



# SEABIM<sup>®</sup> – outil de numérisation automatisée de carapace de digue



Steven LE BARS – 23 juin 2022



DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup>

Rencontres de **L'INGÉNIERIE MARITIME**

CAEN

# CONTEXTE

- ▶ Digue maritime à carapace monocouche en enrochements artificiels
- ▶ Règles de pose précises des blocs
  - ▶ Contrôle de pose durant la construction
- ▶ Ouvrages plus résistants à la houle
- ▶ Evolution d'un dommage plus rapide que pour des enrochements naturels
  - ▶ Nécessitent une inspection régulière dans une logique de **gestion patrimoniale**
  - ▶ Réaliser de la maintenance préventive avant la ruine de l'ouvrage



# INSPECTIONS PLONGEUR

- ▶ Inspections de digue réalisées généralement par plongeur
  - ▶ Temps d'inspection long donc couteux
  - ▶ Temps d'analyse des vidéos important
  - ▶ Géoréférencement des anomalies approximatif
  - ▶ Impossibilité d'inspection sans visibilité
  - ▶ Risque HSE



# OBJECTIFS DU PROJET

- ▶ Vérifier que les règles de pose des blocs sont respectées durant la construction de l'ouvrage
- ▶ Faciliter la validation de la pose par les parties prenantes (concepteur, constructeur, MOE, MOA)
- ▶ Faciliter la phase de réception par la transmission d'un état zéro de l'ouvrage
- ▶ Suivre l'évolution de l'ouvrage et quantifier les anomalies (blocs cassés, mouvements)
- ▶ Réduire les coûts d'inspection pour pouvoir réaliser des contrôles plus réguliers

DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup>

Rencontres de **L'INGÉNIERIE MARITIME**

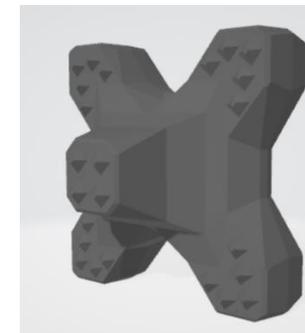
CAEN

# L'OUTIL SEABIM®

- ▶ Algorithme développé en 2019 par ID OCEAN pour le projet Nouvelle Route du Littoral à La Réunion



- ▶ Procédé numérique de reconnaissance automatisée de forme 3D connue dans un nuage de points (bathymétrie multifaisceaux, lidar, photogrammétrie) – sous brevet INPI depuis janvier 2022

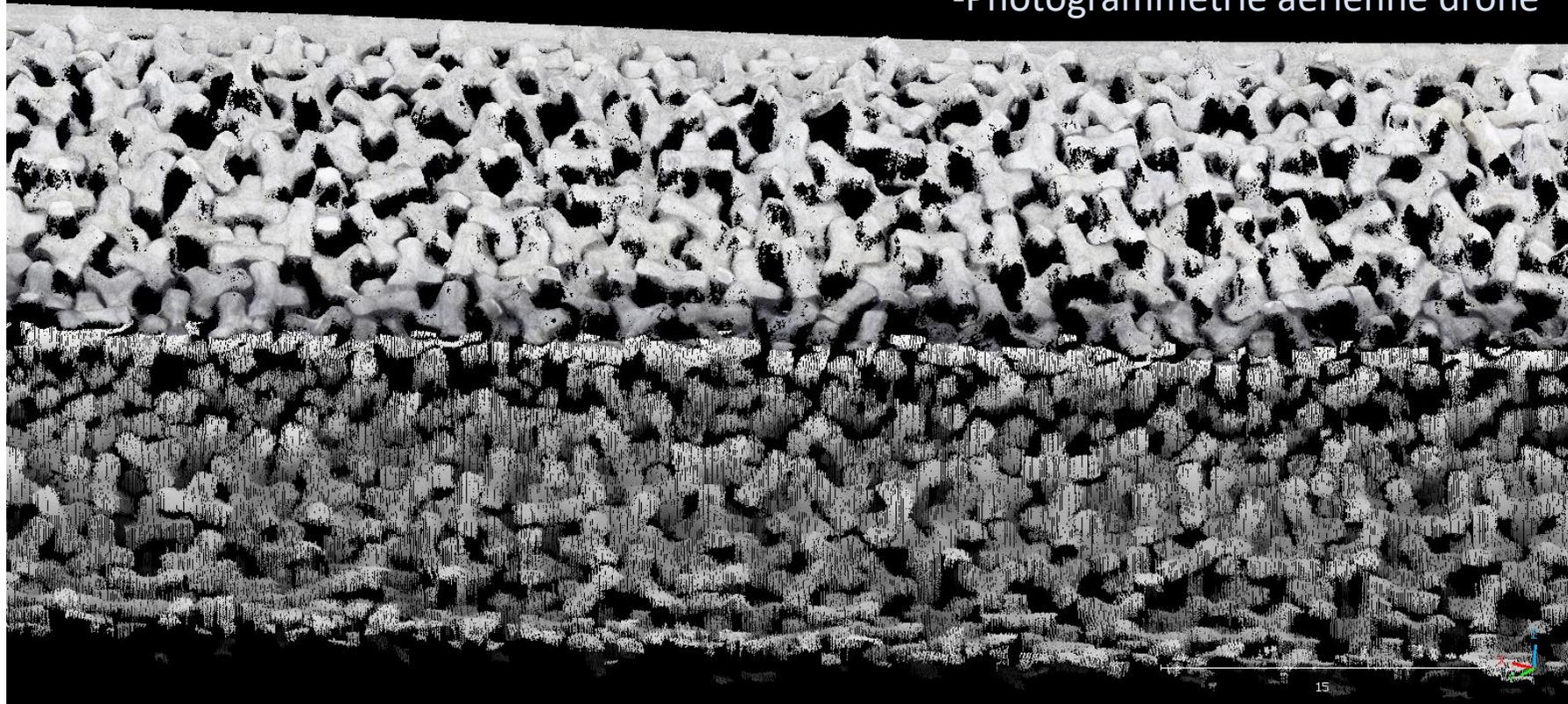


- ▶ Création d'un **jumeau numérique 3D tel que construit** de la carapace
- ▶ Applicable à tout type de bloc (ACCROPODE™, CORE-LOC™, Xbloc®...)

# SEABIM<sup>®</sup> - EXEMPLE NRL

ACCROPODE™ II

-Bathymétrie multifaisceaux  
-Photogrammétrie aérienne drone



DU 22 AU 24  
JUN 2022

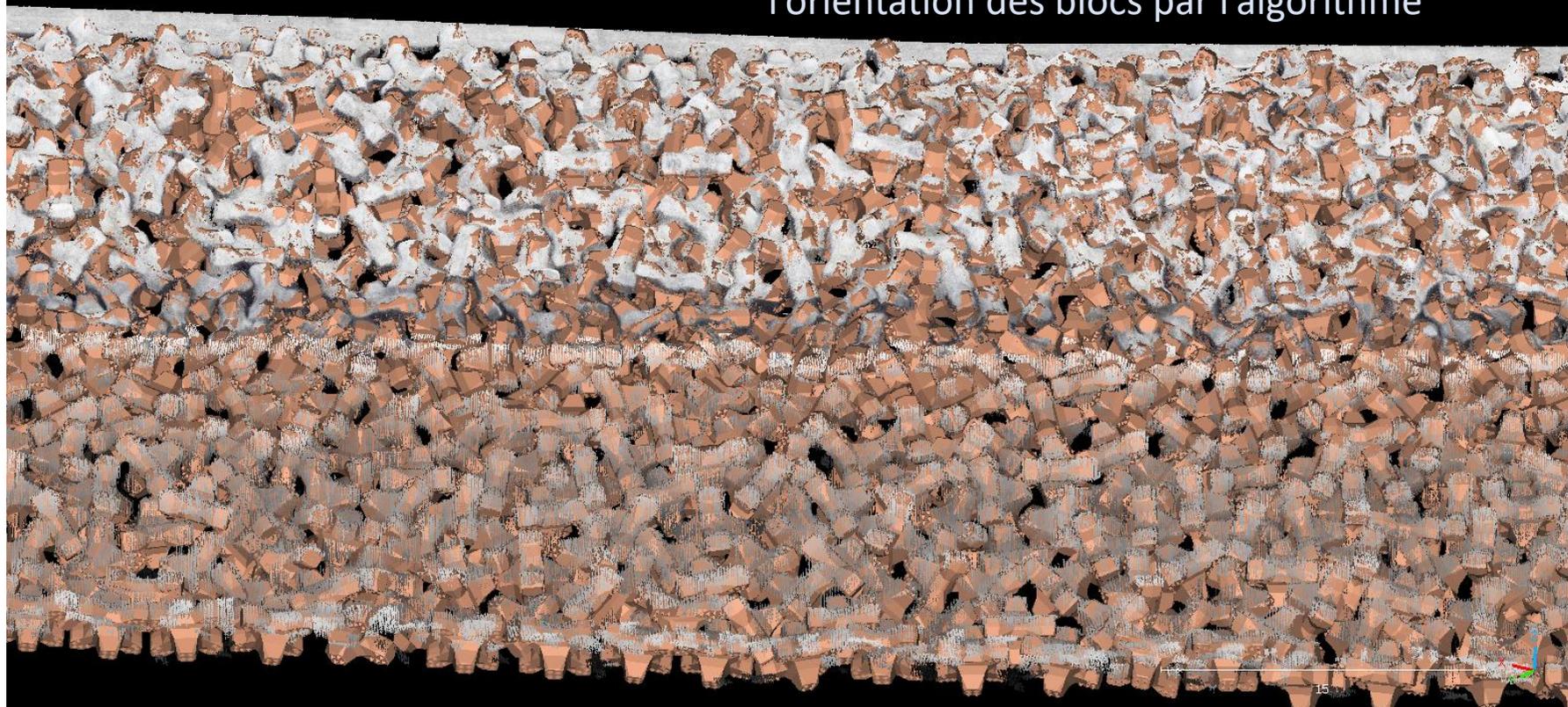
1<sup>ères</sup> Rencontres de L'INGÉNIERIE MARITIME

CAEN

# SEABIM<sup>®</sup> - EXEMPLE NRL

ACCROPODE™ II

Identification automatique de la position et de l'orientation des blocs par l'algorithme



DU 22 AU 24  
JUN 2022

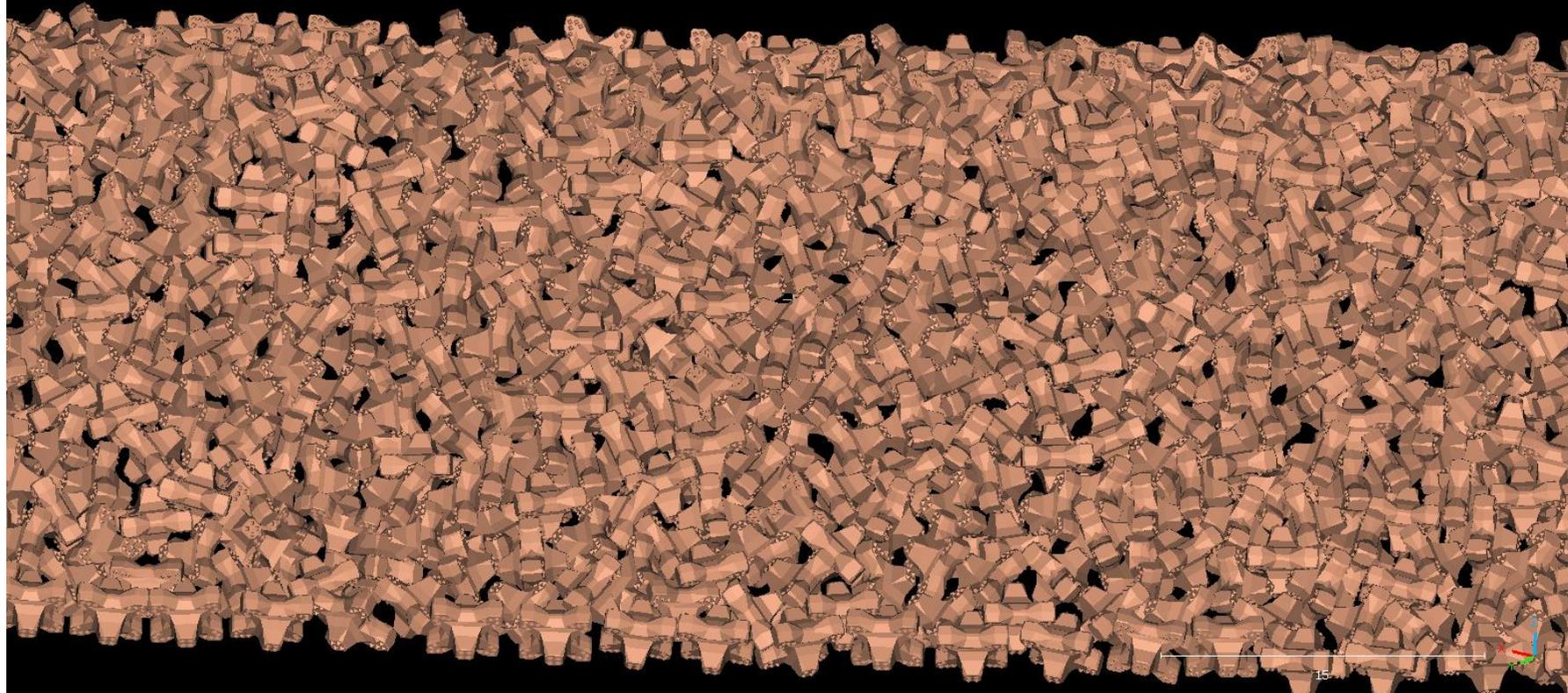
1<sup>ères</sup> Rencontres de L'INGÉNIERIE MARITIME

CAEN

# SEABIM<sup>®</sup> - EXEMPLE NRL

ACCROPODE™ II

Obtention du jumeau numérique 3D de la carapace



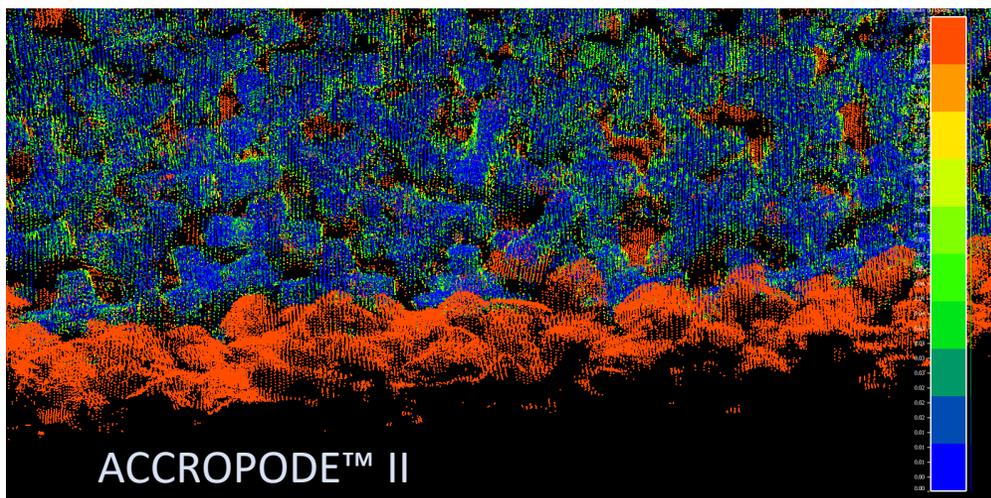
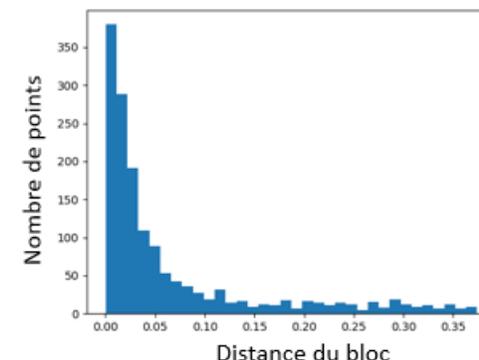
DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup> Rencontres de **L'INGÉNIERIE MARITIME**

CAEN

# CONTRÔLE DU RECALAGE

- ▶ Distribution de la distance entre les points au voisinage du bloc et le modèle 3D vérifié pour chaque bloc
- ▶ Validation et filtrage par critères statistiques
- ▶ Différentiel entre le modèle 3D et le nuage de points



DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup>

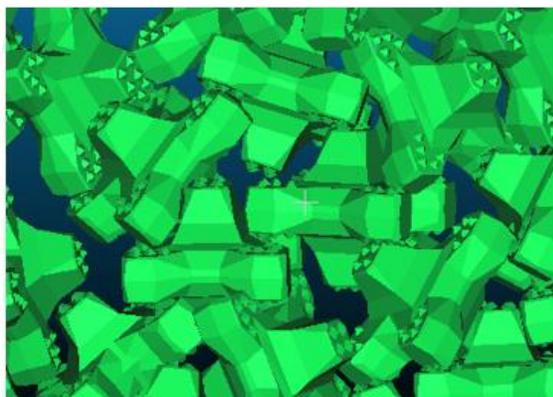
Rencontres de L'INGÉNIERIE MARITIME

CAEN

# VIDÉO VÉRITÉ TERRAIN

Macro

Micro



DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup>

Rencontres de L'INGÉNIERIE MARITIME

CAEN

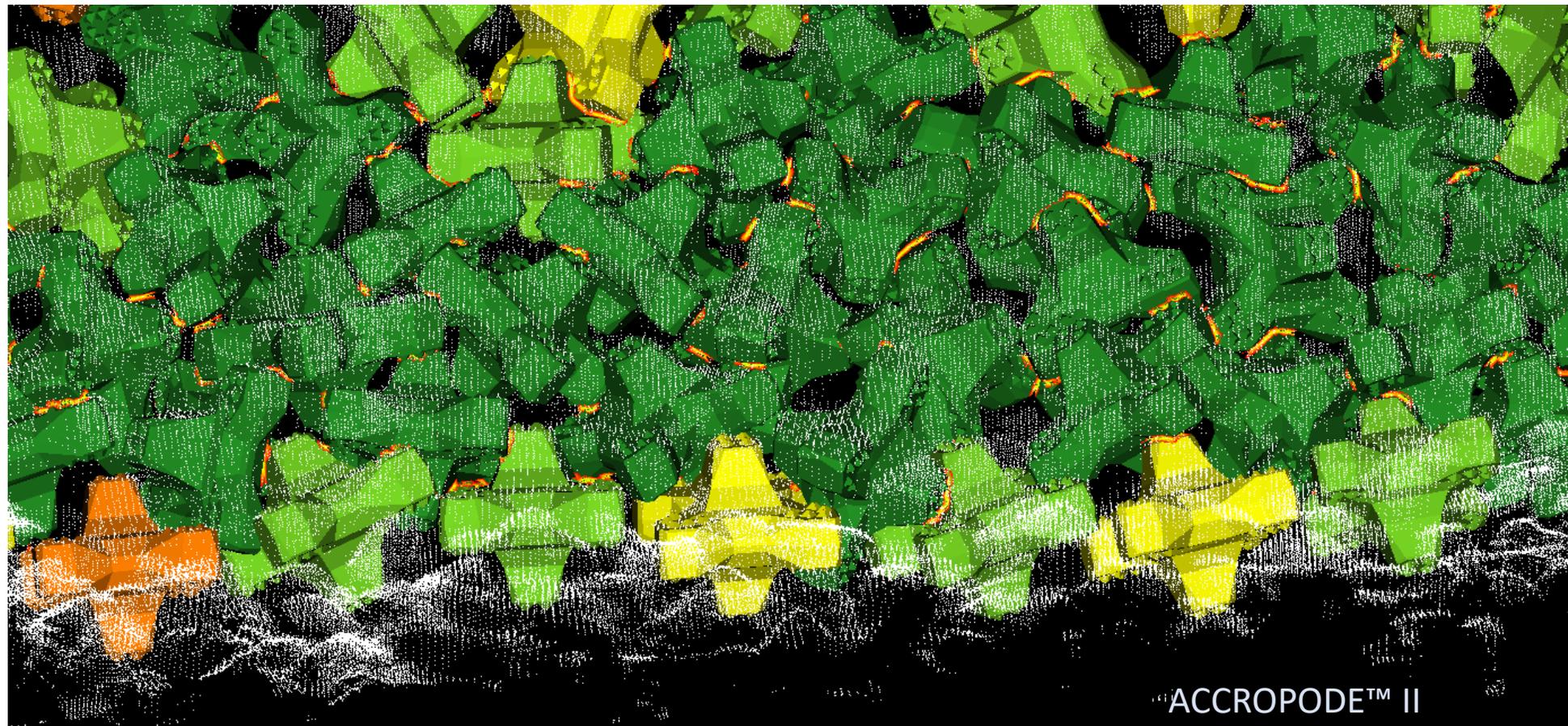
# RAPIDITÉ DE DÉPLOIEMENT

- ▶ Premier outil permettant de modéliser des milliers de blocs en un temps très court
  - ▶ Scan terrain 1 à 2 jours
  - ▶ Temps de calcul automatique 100blocs/minute
  - ▶ Taux de reconstruction automatique >90% (fonction de la qualité du nuage de points acquis)
  - ▶ Recalage semi-automatique
  - ▶ Contrôle qualité du modèle (différentiel, contrôle des collisions entre blocs)
- ▶ Applicable à l'avancement du chantier par la réalisation de scans réguliers et construction du modèle 3D par étape
- ▶ Applicable en suivi d'ouvrage par la réalisation d'un état zéro final à la réception

# FILTRES DE CONTRÔLE

- ▶ Application de règles géométriques sur le modèle 3D
- ▶ Règles de filtrage adaptables à chaque situation sur demande
- ▶ Création de nouveaux filtres possibles
- ▶ Objectifs des filtres:
  - ▶ Créer un faisceau d'indices indiquant une zone possible d'anomalie qui nécessite une inspection visuelle complémentaire par ROV/plongeur ou une analyse plus détaillée par l'ingénieur en charge du contrôle
  - ▶ Suivre l'évolution de l'ouvrage dans le temps

# FILTRE CONTACTS

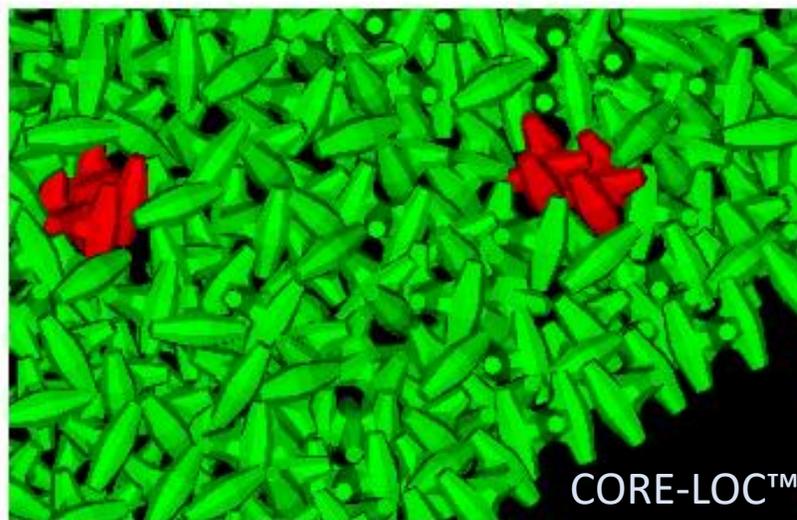


DU 22 AU 24  
JUN 2022

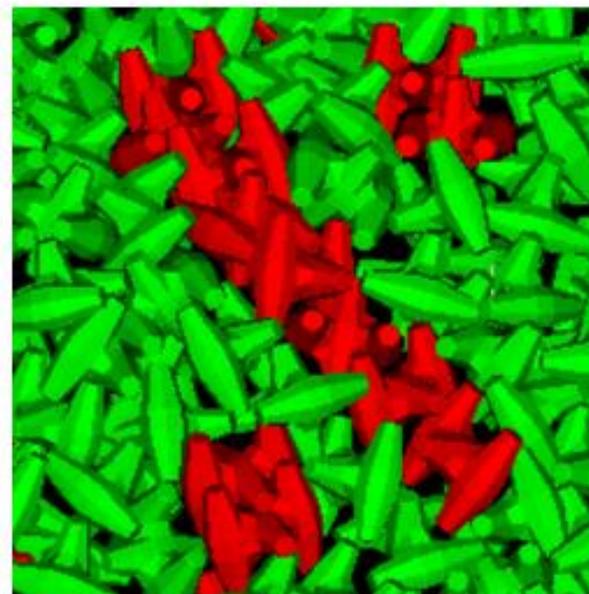
1<sup>ères</sup> Rencontres de **L'INGÉNIERIE MARITIME**

CAEN

# FILTRE ORIENTATIONS



Contrôle des orientations similaires



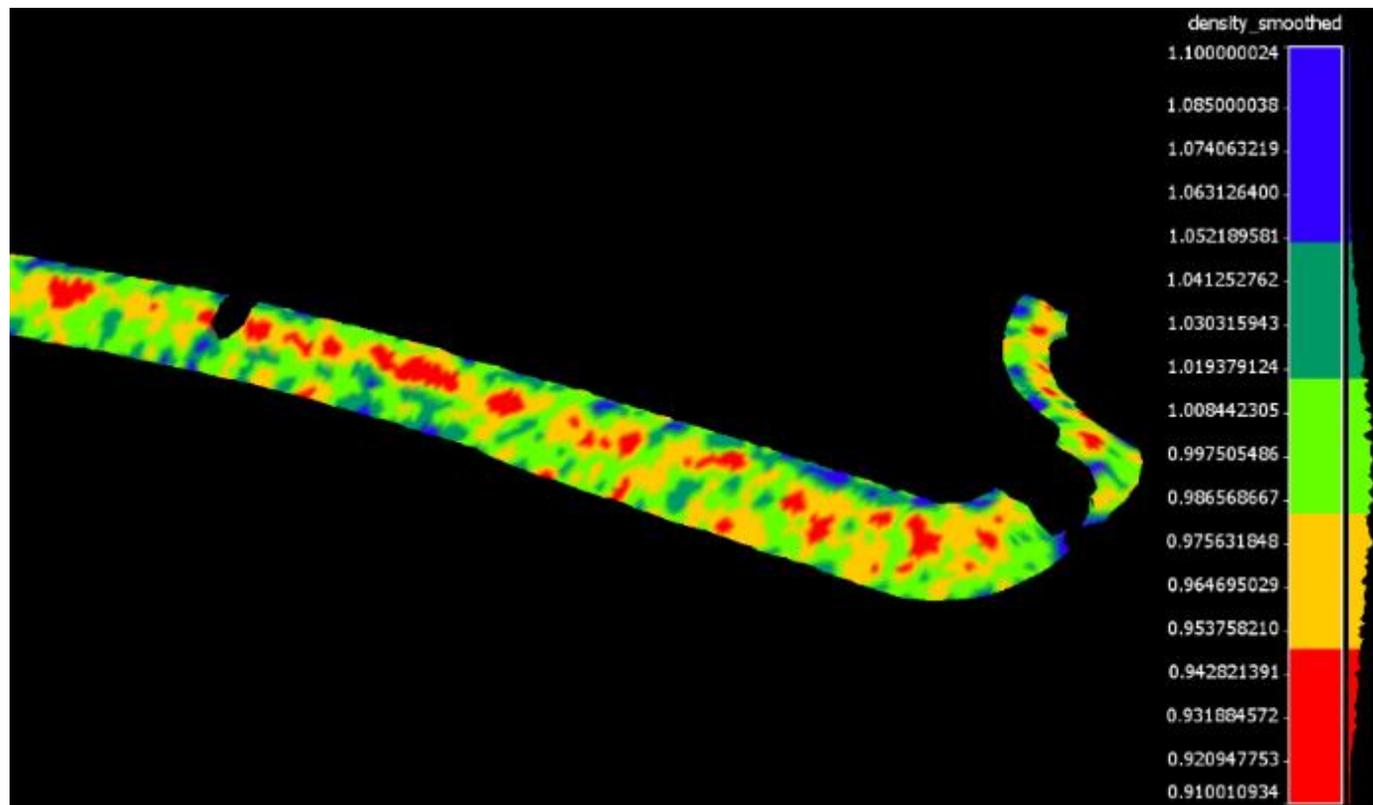
Contrôle du placement en colonne

DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup> Rencontres de **L'INGÉNIERIE MARITIME**

CAEN

# FILTRE DENSITÉ DE POSE



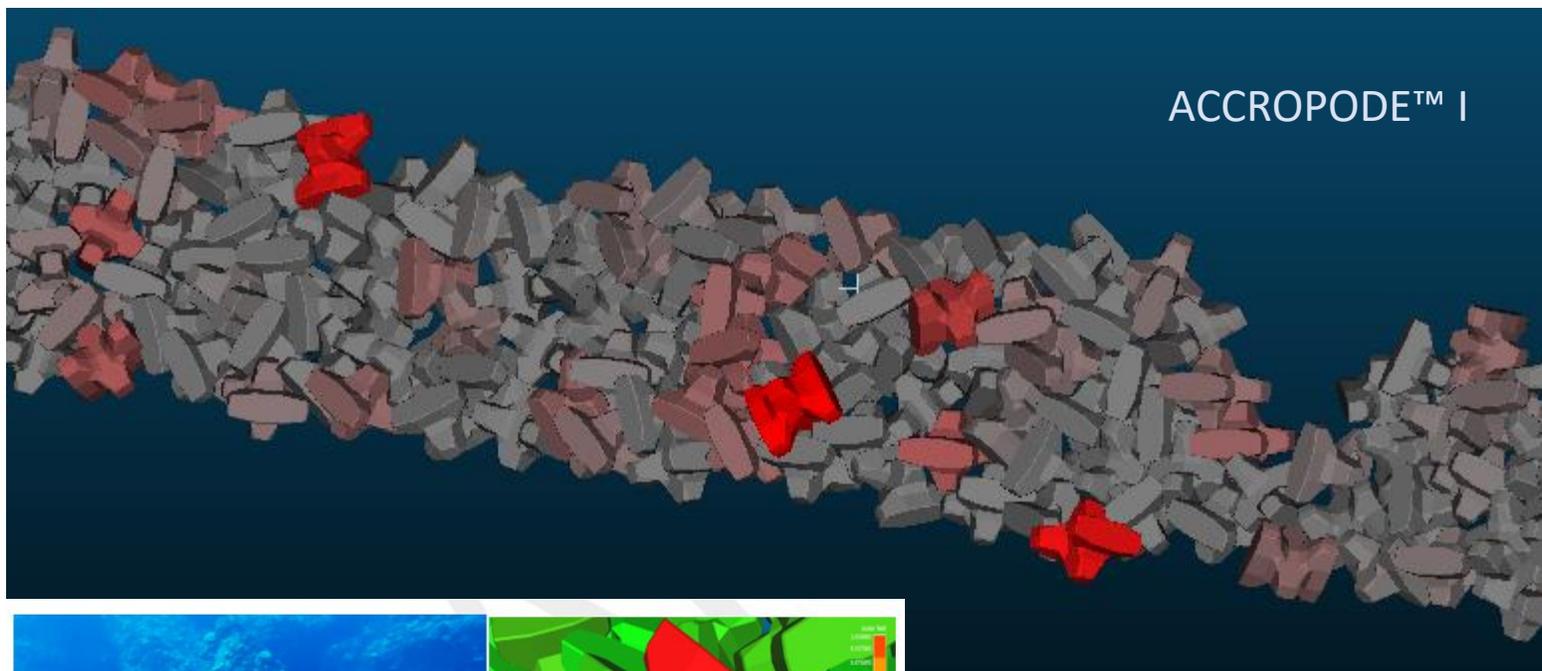
Ajout d'une couche supplémentaire colorisée en fonction de la densité de pose

DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup> Rencontres de **L'INGÉNIERIE MARITIME**

CAEN

# FILTRE HORS PROFIL



Bloc en rouge si 1/3 du volume du bloc est en dehors du profil moyen

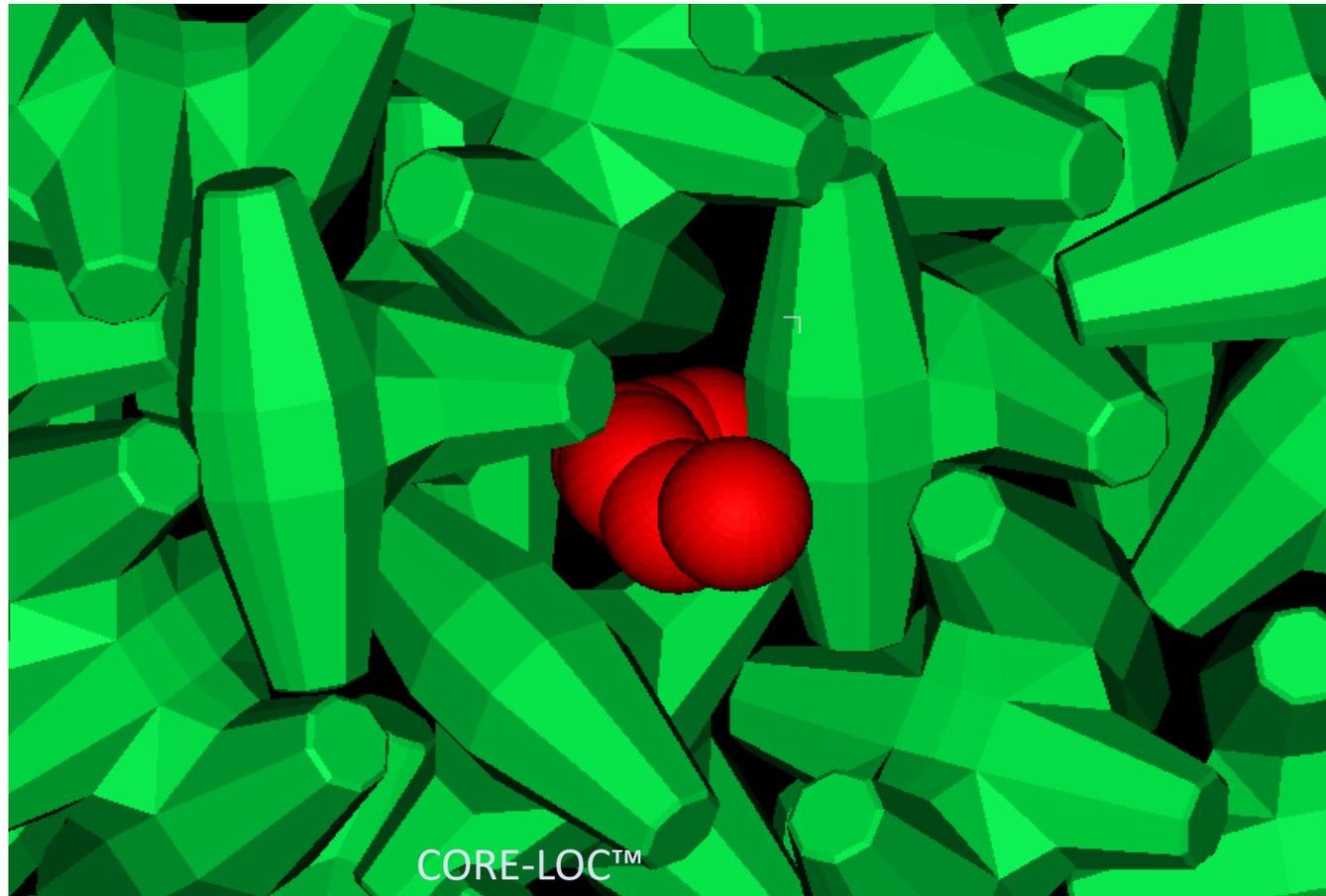
DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup>

Rencontres de L'INGÉNIERIE MARITIME

CAEN

# FILTRE AÉRATION SOUS-COUCHE



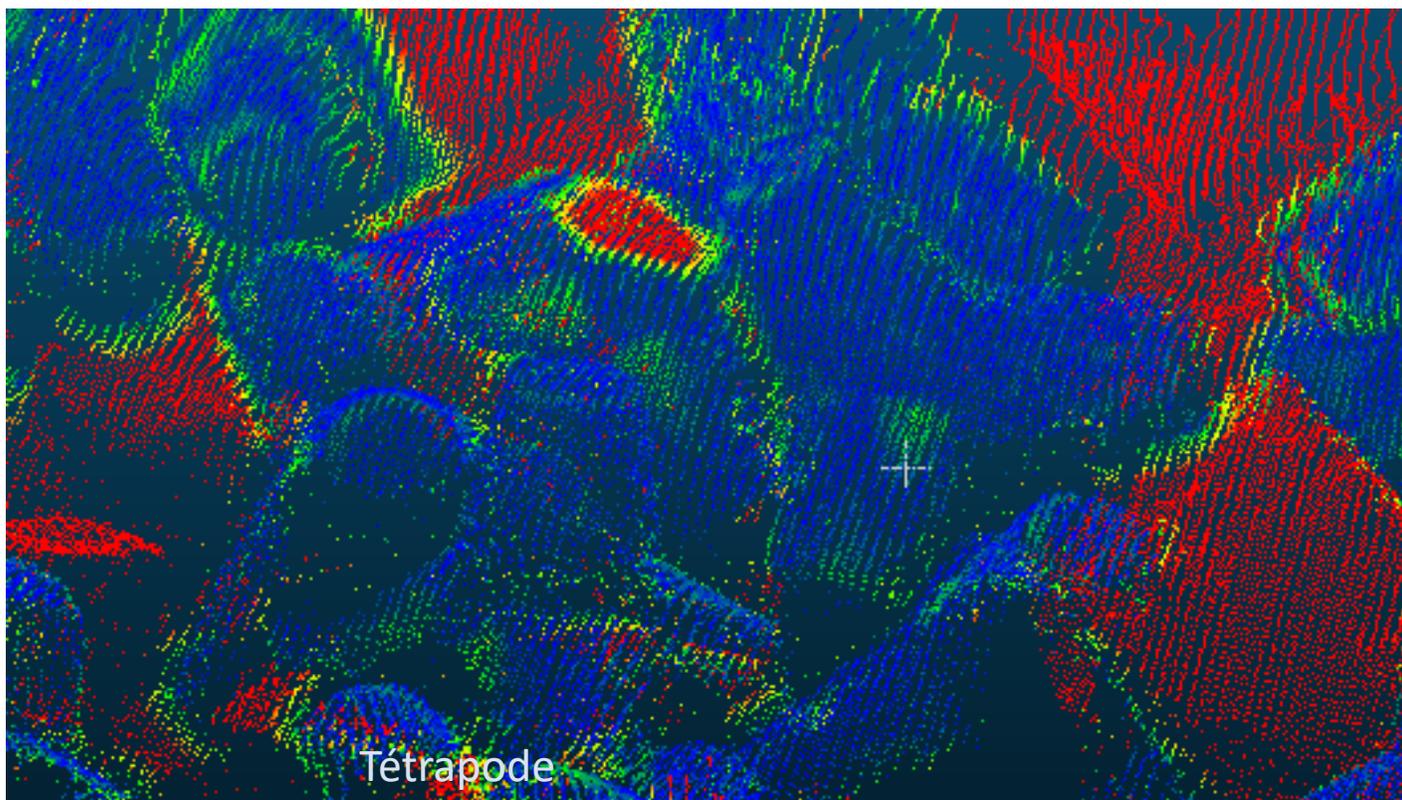
Calcul de la trajectoire possible  
d'une sphère de DN X  
représentant un bloc de sous-  
couche à travers la carapace

DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup> Rencontres de **L'INGÉNIERIE MARITIME**

CAEN

# FILTRE BLOC CASSÉ



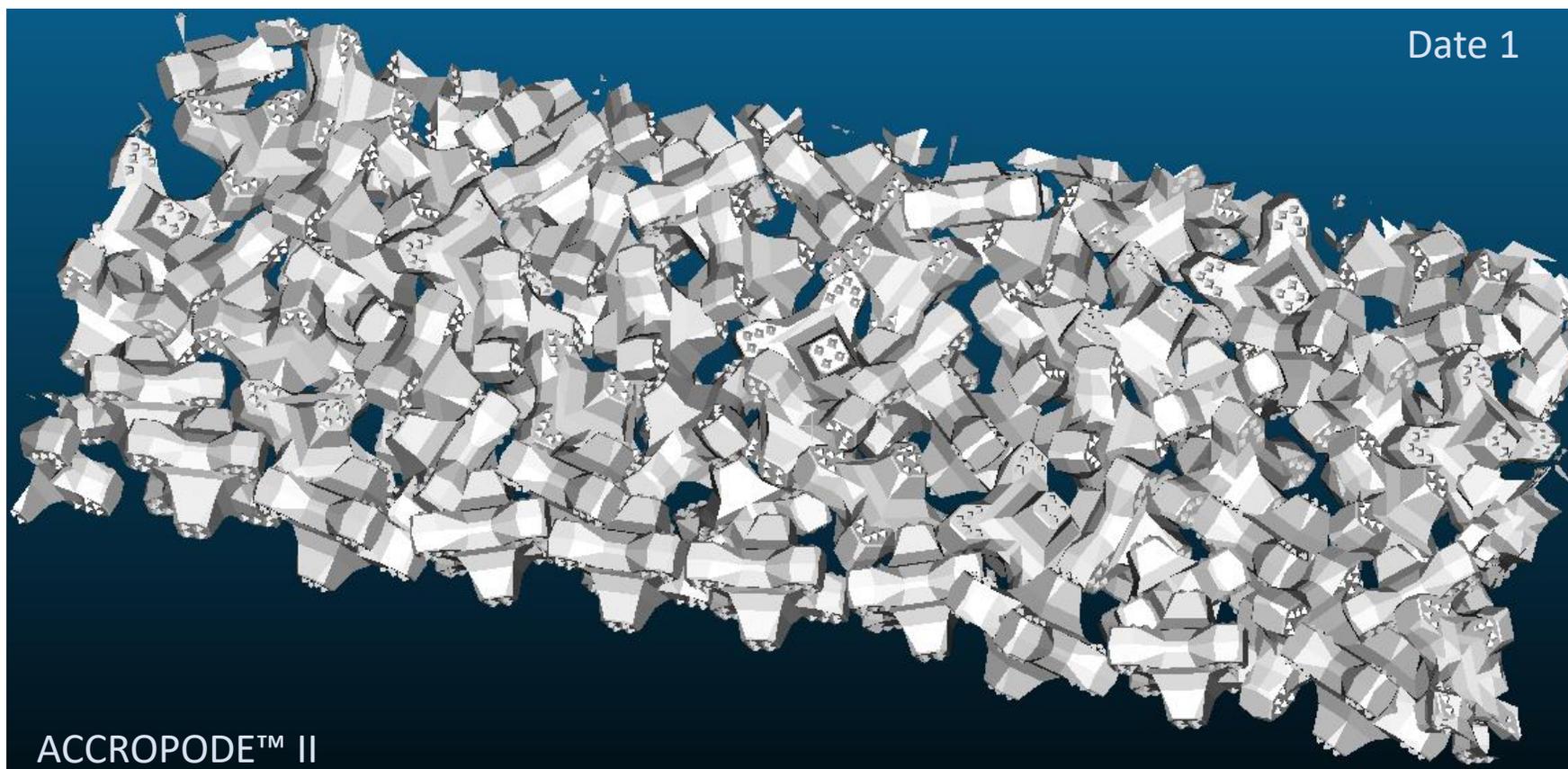
Identification sur le différentiel entre le modèle 3D et le nuage de points des blocs cassés ou des corps étrangers dans la carapace

DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup> Rencontres de **L'INGÉNIERIE MARITIME**

CAEN

# MOUVEMENT DE BLOCS

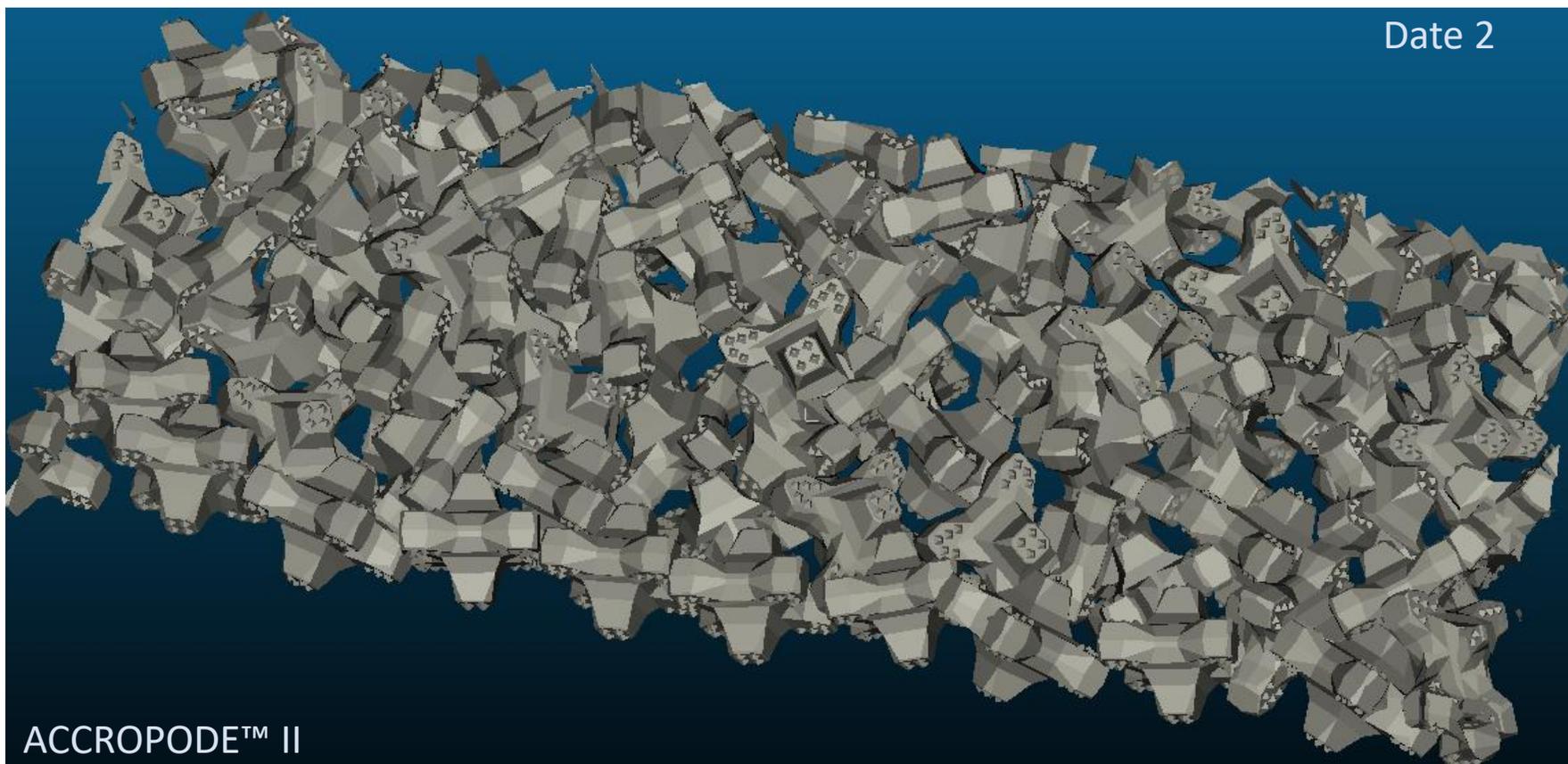


DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup> Rencontres de **L'INGÉNIERIE MARITIME**

CAEN

# MOUVEMENT DE BLOCS



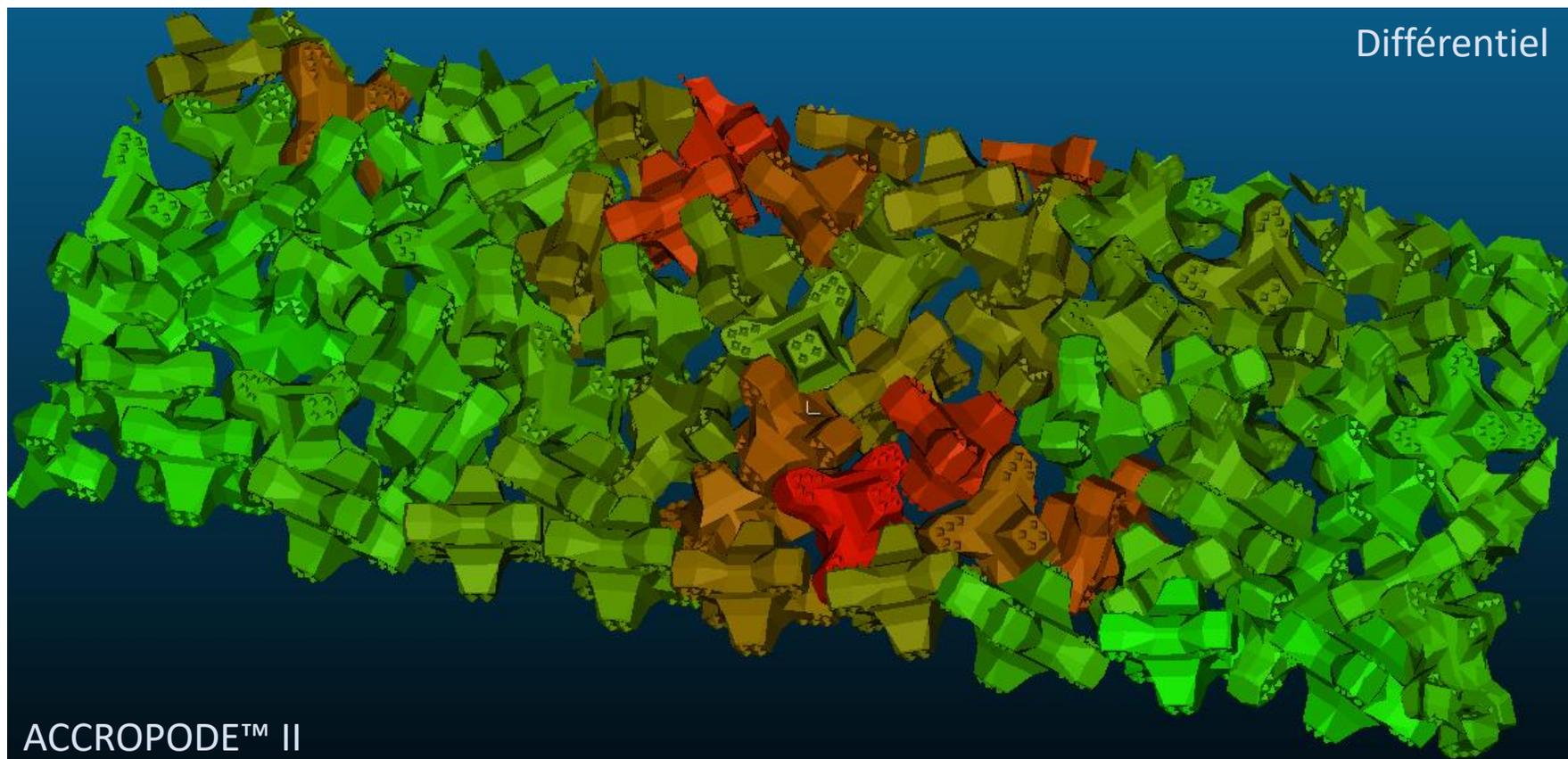
DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup> Rencontres de **L'INGÉNIERIE MARITIME**

CAEN

# MOUVEMENT DE BLOCS

Colorisation du bloc en fonction du mouvement du CdG



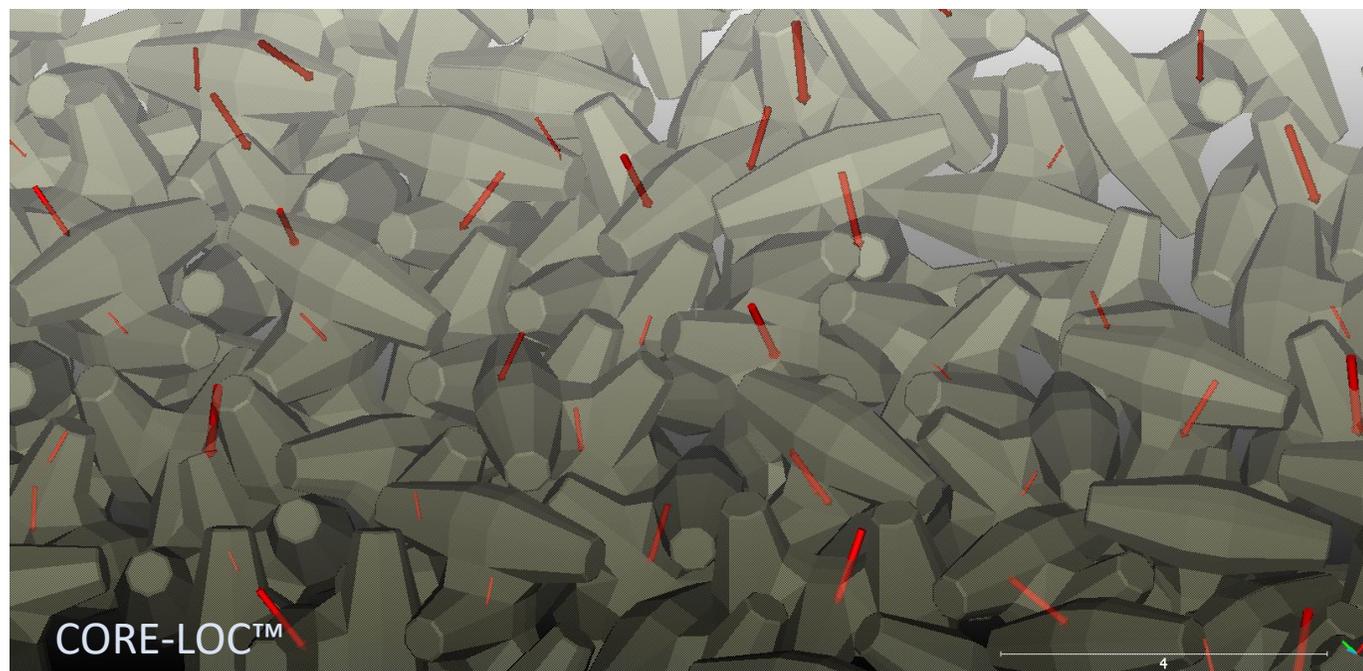
DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup> Rencontres de L'INGÉNIERIE MARITIME

CAEN

# MOUVEMENTS DE BLOCS

Vectorisation du déplacement du CdG de chaque bloc



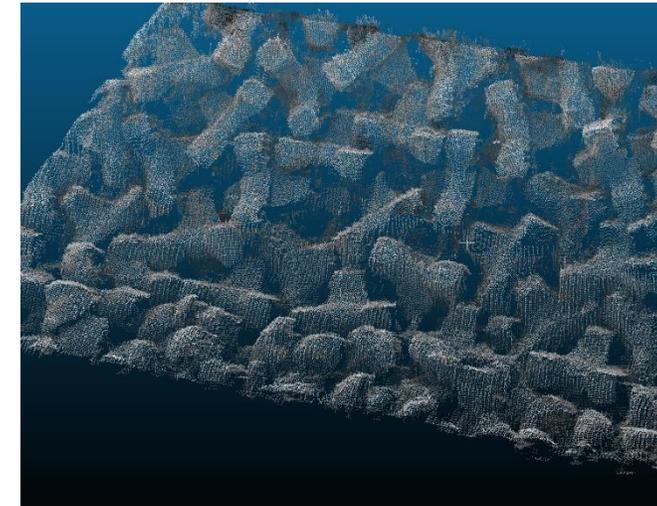
DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup> Rencontres de L'INGÉNIERIE MARITIME

CAEN

# ACQUISITION DE DONNÉES

- ▶ Photogrammétrie réalisée par prestataire drone
- ▶ ID OCEAN spécialisé en bathymétrie de digue
- ▶ Equipement mobilisable en avion
  - ▶ Capacité d'acquisition de données sur le monde entier



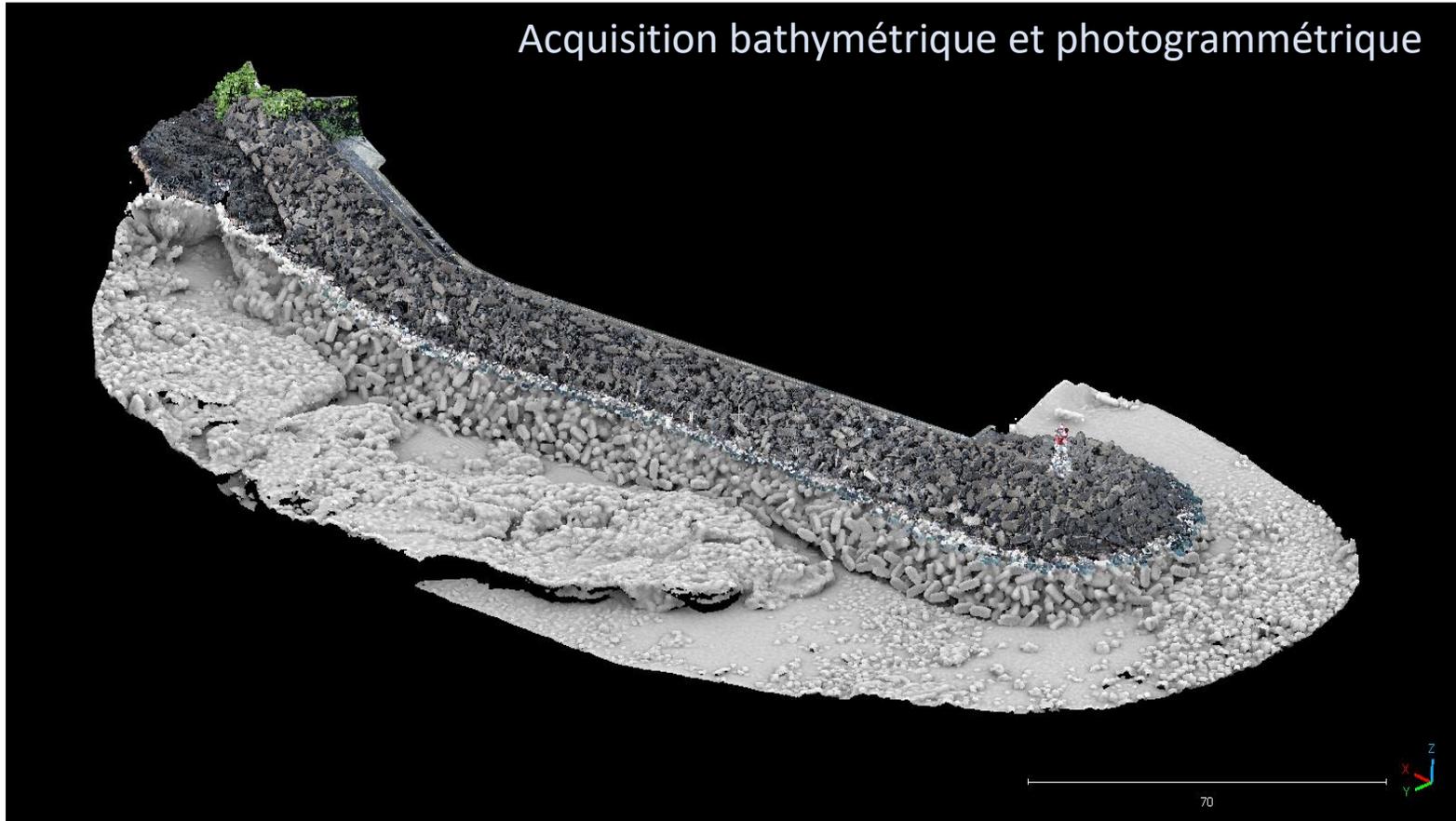
DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup> Rencontres de L'INGÉNIERIE MARITIME

CAEN

# CAS D'APPLICATION: DIGUE DE STE-ROSE RÉUNION

Acquisition bathymétrique et photogrammétrique

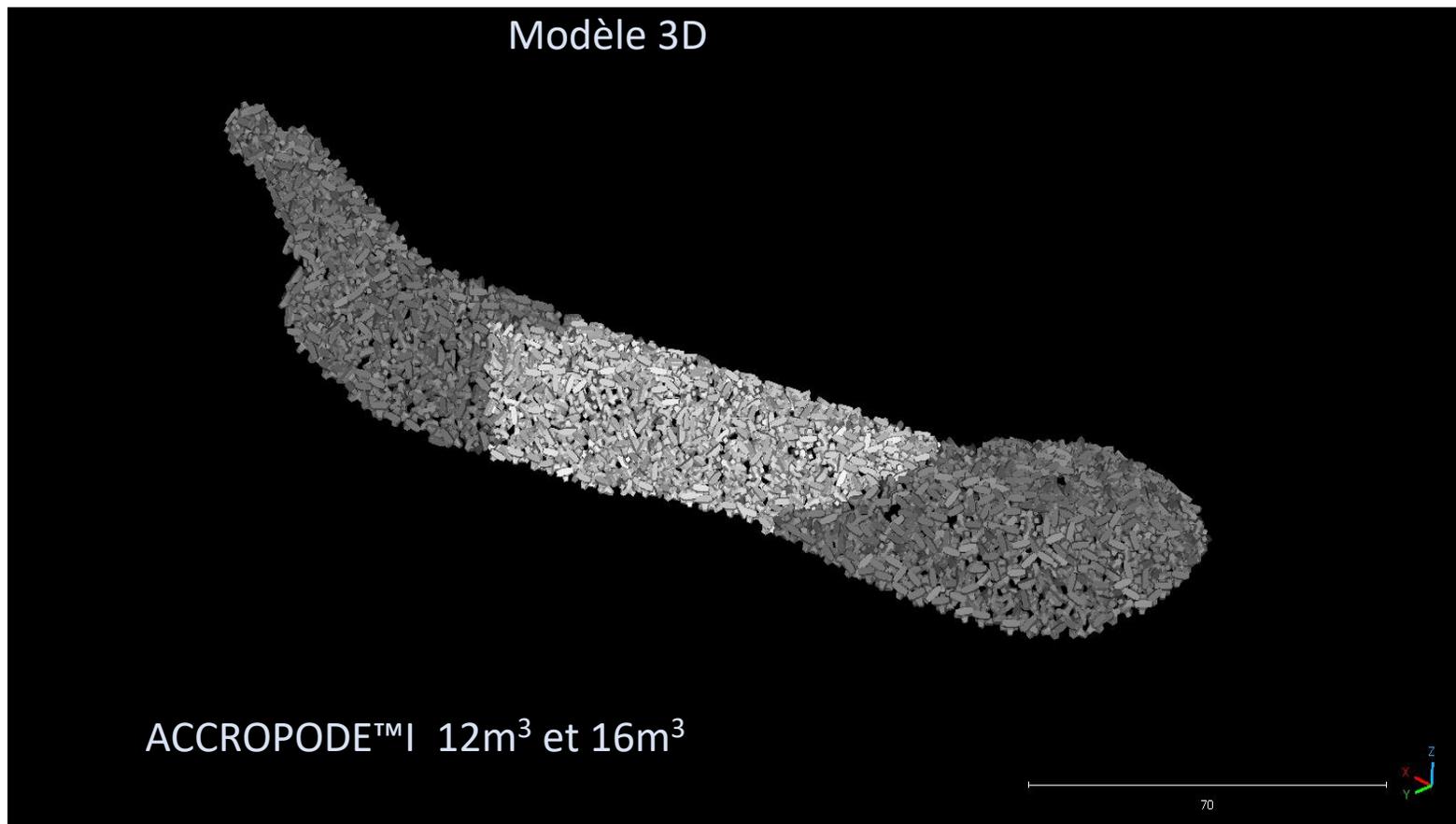


DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup> Rencontres de **L'INGÉNIERIE MARITIME**

CAEN

# CAS D'APPLICATION: DIGUE DE STE-ROSE RÉUNION



DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup> Rencontres de **L'INGÉNIERIE MARITIME**

CAEN

# CAS D'APPLICATION: DIGUE DE STE-ROSE RÉUNION

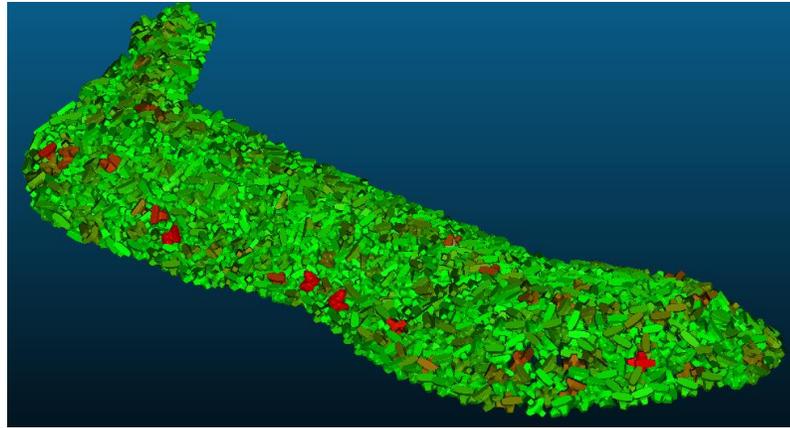


DU 22 AU 24  
JUN 2022

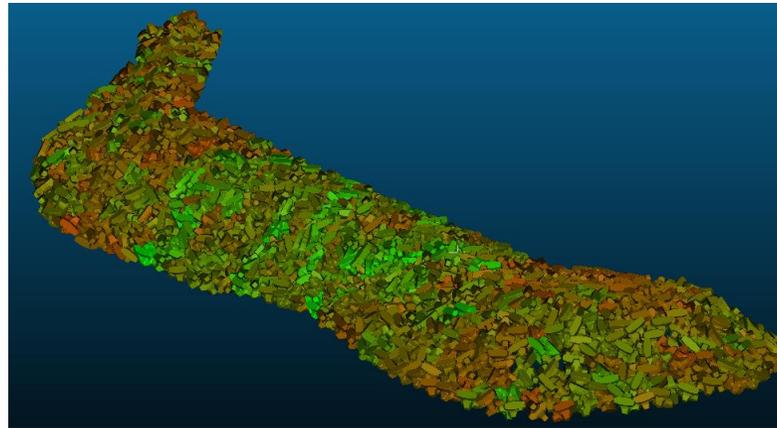
1<sup>ères</sup> Rencontres de **L'INGÉNIERIE MARITIME**

CAEN

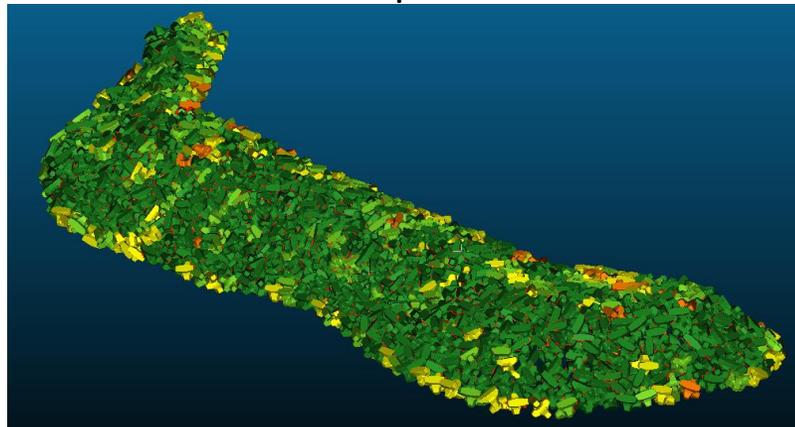
# CAS D'APPLICATION: DIGUE DE STE-ROSE RÉUNION



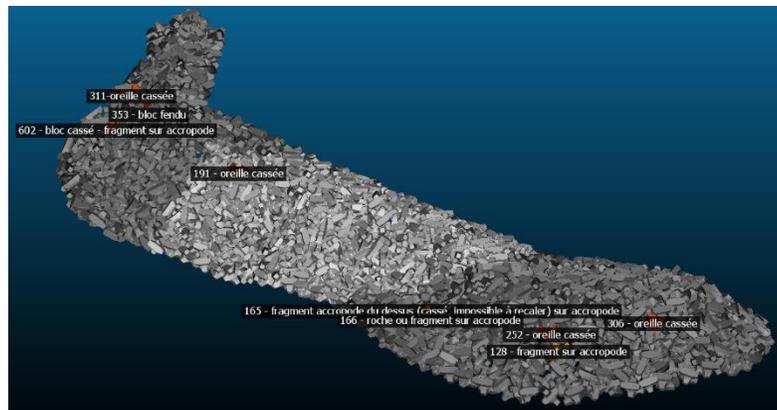
Hors-profil



Densité



Contacts



Blocs cassés

- ▶ Base d'analyse pour le bureau d'études – diagnostic de la carapace et recommandations de suivi au maître d'ouvrage

DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup> Rencontres de L'INGÉNIERIE MARITIME

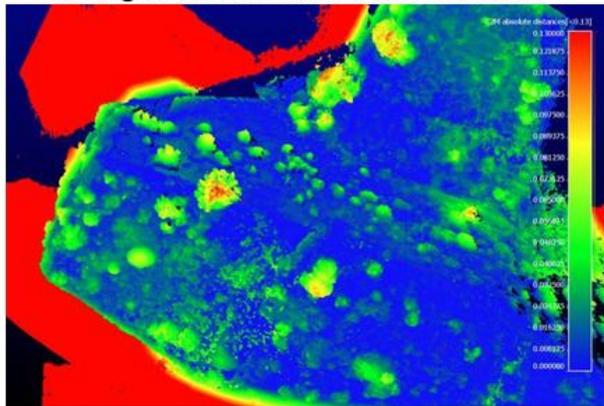
CAEN

# CAS D'APPLICATION: DIGUE DE STE-ROSE RÉUNION

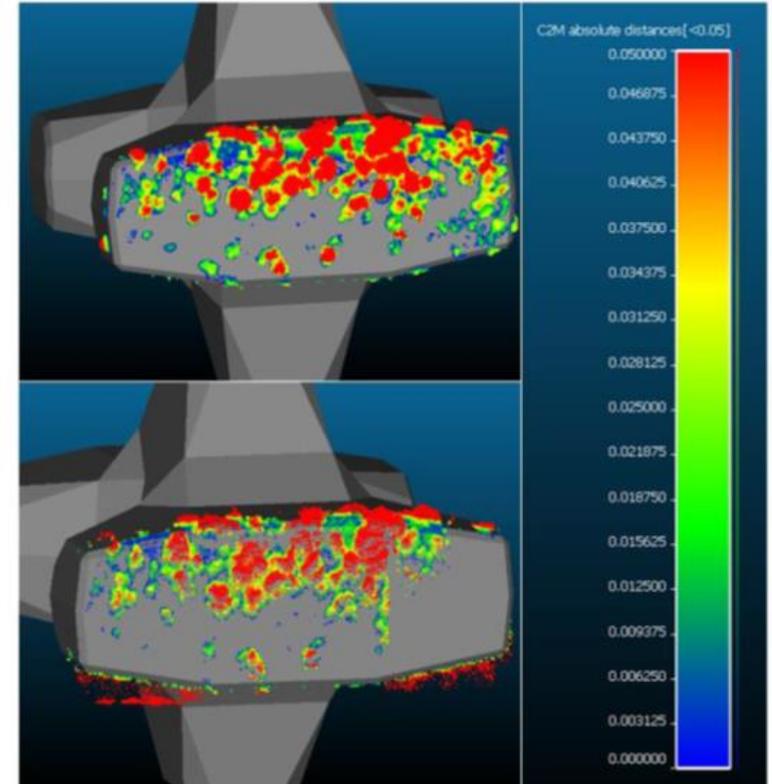
- Suivi de colonisation corallienne des blocs par différentiel entre la photogrammétrie et le modèle 3D



Photogrammétrie sous-marine du bloc



Différentiel photogrammétrie/SEABIM®



Comparatif différentiel photogrammétrie/SEABIM® (haut) et bathymétrie/SEABIM® (bas)

DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup>

Rencontres de L'INGÉNIERIE MARITIME

CAEN

# FIN DE PRÉSENTATION

- ▶ Merci de votre attention
- ▶ Steven LE BARS
- ▶ Co-fondateur et responsable commercial
- ▶ 06 93 04 96 23
- ▶ [steven.lebars@idocean.re](mailto:steven.lebars@idocean.re)

DU 22 AU 24  
JUN 2022

1<sup>ères</sup> Rencontres de **L'INGÉNIERIE MARITIME**

CAEN