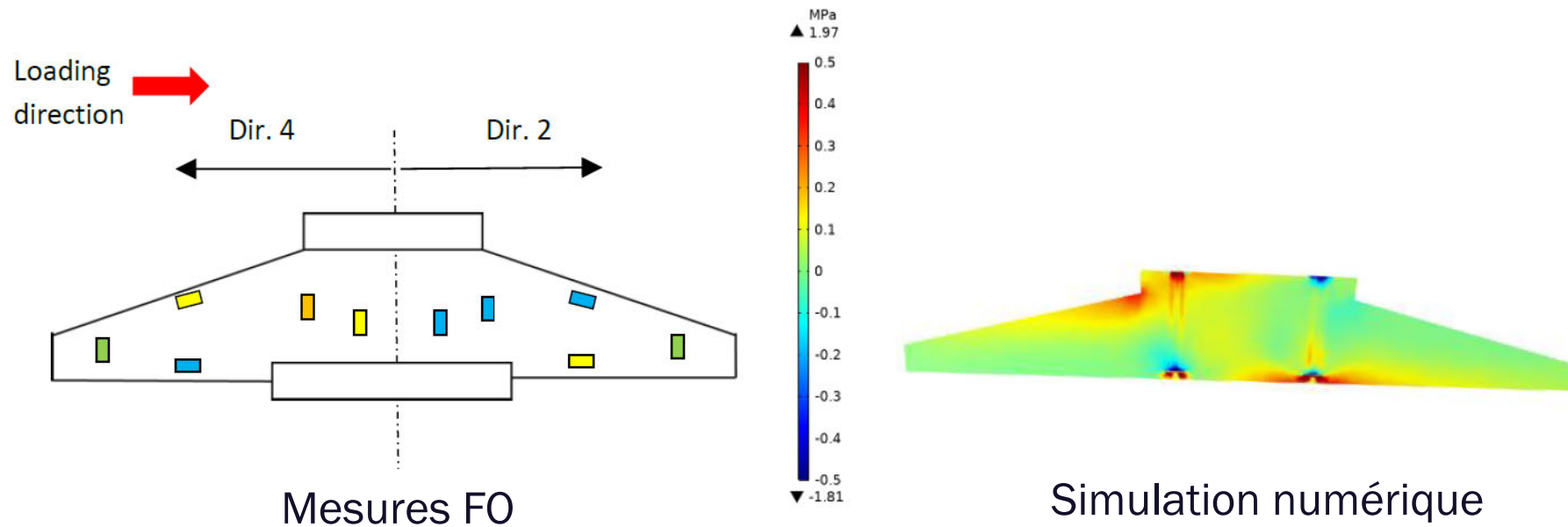


718



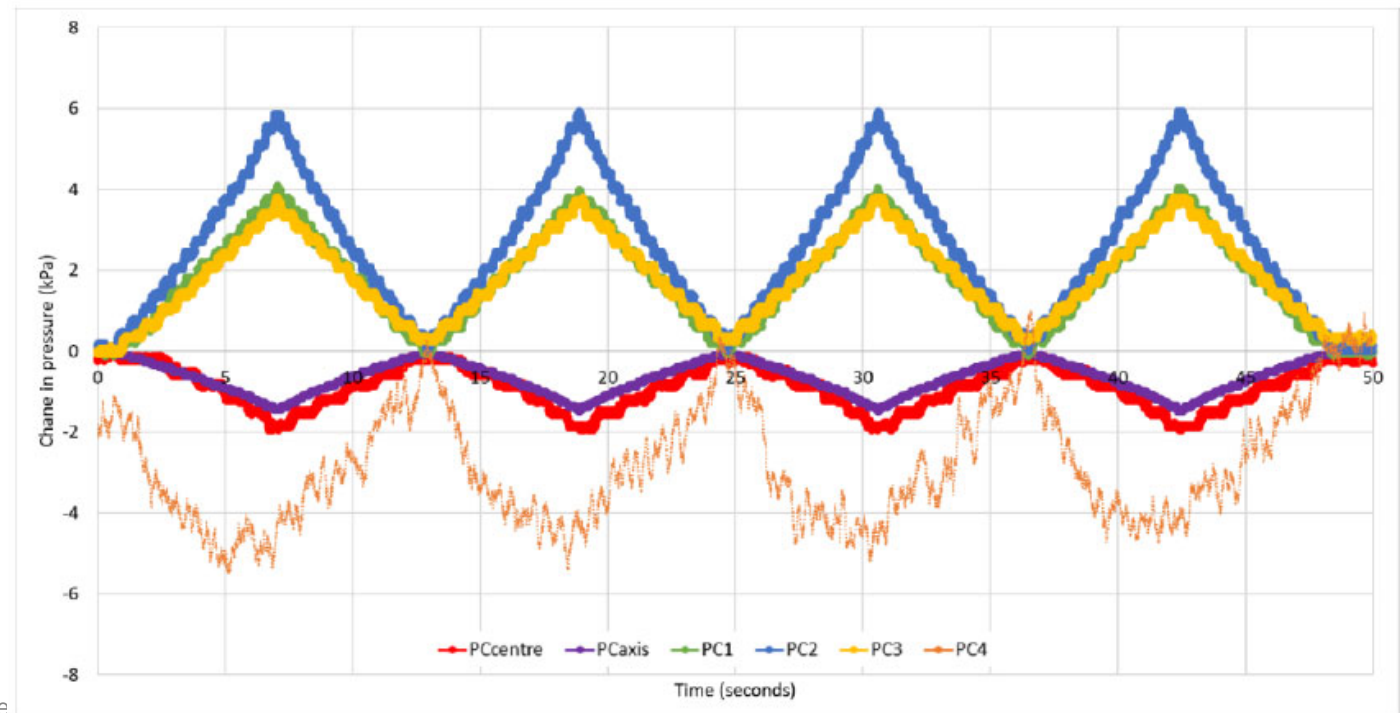
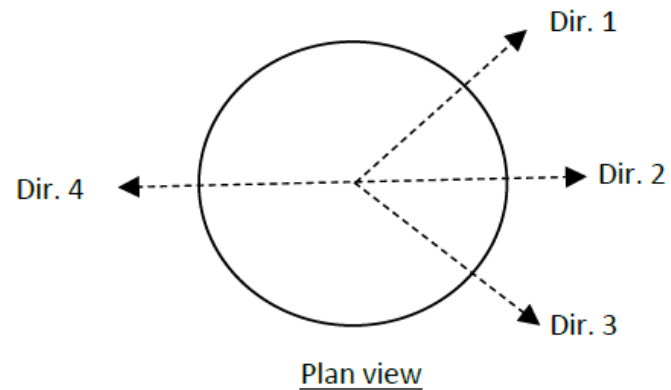
3- Instrumentation d'un modèle réduit

Mesures : effort cyclique -> déformations dans le béton



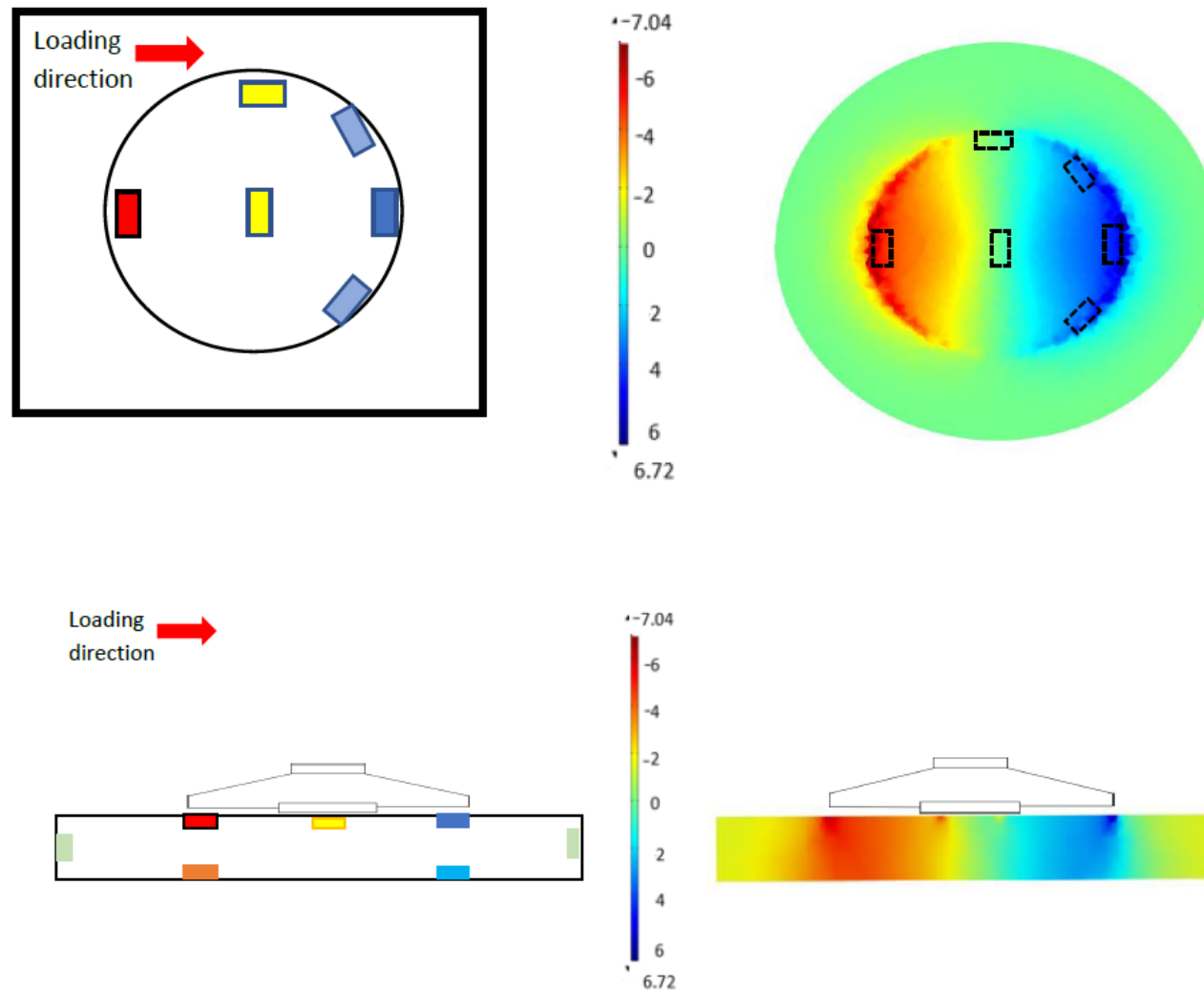
3- Instrumentation d'un modèle réduit

Mesures : effort cyclique -> contraintes dans le sol



3- Instrumentation d'un modèle réduit

Mesures : effort cyclique -> contraintes dans le sol



4- Apprentissages

- L'instrumentation poussée du modèle 1/10^{ème} d'une fondation d'éolienne classique a permis de caler et valider le modèle numérique du modèle réduit ;
- Quelques points se sont avérés moins pertinents, notamment les jauges de déformation, comparativement à la F.O. ;
- La démarche a validé l'intérêt de la construction d'une seconde maquette au 1/10^{ème}, d'une éolienne avec repowering ;
- Les enseignements bénéficieront ensuite à un modèle numérique au 1/10^{ème} et enfin à échelle réelle d'une solution de repowering. L'instrumentation d'une fondation réelle avec repowering serait alors une validation de grand intérêt.

