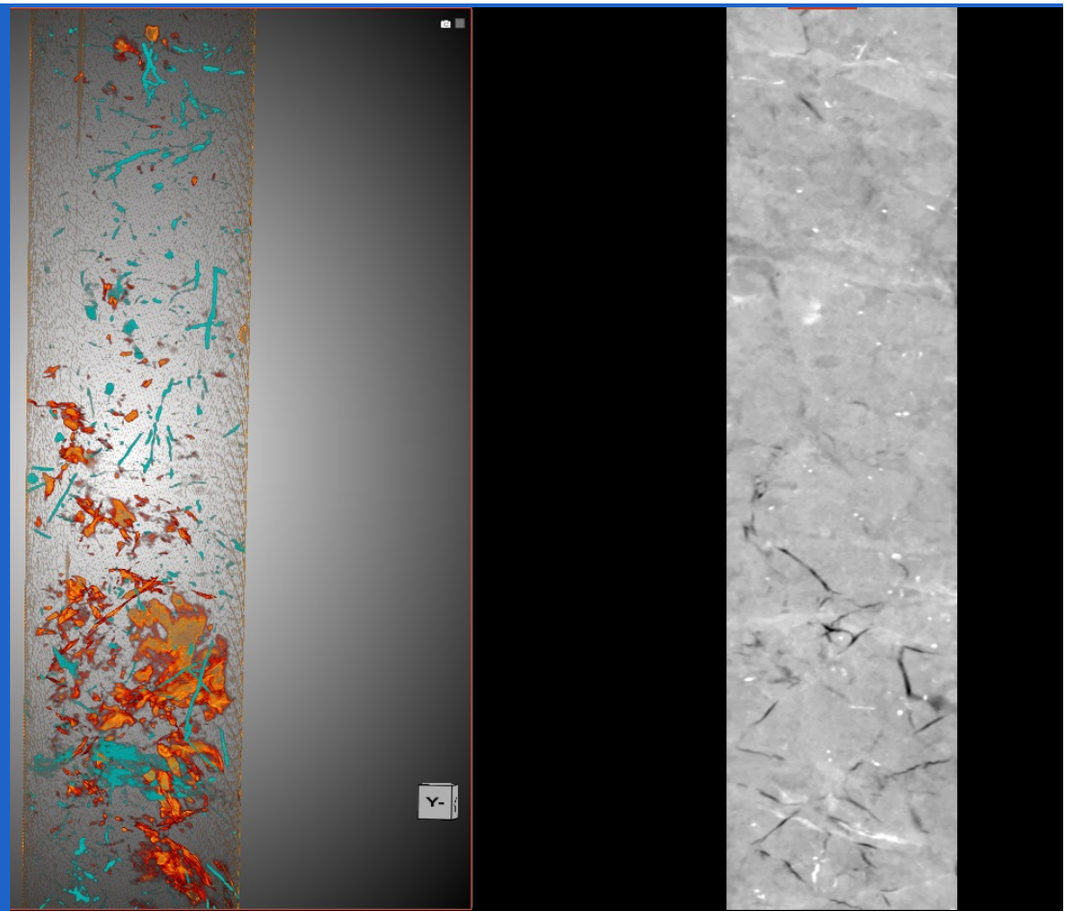
FACULTY OF ENGINEERING
AND ARCHITECTURE

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING

UGENT GEOTECHNICAL INSTITUTE

# Nouvelle caractérisation des argiles Yprésiennes

Construire dans l'argile – Regard croisé Franco-Belge




GHENT
UNIVERSITY

# Introduction

## Nouvelle caractérisation des argiles Yprésiennes

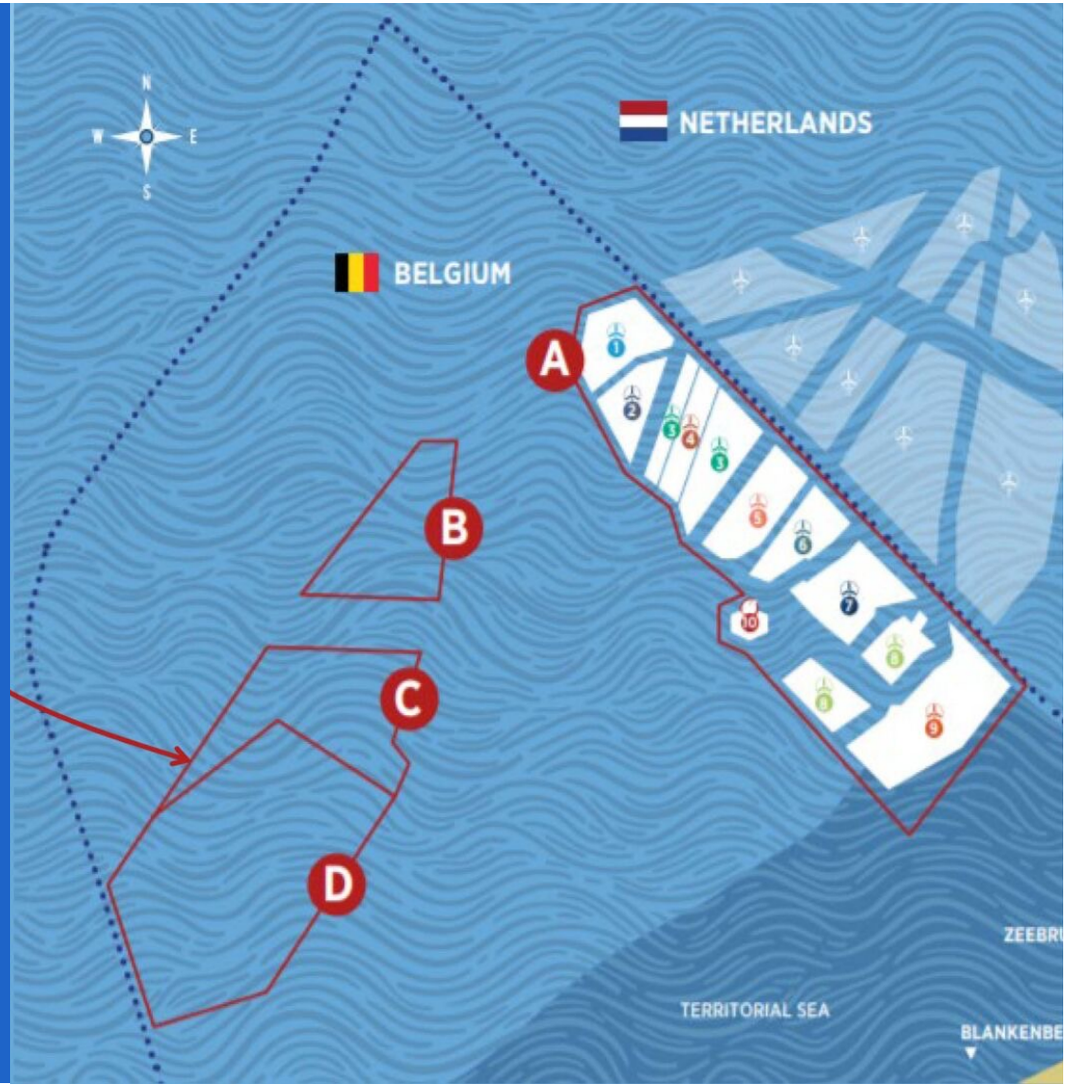
- Contexte: Nouvelle zone éolienne Princesse Elisabeth

- Observations expérimentales
  - Reconnaissances sismiques offshore
  - Observations dans la carrière de Rumbeke
  - Forage et prélèvement d'échantillons
  - Balayage aux rayons X
  - Essais en laboratoire géotechnique

- Conclusions et recherches actuelles

GHENT
UNIVERSITY

# Contexte: Nouvelle zone éolienne Princesse Elisabeth

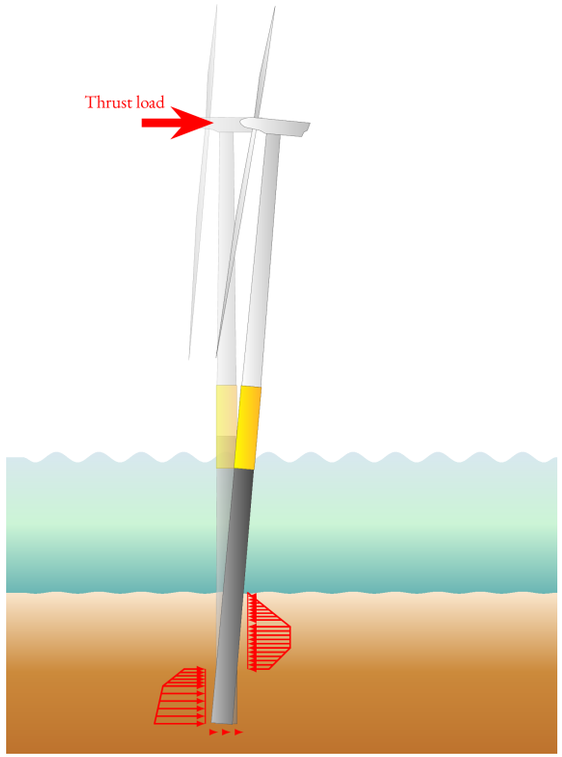


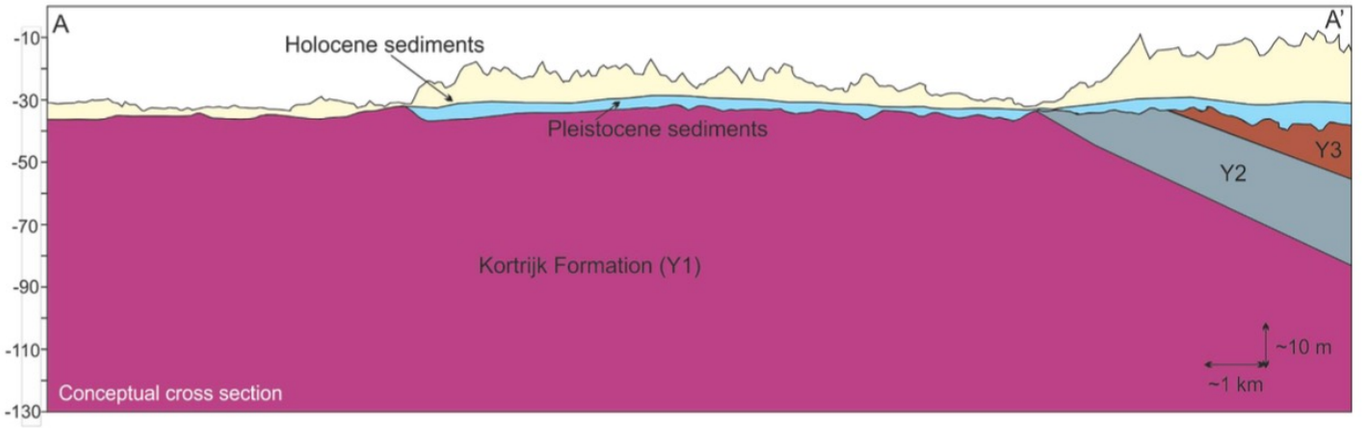

GHENT UNIVERSITY

# Contexte

## Nouvelle zone éolienne Princesse Elisabeth

- Zone Princesse Elisabeth est dominé par la Formation de Courtrai
- Géologiquement similaire à London Clay et Argile de Flandre



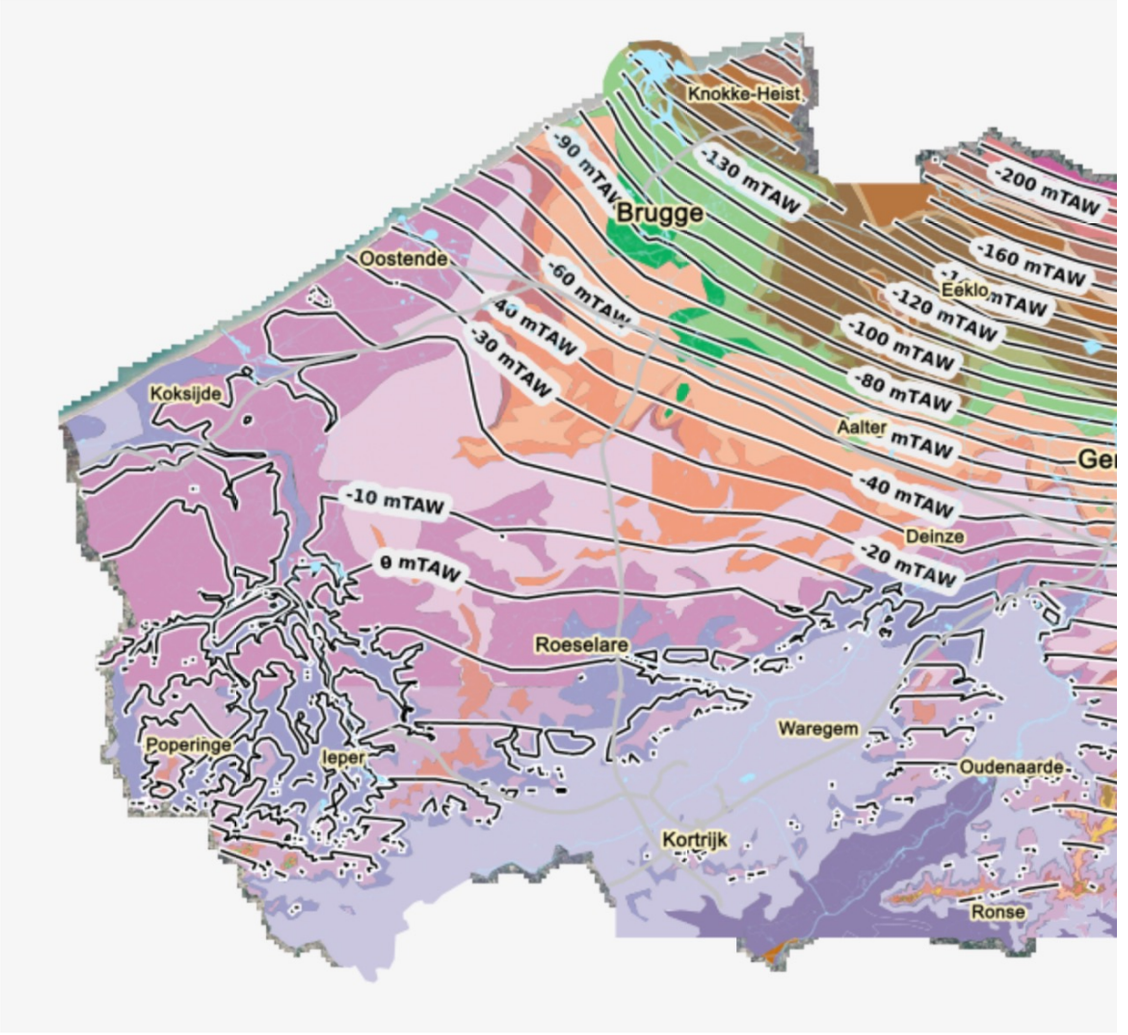




GHENT UNIVERSITY

# Contexte

## Nouvelle zone éolienne Princesse Elisabeth

- Zone Princesse Elisabeth est dominé par la Formation de Courtrai
- Géologiquement similaire à London Clay et Argile de Flandre
- Formation retrouvée en surface en Flandre d'Ouest



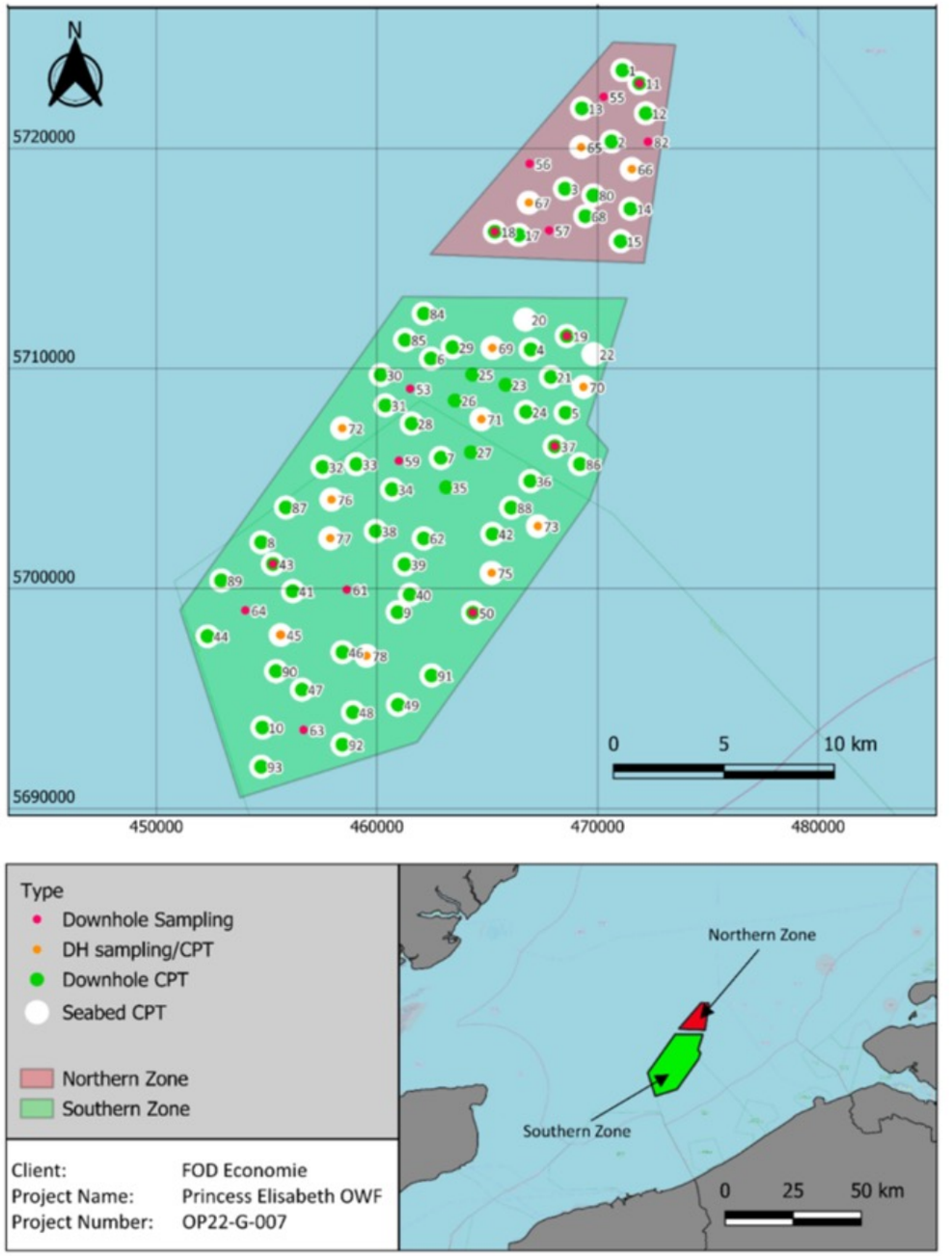

https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=verkenner

GHENT UNIVERSITY

# Contexte

## Nouvelle zone éolienne Princesse Elisabeth

- Zone Princesse Elisabeth est dominé par la Formation de Courtrai
- Géologiquement similaire à London Clay et Argile de Flandre
- Formation retrouvée en surface en Flandre d'Ouest
- Données des reconnaissances offshores ouvert au public: [https://offshore.digital-database.economie.fgov.be/#/home](https://offshore.digital-database.economie.fgov.be/#/home)




GHENT UNIVERSITY

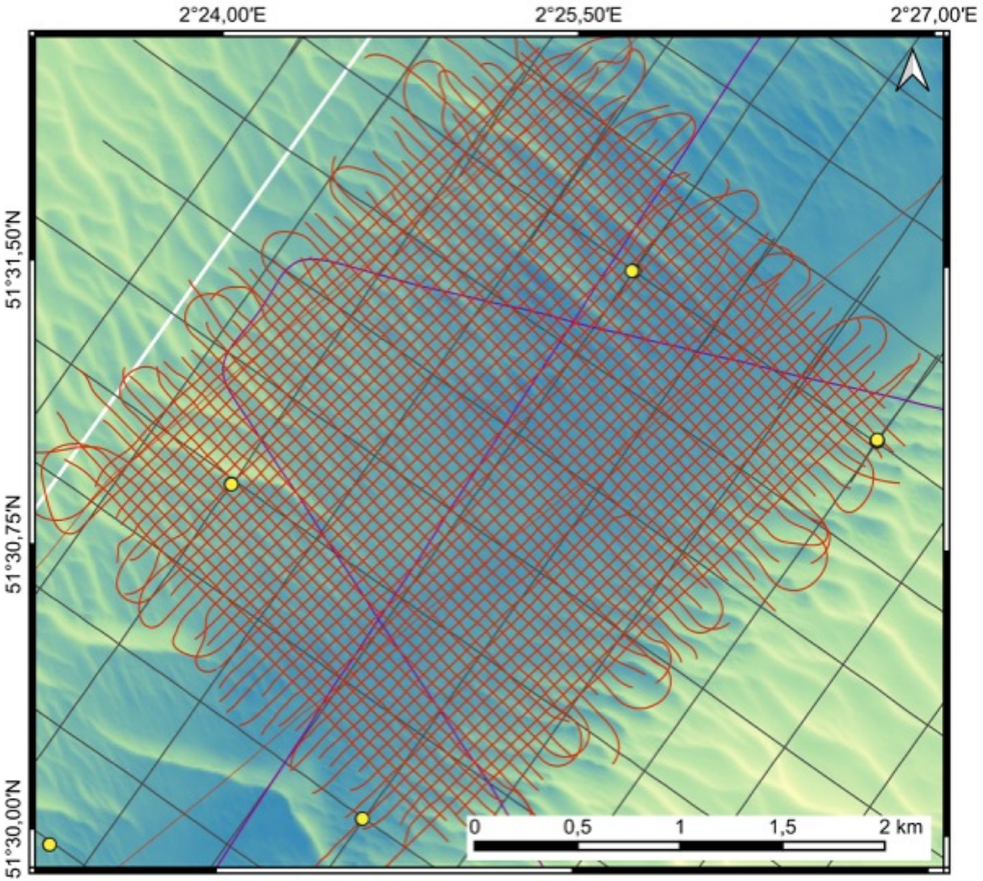
# Observations expérimentales

GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Reconnaissances sismiques offshore

- VLIZ: Visualisation du sous-sol pseudo-3D (sparker + subbottom profiler)
- Interprétation de la structure géologique par UGent (Prof. Marc De Batist)
- Système de fractures s'étendant sur quelques dizaines de mètres
- Distance entre les fractures et orientation des fractures est variable
- Explication géologique encore à l'étude

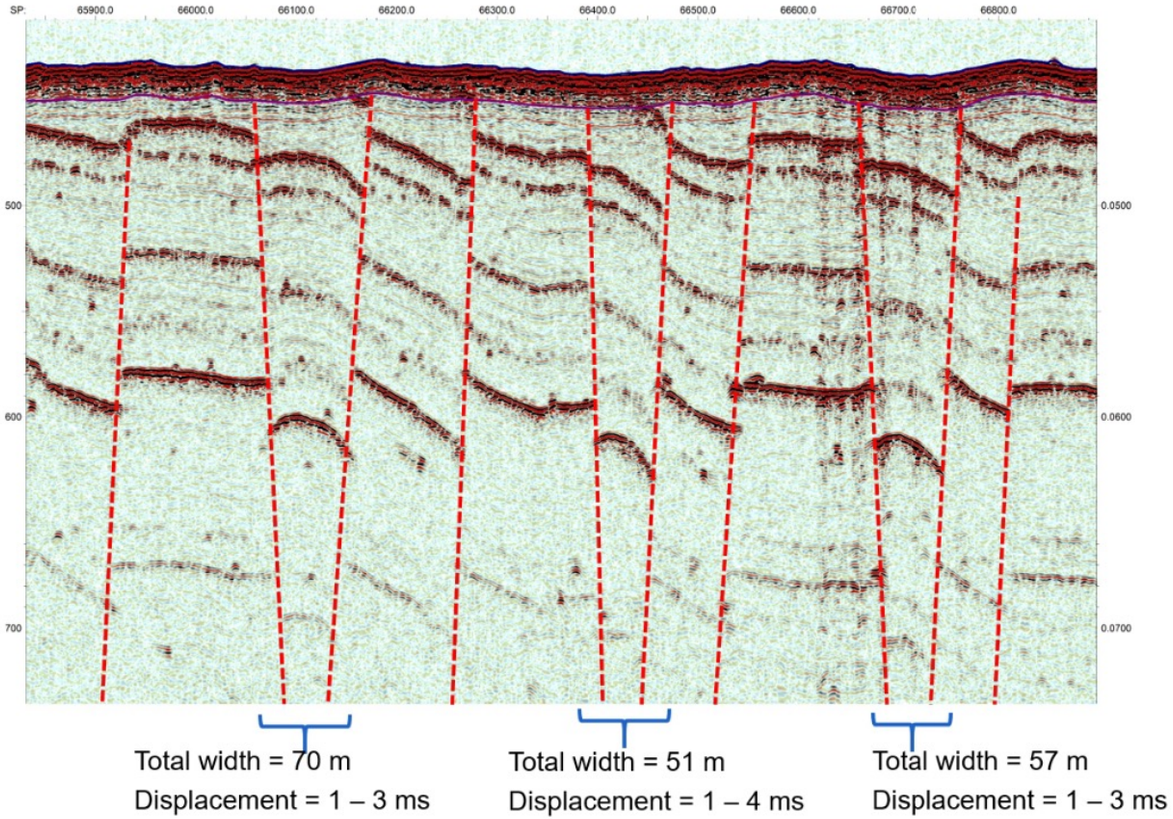



GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Reconnaissances sismiques offshore

- VLIZ: Visualisation du sous-sol pseudo-3D (sparker + subbottom profiler)
- Interprétation de la structure géologique par UGent (Prof. Marc De Batist)
- Système de fractures s'étendant sur quelques dizaines de mètres
- Distance entre les fractures et orientation des fractures est variable
- Explication géologique encore à l'étude



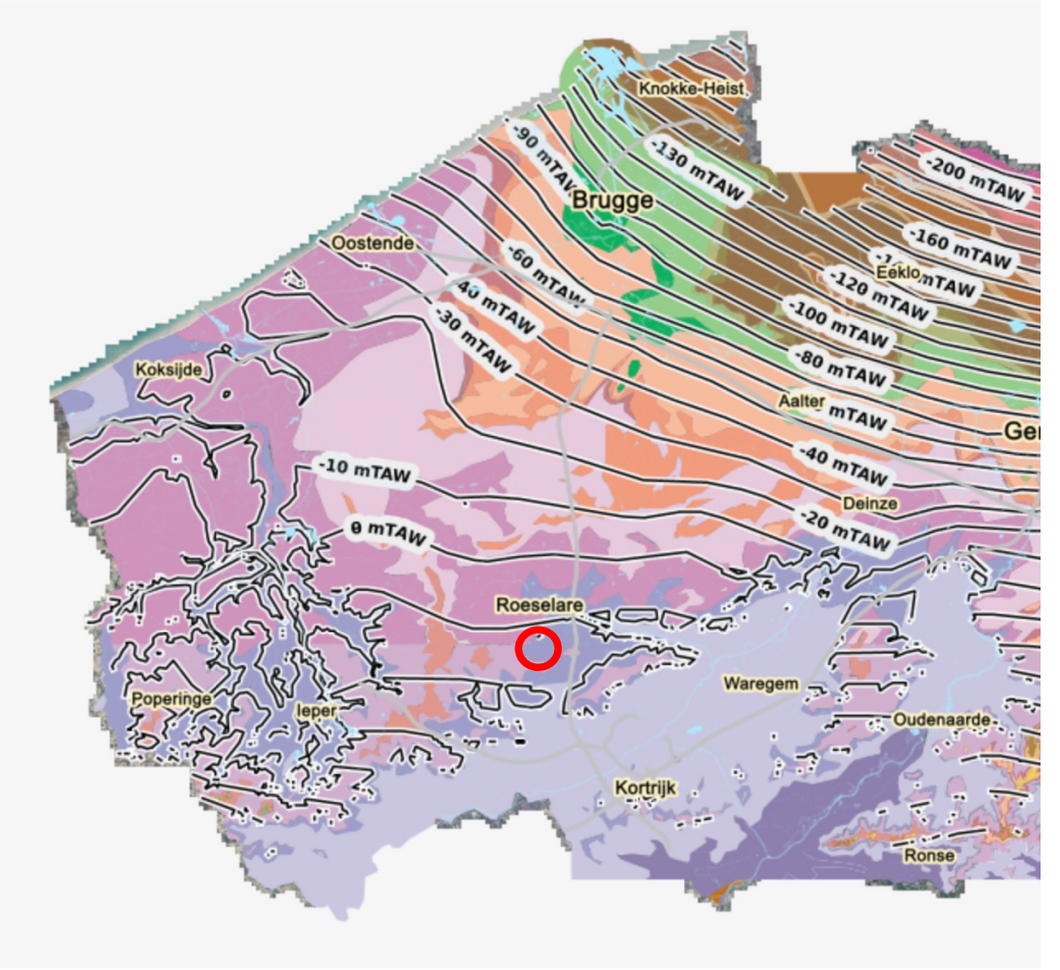

Saritas et al (2024) - 3D imaging of clay tectonic deformations in the Kortrijk Formation …

GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Observations dans la carrière de Rumbeke

- Membre d'Aalbeke presque à surface
- Carrière Wienerberger / Vanheede en exploitation




GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Observations dans la carrière de Rumbeke

- Membre d'Aalbeke presque à surface
- Carrière Wienerberger / Vanheede en exploitation
- Instabilité rapportée en 2022 similaire aux observations sismiques
- Opportunité d'un premier forage en juin 2023 pour retrouver la zone fracturée

Image source: Jan Maertens

GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Observations dans la carrière de Rumbeke

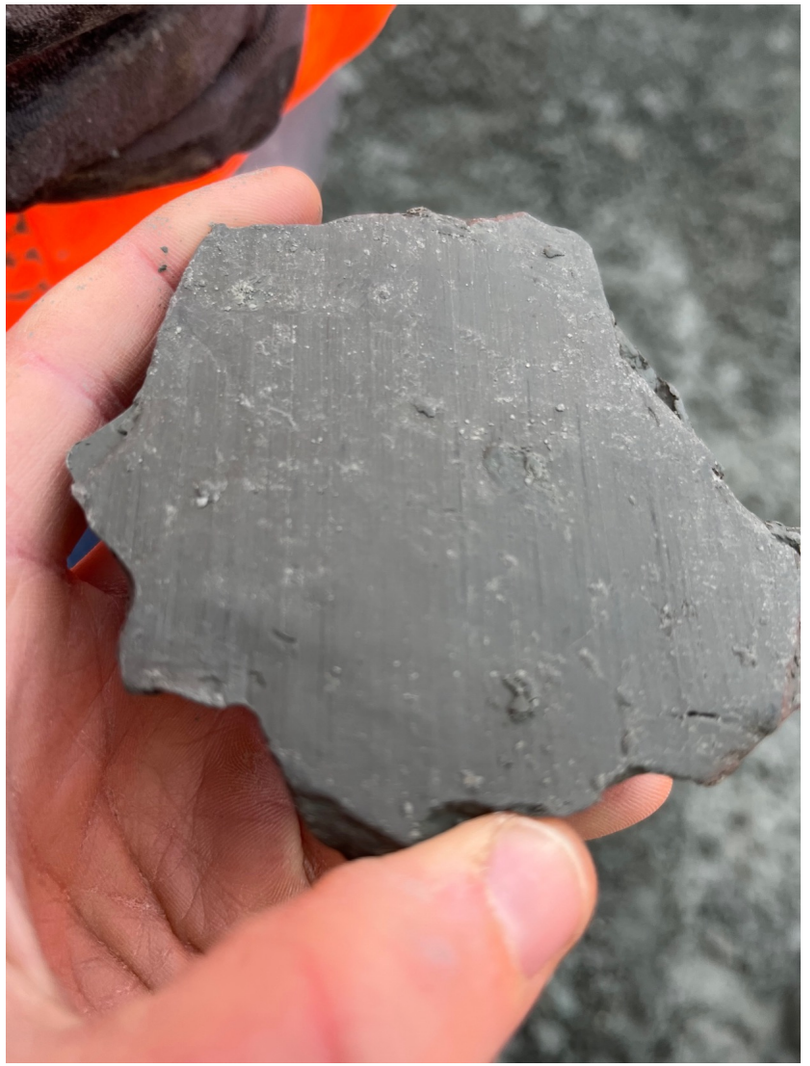
- Membre d'Aalbeke presque à surface
- Carrière Wienerberger / Vanheede en exploitation
- Instabilité rapportée en 2022 similaire aux observations sismiques
- Opportunité d'un premier forage en juin 2023 pour retrouver la zone fracturée
- Observations additionnelles en décembre 2024:
    - Frontière entre l'argile *grasse* et l'argile *maigre*
    - Stries sur la surface de l'argile

GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Observations dans la carrière de Rumbeke

- Membre d'Aalbeke presque à surface
- Carrière Wienerberger / Vanheede en exploitation
- Instabilité rapportée en 2022 similaire aux observations sismiques
- Opportunité d'un premier forage en juin 2023 pour retrouver la zone fracturée
- Observations additionnelles en décembre 2024:
    - Frontière entre l'argile *grasse* et l'argile *maigre*
    - Stries sur la surface de l'argile



GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Forage et prélèvement des échantillons

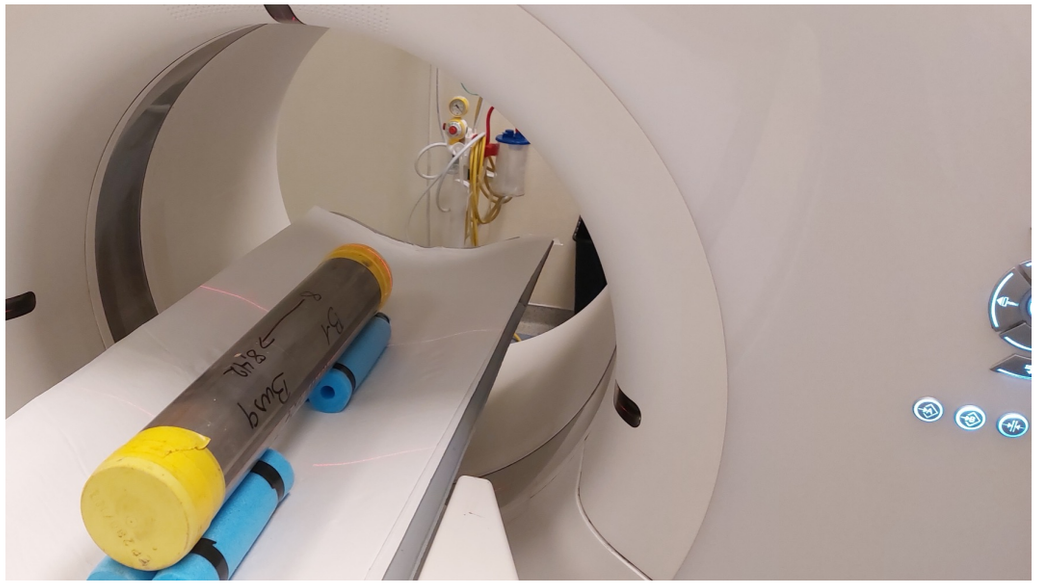
- Objectif: Prendre des échantillons non-perturbé
  - Balayage avec rayons X: Structure interne
  - Essais en laboratoire géotechnique
- Première campagne: Technique conventionnelle en Flandre: Carottier à paroi mince (ISO 22475-1 Classe A)
- Deuxième campagne avec carottage rotatif et échantillonnage à paroi mince alterné
- Opportunité d'étudier l'effet de forage sonique

GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Balayage avec rayons X – Première campagne, carottier à paroi mince

- A la recherche de la zone fracturée…

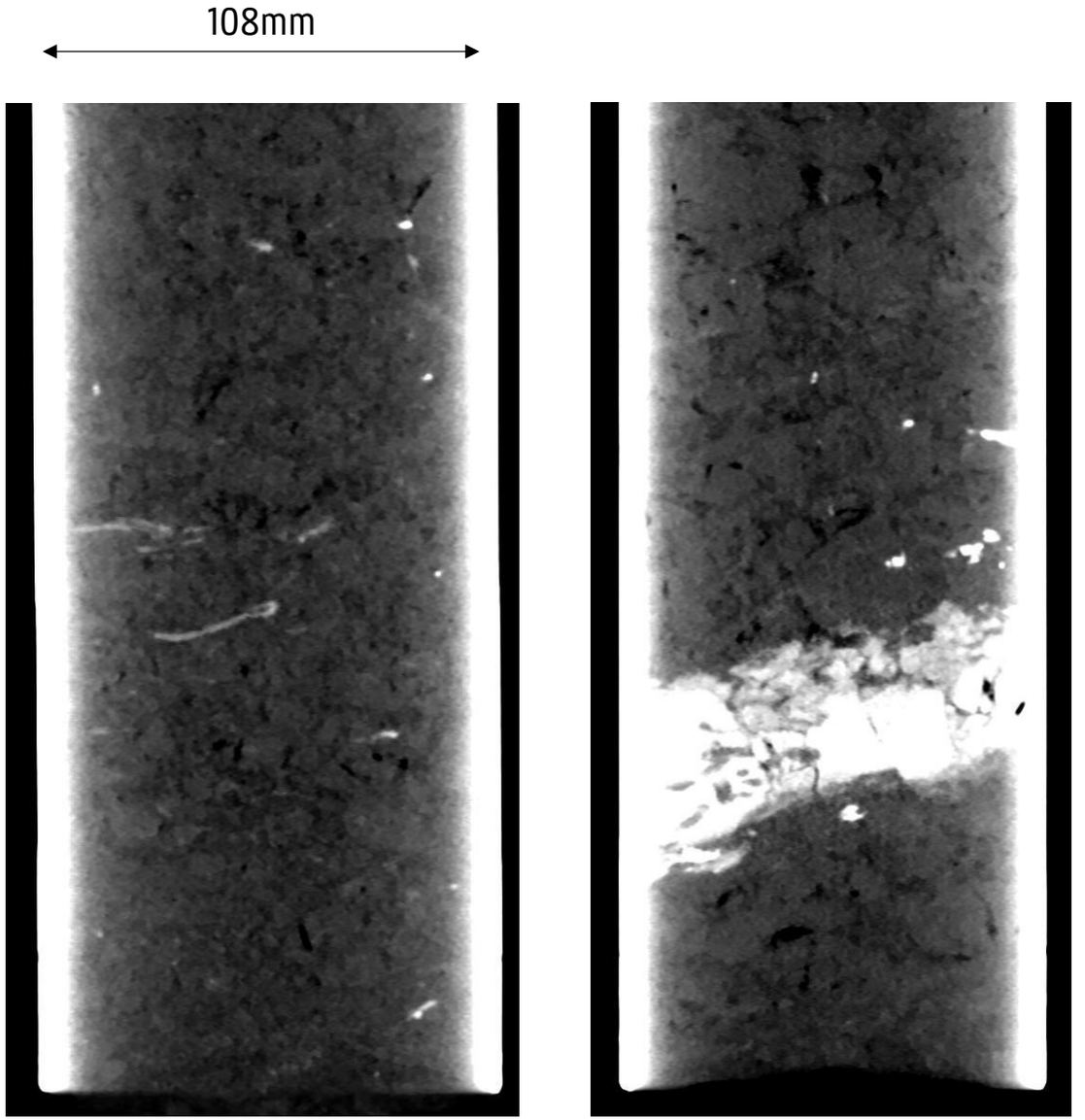


GHENT
UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Balayage avec rayons X – Première campagne

- A la recherche de la zone fracturée…
- Echantillons fissurés
- Intensité de fissuration change avec profondeur
- Fissuration très intense auprès zone de haute densité

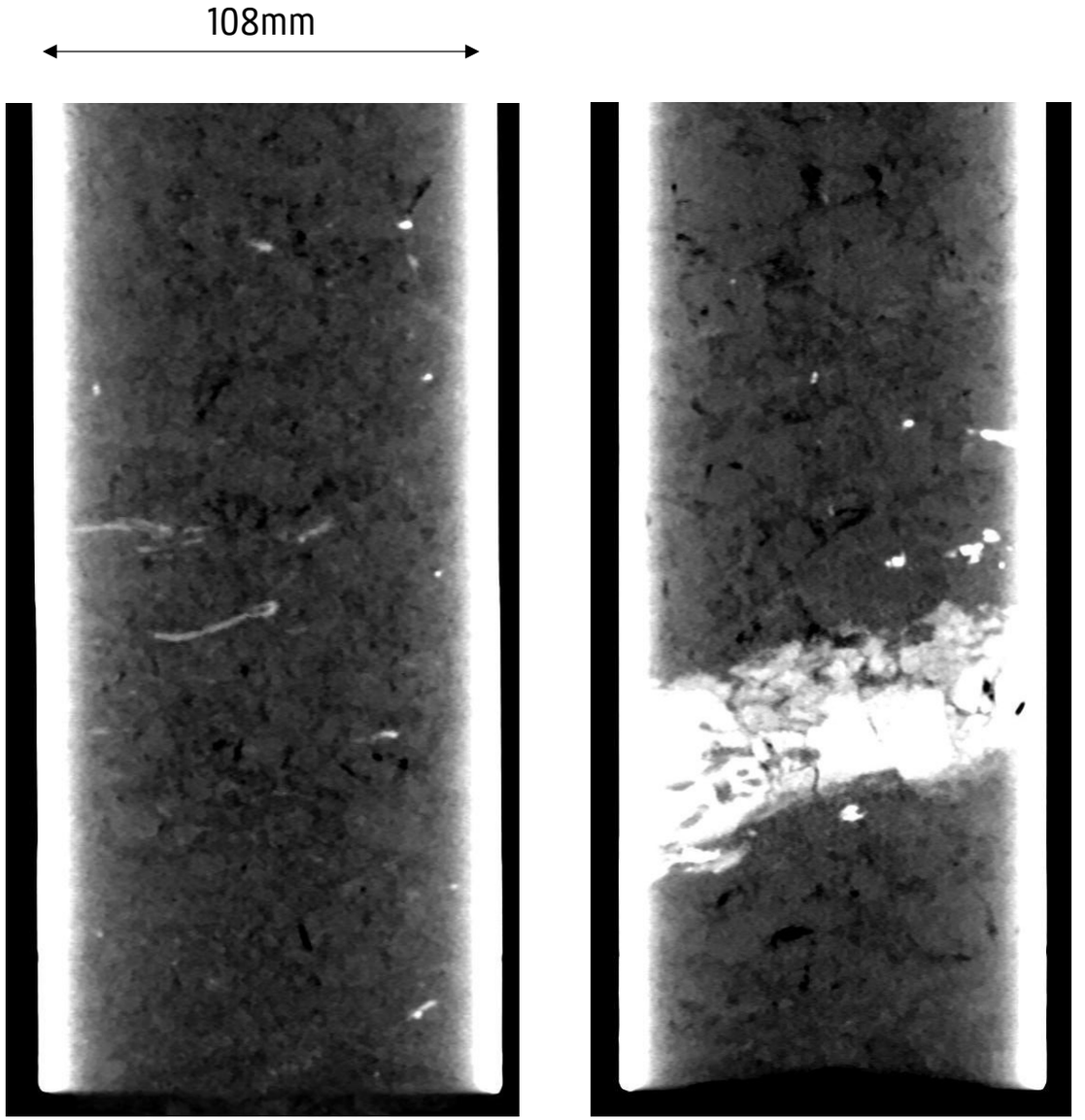



GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Balayage avec rayons X – Première campagne

- A la recherche de la zone fracturée…
- Echantillons fissurés
- Intensité de fissuration change avec profondeur
- Fissuration très intense auprès zone de haute densité
- Questions de recherche additionnelles:
  - Est-ce que la fissuration mesurée dans les scans est représentatif pour la condition in situ?
  - Quelle est la cause géologique pour la fissuration?
  - Quelle est l'effet de la fissuration sur la résistance et la rigidité des argiles?




GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Balayage avec rayons X – Deuxième campagne, carottage rotatif

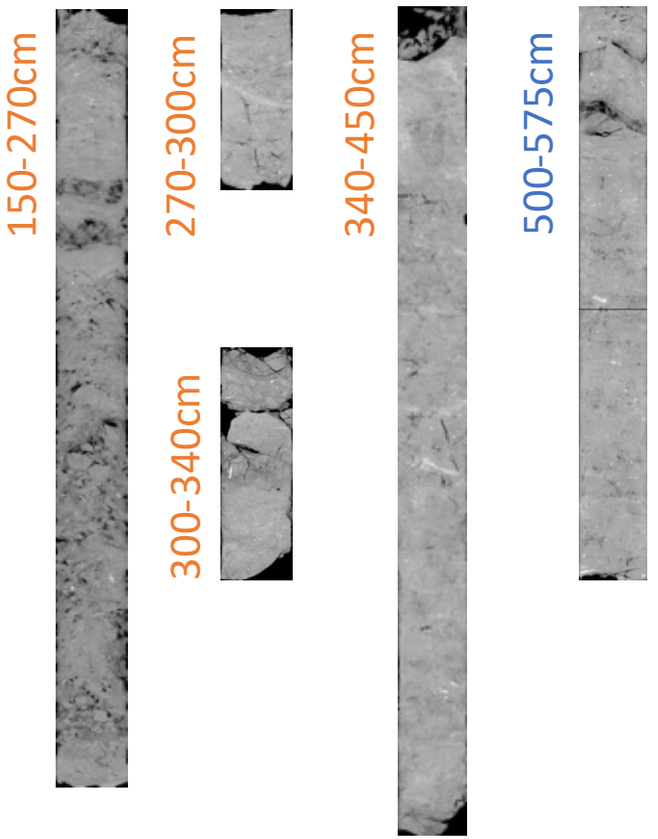
- Carottage rotatif, alterné avec carottier à paroi mince
- Exécution fin novembre 2025
- Echantillons 160cm de longuer, diamètre 100mm, scanné le jour du forage

GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Balayage avec rayons X – Deuxième campagne, carottage rotatif

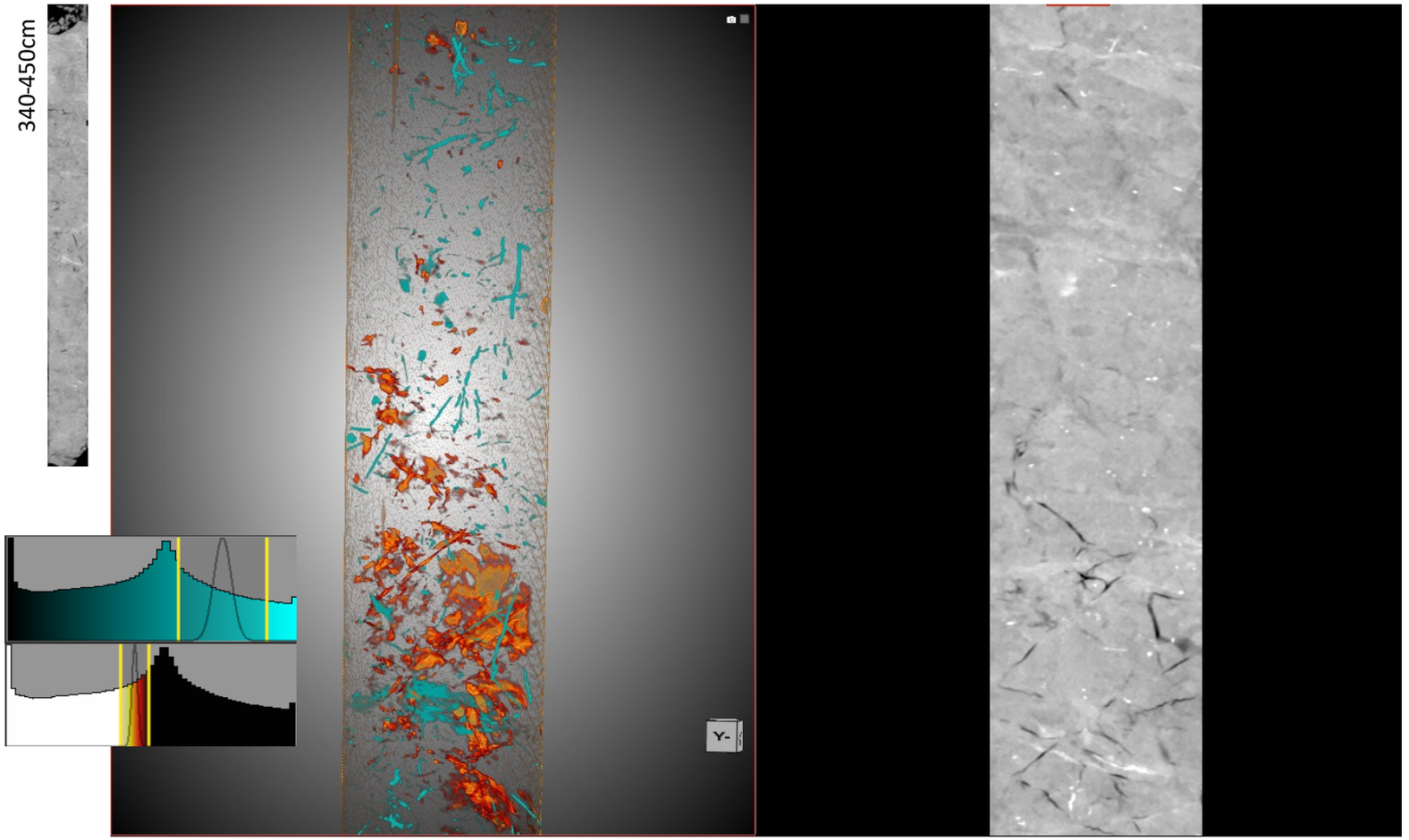
- Carottage rotatif, alterné avec carottier à paroi mince
- Exécution fin novembre 2025
- Echantillons 160cm de longuer, diamètre 100mm, scanné le jour du forage
- Plus de visiblité avec rayons X à cause du liner en plastique
- Bioturbation et fissuration observé
- Fissuration reduit comparé à la première campagne
- Mauvaise qualité des échantillons pris avec carottier à paroi mince




GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Balayage avec rayons X – Deuxième campagne, carottage rotatif




GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

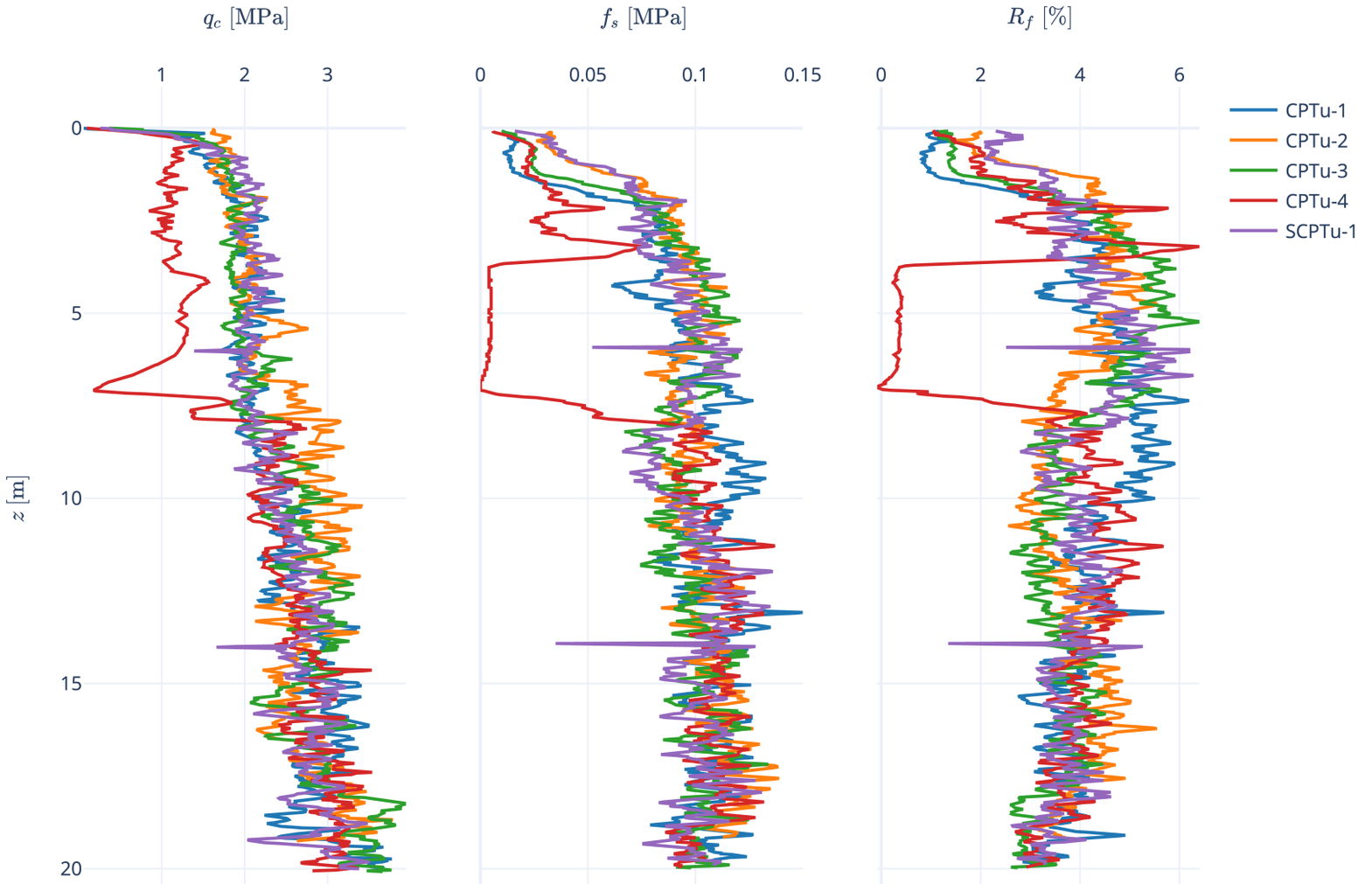
## Balayage avec rayons X – Deuxième campagne, carottage rotatif

- Carottage rotatif, alterné avec carottier à paroi mince
- Exécution fin novembre 2025
- Echantillons 160cm de longuer, diamètre 100mm, scanné le jour du forage
- Plus de visiblité avec rayons X à cause du liner en plastique
- Bioturbation et fissuration observé
- Fissuration reduit comparé à la première campagne
- Mauvaise qualité des échantillons pris avec carottier à paroi mince

GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Balayage avec rayons X – Deuxième campagne, carottage rotatif




GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Balayage avec rayons X – Troisième campagne, forage sonique

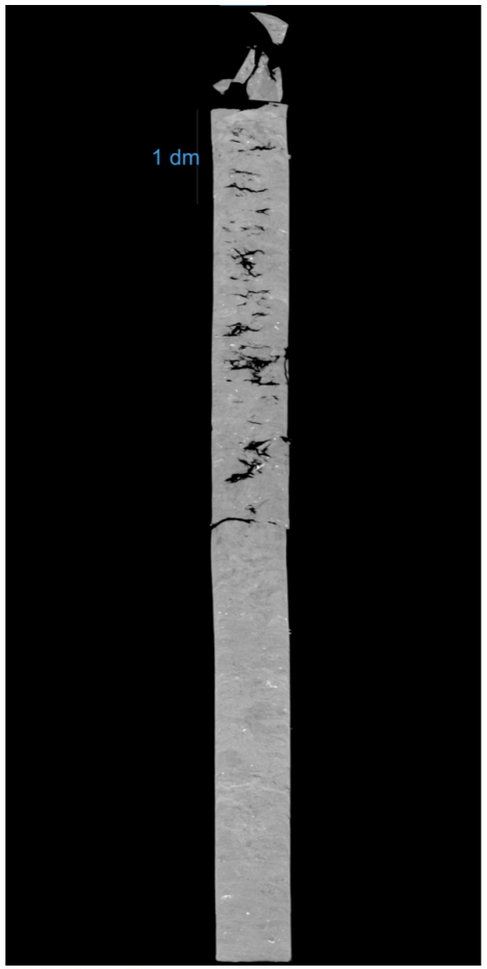
- Opportunité de scanner des échantillons pris avec forage sonique
  - Echantillons pris directement dans le carottier sonique (sans liner)
  - Carotteur à paroi mince en dessous du forage sonique

GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Balayage avec rayons X – Troisième campagne, forage sonique

- Opportunité de scanner des échantillons pris avec forage sonique
  - Echantillons pris directement dans le carottier sonique (sans liner)
  - Carotteur à paroi mince en dessous du forage sonique
- Régions fortement perturbées alterné avec des zones plus intactes dans les échantillons sortant du carottier sonique



Borehole 1, 7 – 8m

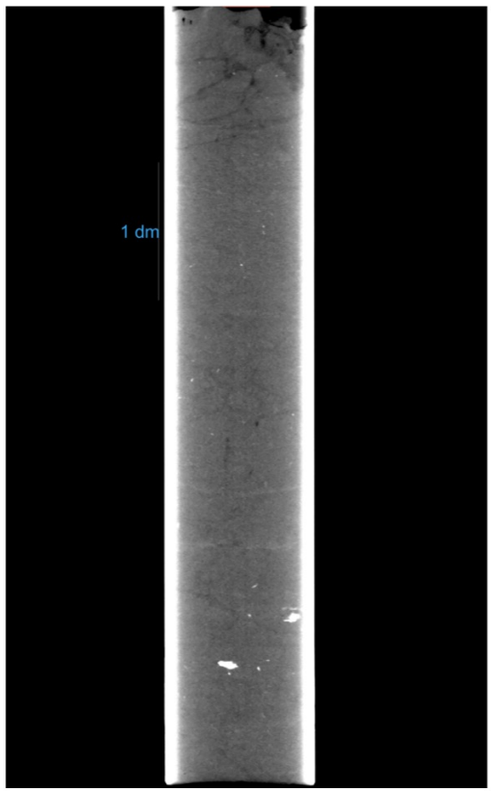
Borehole 1, 8 – 9m

GHENT UNIVERSITY

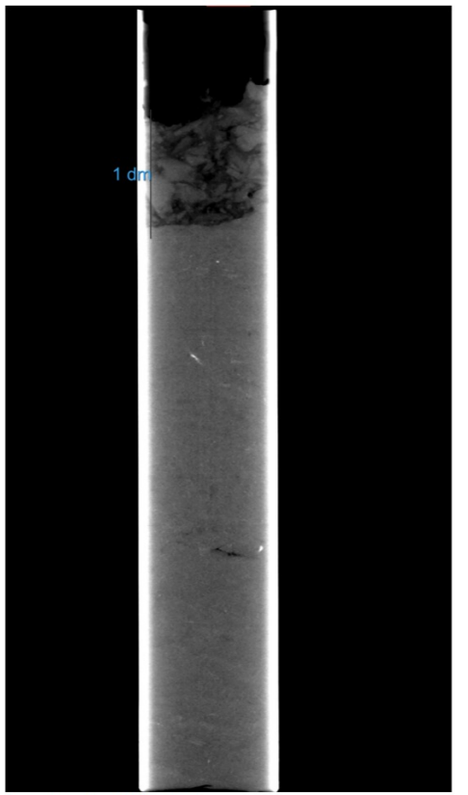
# Observations expérimentales

## Balayage avec rayons X – Troisième campagne, forage sonique

- Opportunité de scanner des échantillons pris avec forage sonique
  - Echantillons pris directement dans le carottier sonique (sans liner)
  - Carotteur à paroi mince en dessous du forage sonique
- Régions fortement perturbées alterné avec des zones plus intactes dans les échantillons sortant du carottier sonique
- Echantillons pris avec carottier à paroi mince ne montrent pas beaucoup de fissuration
- Influence du sonique?



Borehole 2, 10.0 – 10.6m



Borehole 2, 10.6 – 11.2m

GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Essais en laboratoire géotechnique

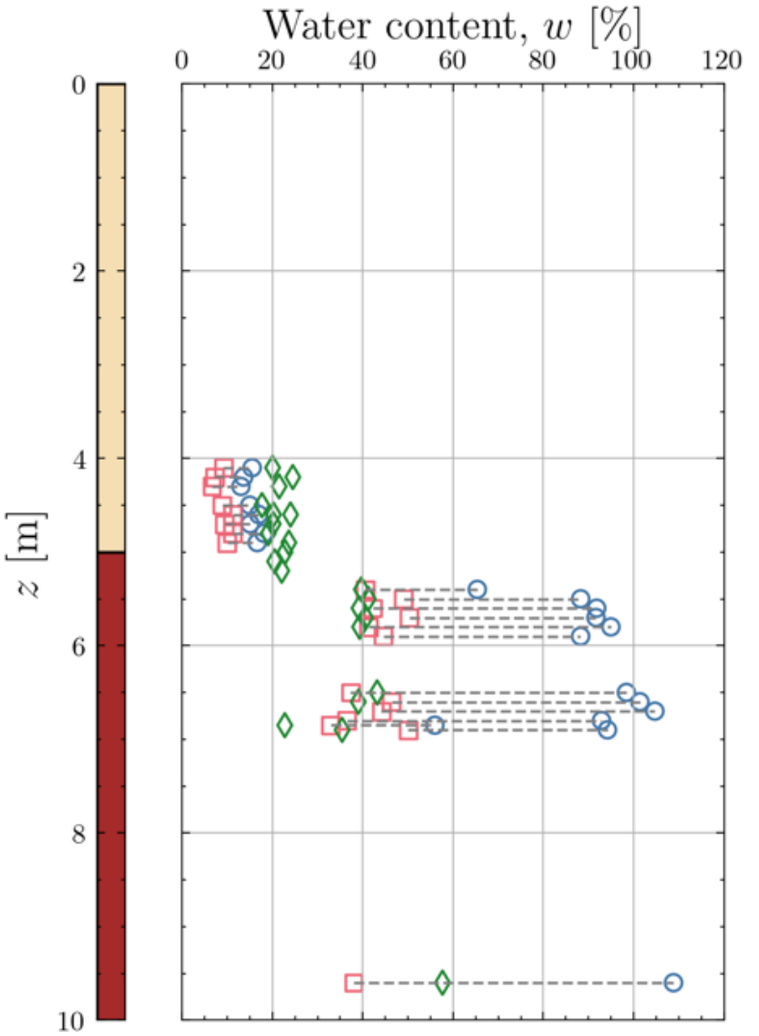
- Apparence fissurée après extrusion des échantillons

GHENT
UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Essais en laboratoire géotechnique

- Apparence fissurée après extrusion des échantillons
- Argile de haute plasticité avec teneur en eau proche de la limite plastique

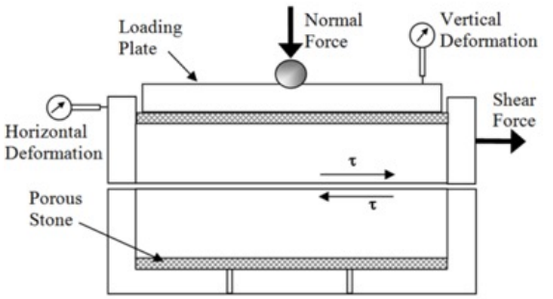


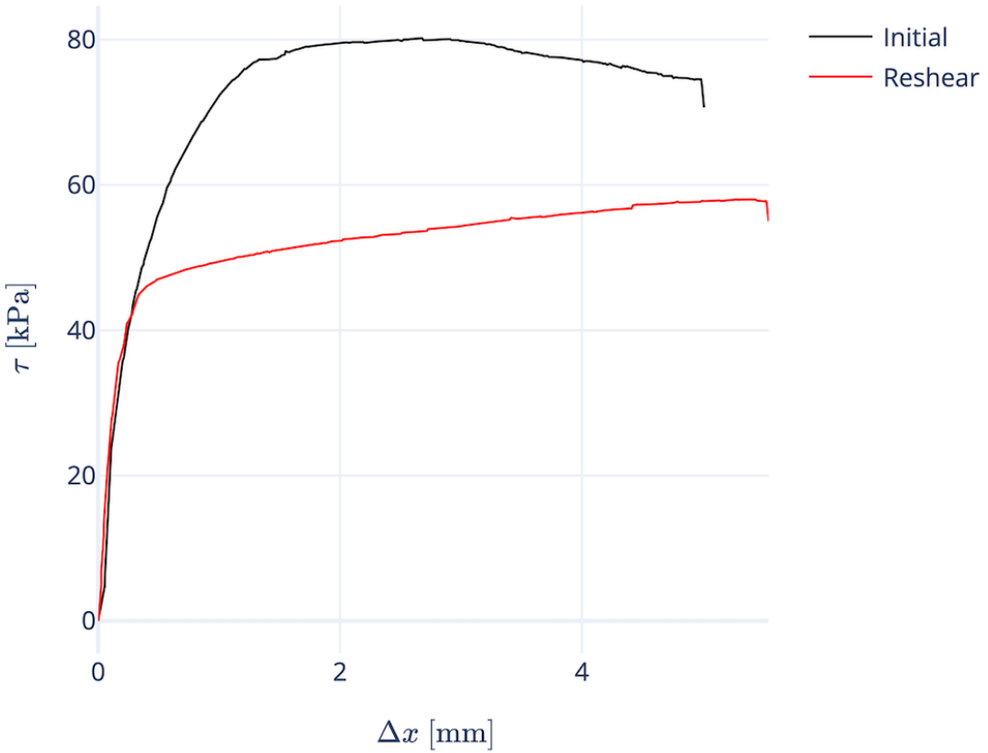

GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Essais en laboratoire géotechnique

- Apparence fissurée après extrusion des échantillons
- Argile de haute plasticité avec teneur en eau proche de la limite plastique
- Essais de cissailement directe
  - Condition intacte
  - Réinitialisation (avec réconsolidation)
  - Cissailement sur rupture existante



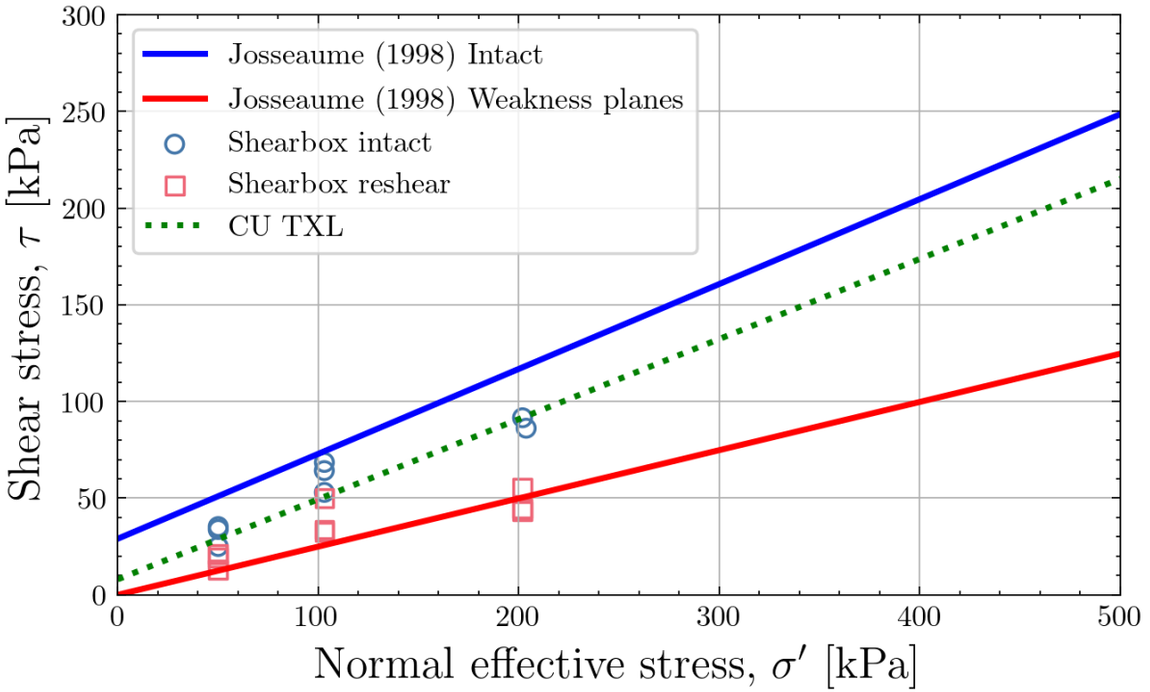




GHENT UNIVERSITY

# Observations expérimentales

## Essais en laboratoire géotechnique

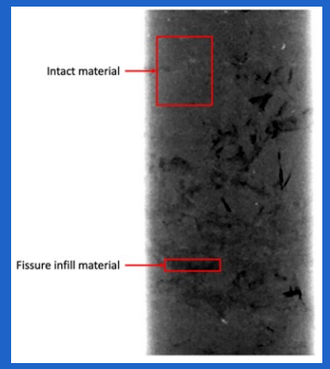
- Apparence fissurée après extrusion des échantillons
- Argile de haute plasticité avec teneur en eau proche de la limite plastique
- Essais de cissailement directe
  - Condition intacte
  - Réinitialisation (avec réconsolidation)
  - Cissailement sur rupture existante
- Résultats comparables avec la literature
  - Bonne correspondence avec critère de cissailement sur des plans de faiblesse existantes
  - Critère de cissailement intact plus faible



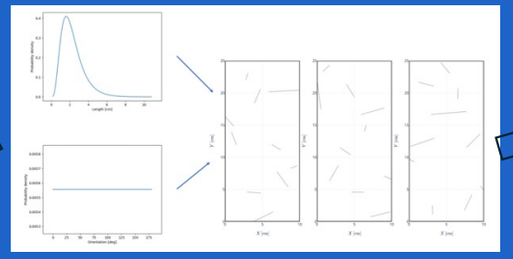

GHENT UNIVERSITY

# Conclusions et recherches actuelles

Fissured clay samples from the Kortrijk Formation

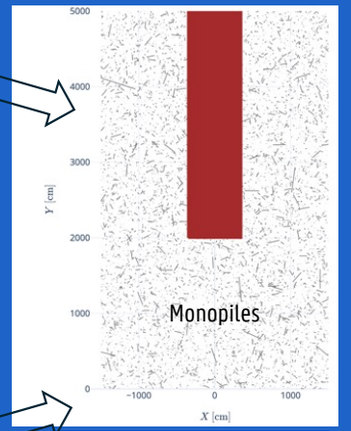


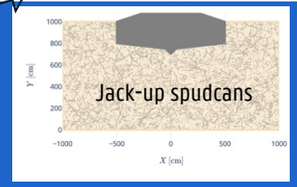

Geotechnical laboratory testing for strain-dependent stiffness and strength



Statistical algorithm for fracture pattern generation

Numerical modelling and back-analysis of full-scale foundation behavior in fissured clay masses



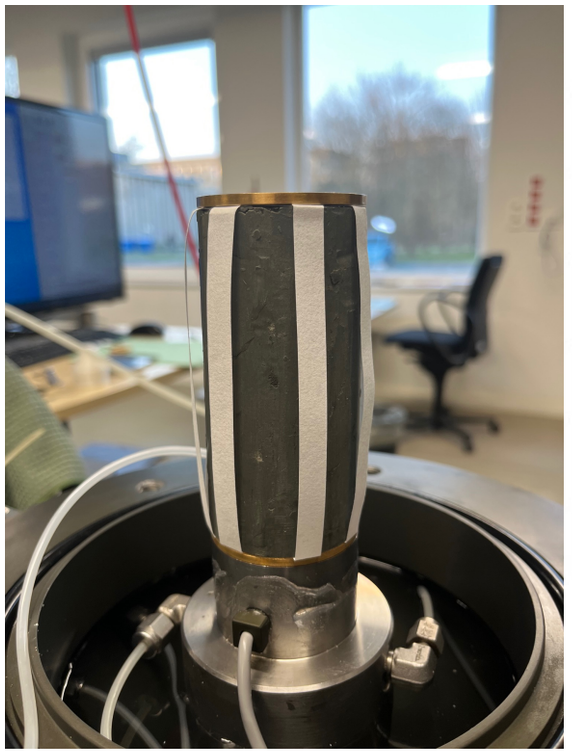



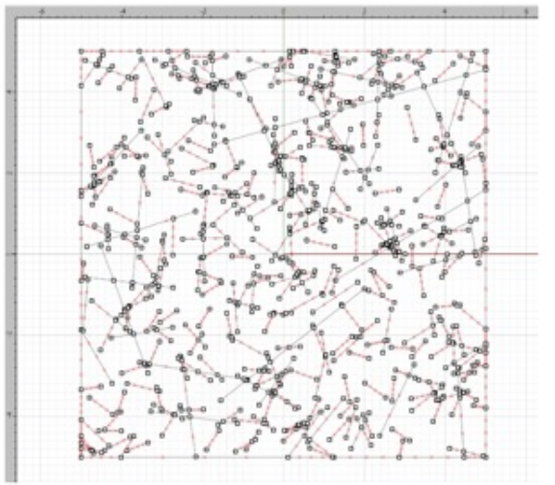

GHENT UNIVERSITY

# Conclusions et recherches actuelles

## Projet de recherche FISSCK

- Les argiles Yprésiennes montrent une structure interne compliquée
- Comment differentier les zones fissurées des zones non-fissurées?
  - Analyses mineralogiques
  - Granulométrie et plasticité
  - Correlation avec les CPTs
- Effet de la fissuration sur la résistance et la rigidité des argiles
  - Essais triaxiaux et colonne resonante sur des échantillons scannés (Dr. Meghdad Payan)
  - Modélissation numerique avec FLAC3D (Dr. Anis Kheffache)





GHENT UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING
AND ARCHITECTURE

**Bruno Stuyts**

Professeur Geotechnique Offshore

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

bruno.stuyts@ugent.be

Universiteit Gent

@ugent

@ugent

Ghent University

youtube.com/ugent

www.ugent.be

GHENT
UNIVERSITY