



IFREMER / UNDERWATER SYSTEM UNIT
A. ARNAUBEC

INSTRUMENTATION OPTIQUE SOUS-MARINE ET TRAITEMENTS

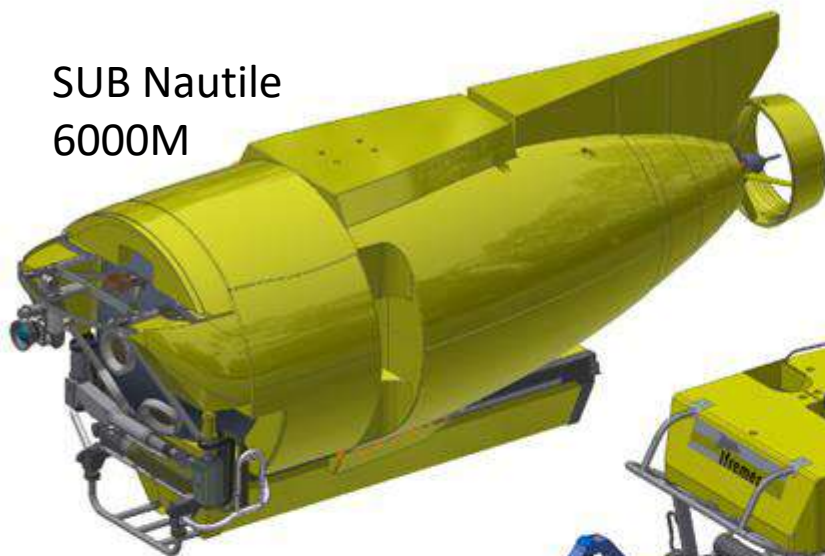
www.flotteoceanographique.fr

La Flotte océanographique française,
une très grande infrastructure de recherche opérée par l'Ifremer

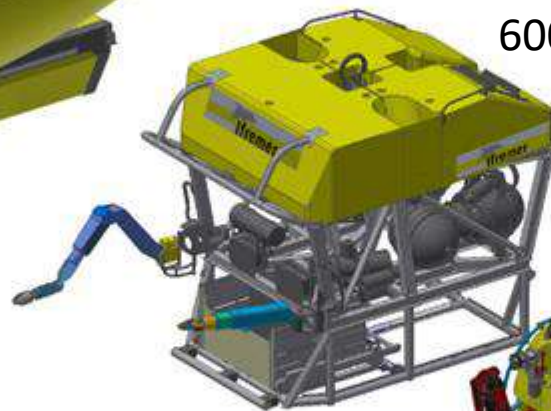


Engins sous-marins de la flotte océanographique française

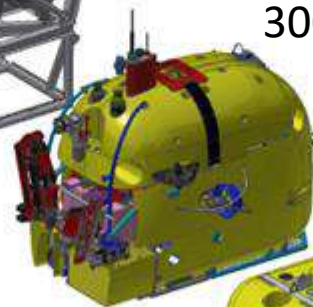
SUB Nautille
6000M



ROV Victor
6000M



HROV Ariane
3000M



AUV UlyX
6000M



AUVs IdefX &
AsterX
3000M



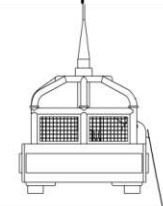
Global system overview

Bateau: - flux de données temps réel/stockage
- temps temps reel ou dans le temps de la mission

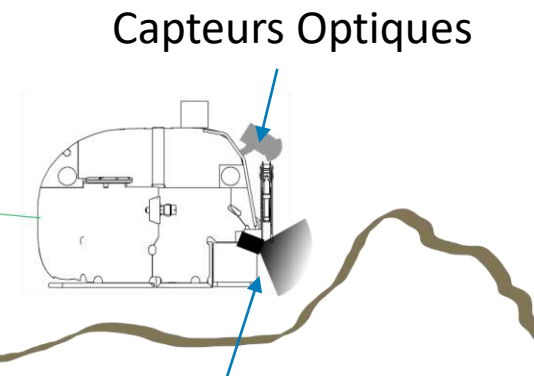
(0-6000m) fibre optique (+ puissance pour le ROV, lien acoustique pour l'AUV)

Points sensibles pour une bonne imagerie:

- Capteurs optiques
- Système d'illumination
- Placement pour les engins
- Formatage des données
- Traitement



Stockage local /Traitement
et/ou
Sur le bateau fibre optique



Capteurs Optiques

Lumière

Optical imaging sensors

- Contraintes :
 - Bonne sensibilité
 - Lentilles optiques pour corriger la refraction sous marine
 - Faibles aberrations (chromatique, distortion, flou)
 - Tenue en pression (jusqu'à 6000m -> 625 bar)

- Exemple de capteurs maison :
Still imaging (DSLR 24Mpx)



Cameras



Stereo RIG

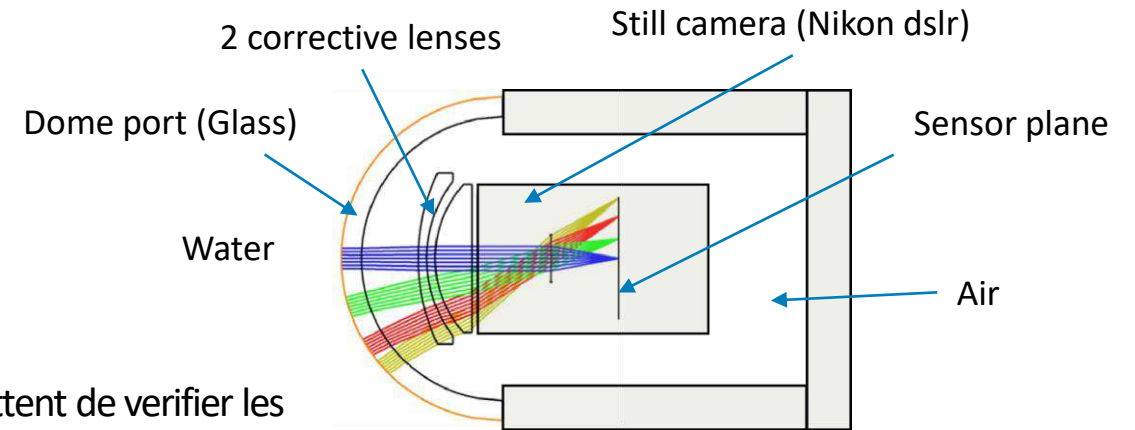


- Exemple de produit acheté:
 - 4K de DEEPSEA power & light
 - Besoin d'expertise pour qualifier ces produits

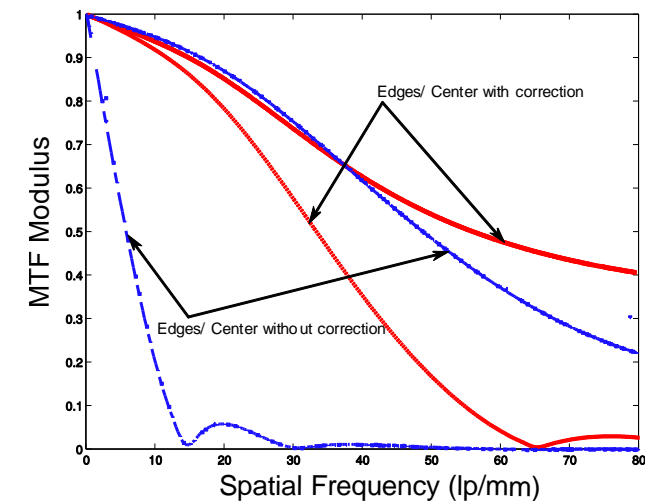
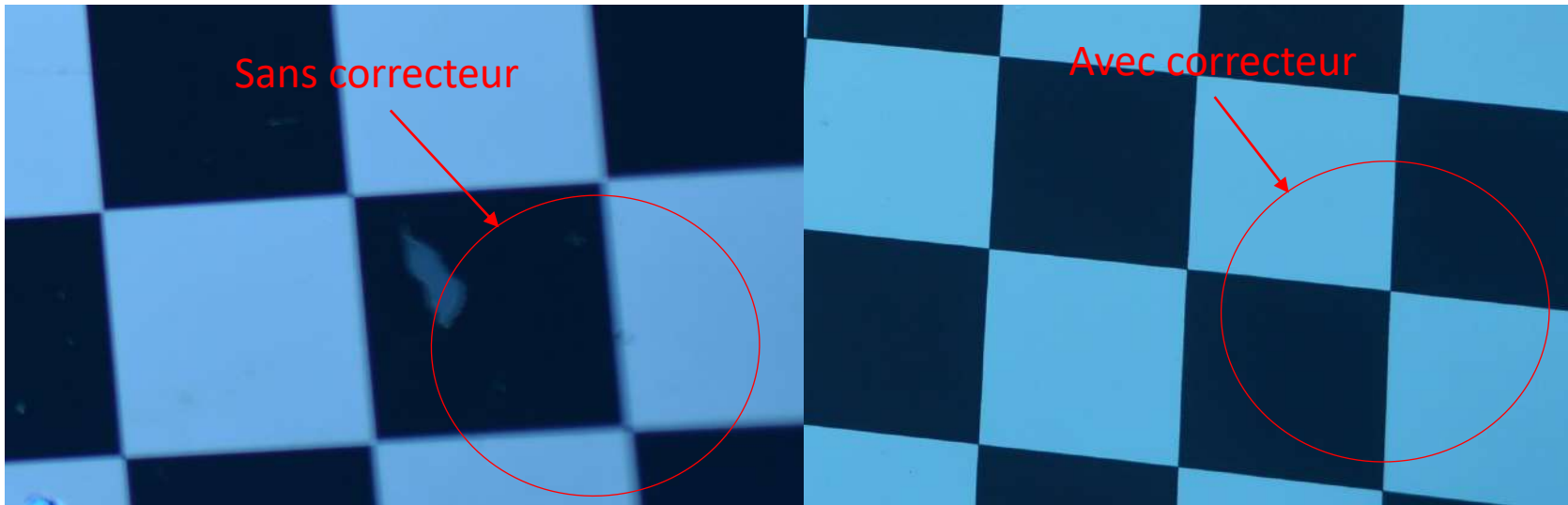


Optical imaging sensors

- La plupart de nos capteurs sont optiquement corrigés pour s'adapter aux conditions sous-marines.
- Exemple de design APN :



- Le design est obtenu par simulation et les tests en bassin permettent de vérifier les performances :



Systemes d'illumination

Pour la video (illumination continue led):

- Deepsea P&L LED 90W (90lm/W, 9000lm)
- Bowtech LED 230W -> 20 000lm



Pour la photo, flash xenon pulsé (custom design)

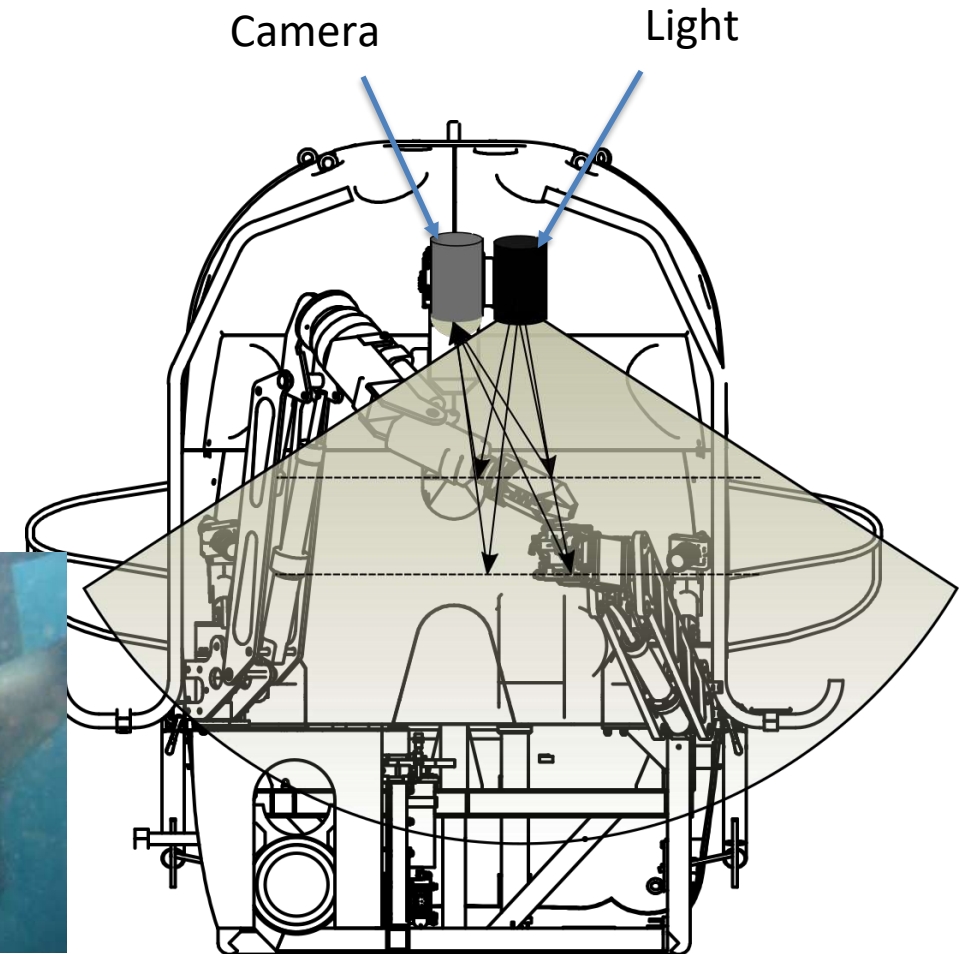
- 150J Flash (period 1s) ~ 20 millions lumens

Si on utilisais des leds de 400 lumens :
il faudrait $20 \cdot 10^6 / 400 = 50\,000$ leds !!!



Le placement relatif camera/lumière est très important

- Il peut être tentant de faire ceci:
 - **Beaucoup de puissance sur un grand angle**
 - **Caméra et lumière sur le même pan&tilt**
- Seulement à cause de la rétrodiffusion de l'eau:
 - **Beaucoup de lumière revient de l'eau (et des particules) et pas de la scène.**
- Avantages :
 - **Lumière suit la caméra**
- Inconvénients:
 - **Faible qualité d'image**
 - **Ne fonctionne pas dès que l'eau est un peu turbide ou avec la distance**

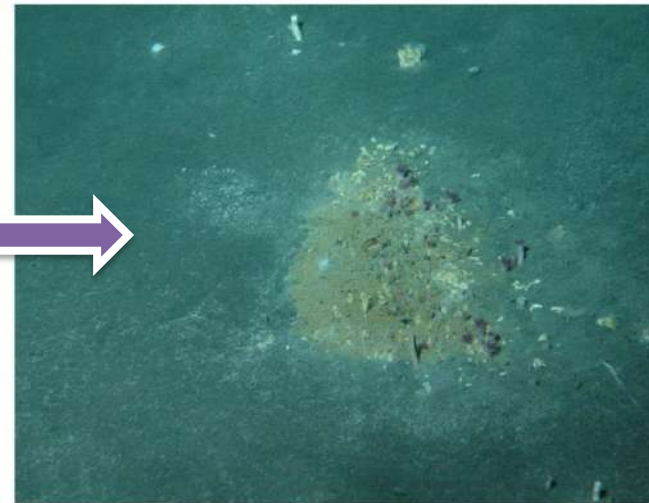
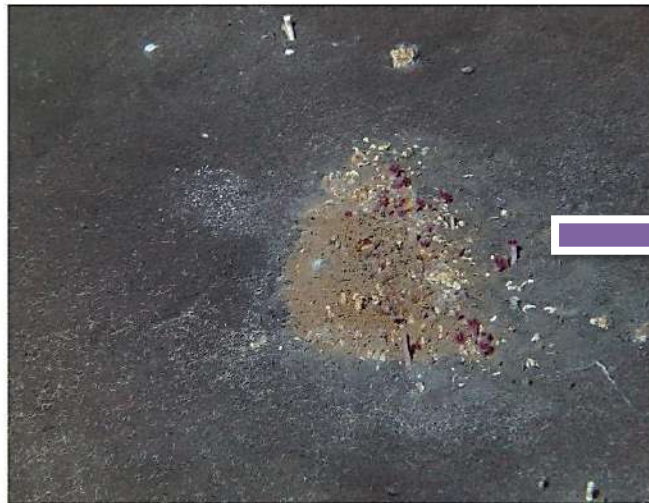
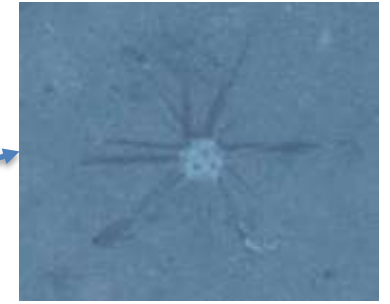


Solution : Optimiser l'éclairage avec plusieurs projecteurs et minimiser la zone d'eau éclairée.



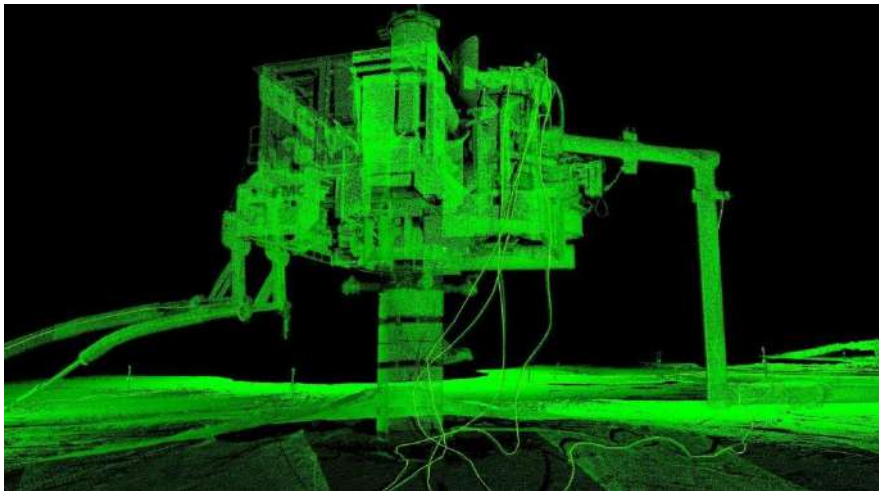
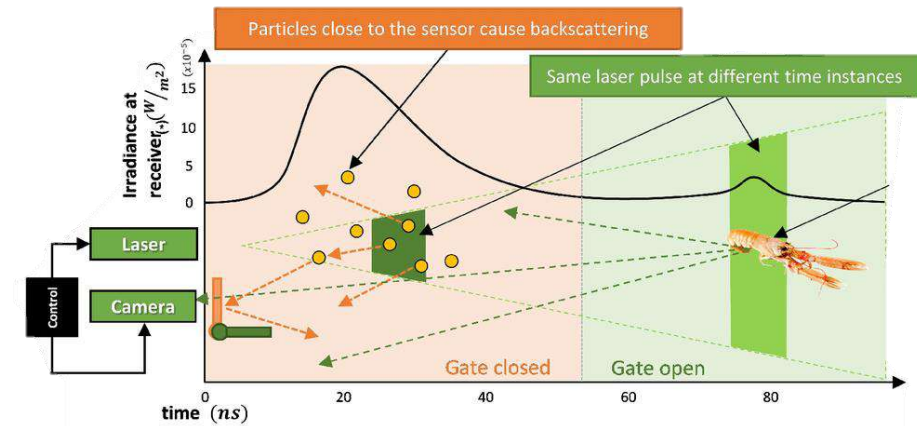
Limitations physique

- A cause du backscattering, quelquesoit la puissance que l'on envoi on ne peut pas changer le ratio eau/scene
 - **Observation empirique: difficile d'avoir une imagerie de qualité au delà de 8m**
 - **Exemple d'image à 10m**
(thanks to high resolution some details are still presents)
- L'attenuation lumineuse depends de la longueur d'onde
 - **Ex: rouge plus atténué que bleu**
 - **Correction de couleur possible mais seulement à "faible" distance**



DeepSea'Novation, comment voir plus loin: TOF sensors

- Le seul moyen de voir plus loin est de développer des capteurs « temps de vol »:
 - Un laser synchronisé à la caméra permet de « regarder » uniquement le signal d'intérêt (le fond)
- Peut-être utilisé pour la bathymétrie 3D (lidar)
 - Portée jusqu'à 40 mètres
 - Précision de quelques mm
- Développement d'un lidar dans le cadre du projet DeepSea'Novation

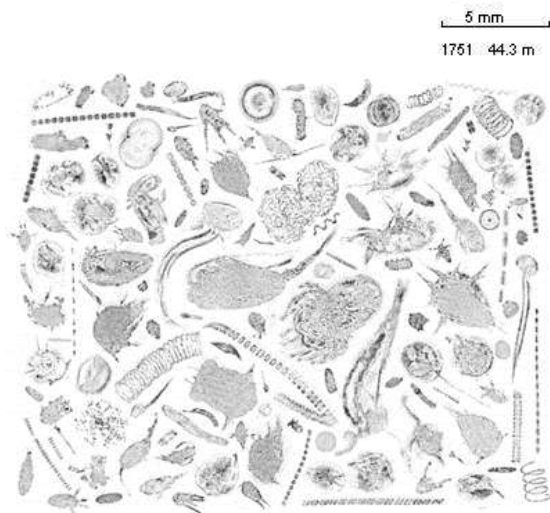


DeepSea'Novation, comment voir plus près: Caméra planctonique

- Etude non destructive du plancton dans la colonne d'eau.
- Imager une grande variété de taille de 20 μ m à 2000 μ m

Equipements possibles

- UVP (Underwater Vision Profiler) :
 - Taille individus > 400 μ m
 - volume analysé 1L
 - pré-traitement embarqué
- Caméra holographique LISST-HOLO par SEQUOIA
 - Taille de 25 μ m à 2500 μ m
 - Volume analysé ~2ml
 - Peut permettre la reconstruction 3D



Formatage et synchronisation des données

- Pour être utilisable comme donnée scientifique, les acquisitions doivent être synchronisées avec les autres données du véhicule.
- Synchronisation de toutes les données grâce à une masterclock.
- Formats:
 - **Pour l'imagerie photo:**
 - Format JPEG ou RAW Nikon
 - Pour le JPEG tous les champs de métadonnées standards sont remplis
 - Ajout de certains champs custom pour informations supplémentaires
 - **Pour la vidéo:**
 - Vidéos enregistrées en H.264 ou H.265
 - Nommage des vidéos incluant l'heure de départ



Exploitation des données optiques: perception & mesures

Représentation 2D sur écran :

Couleurs dégradées avec la distance

Visibilité limité : aucune vision globale



Mesure de distance points laser:

Hypothèses d'application très restrictive

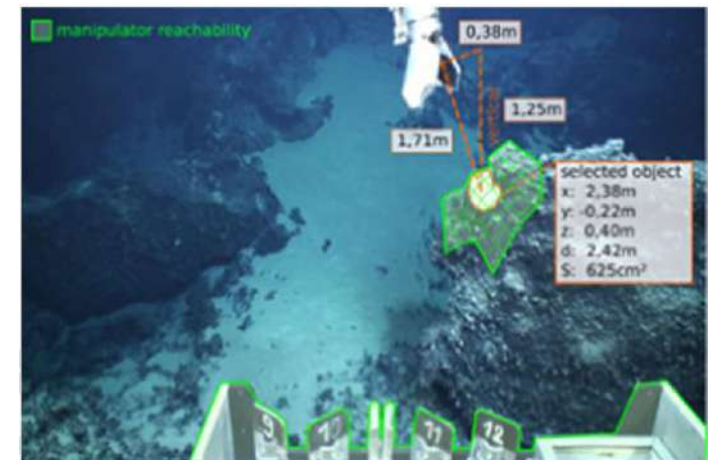
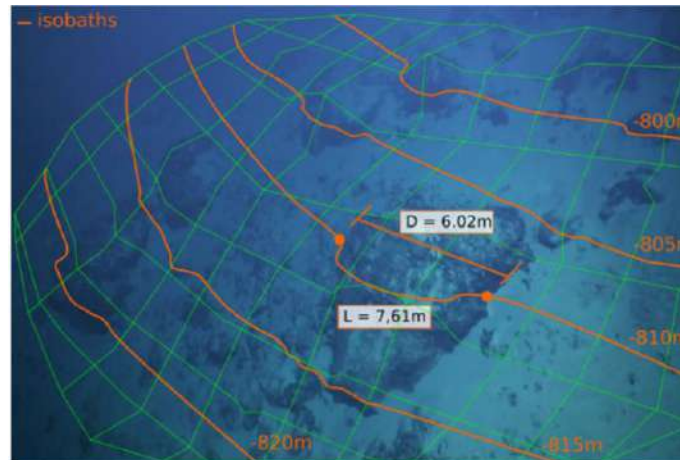
Mesures peu précises

Points difficiles à trouver



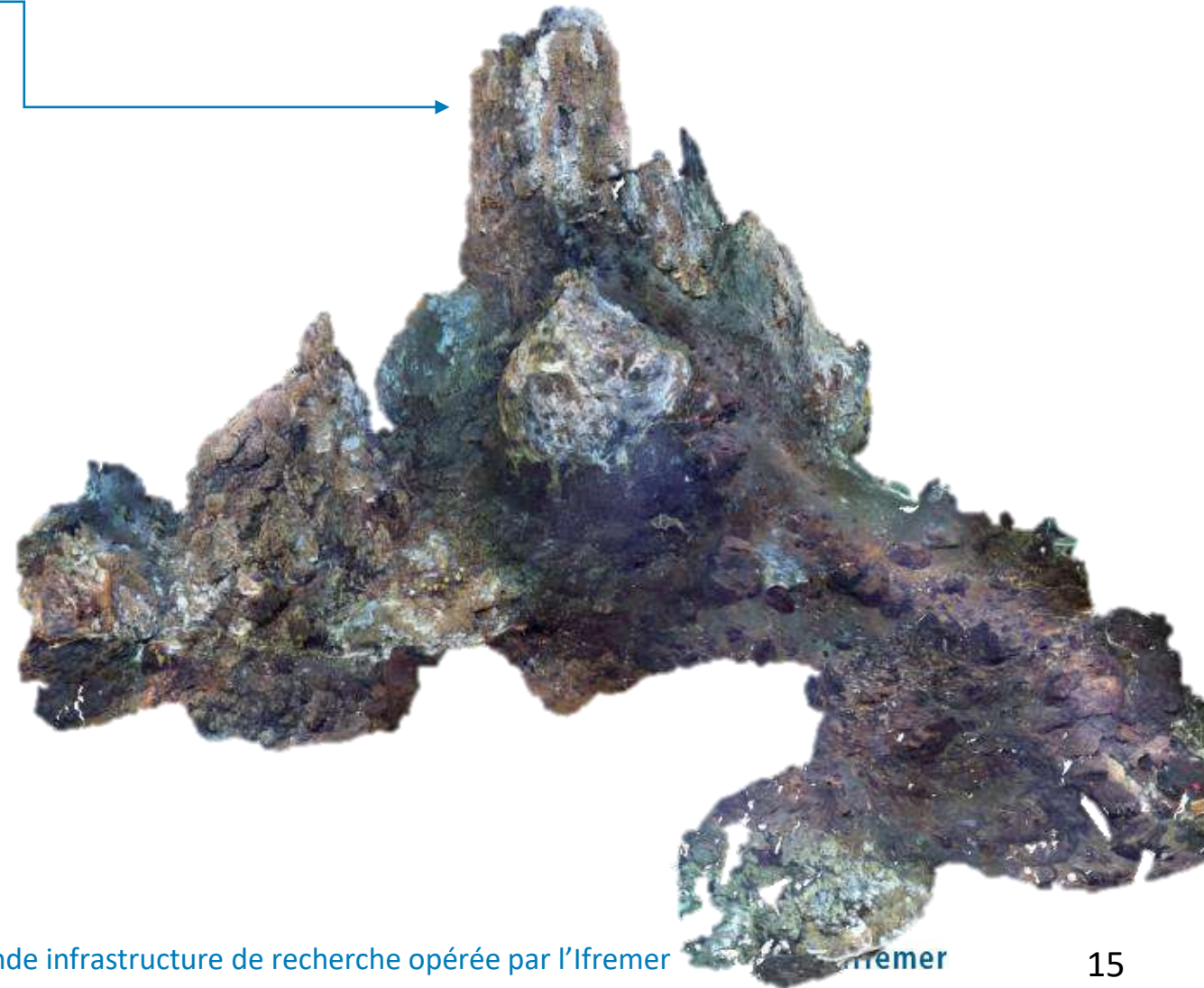
Meilleure perception du véhicule et de son environnement

- En utilisant la camera stereo, on peut presenter une vue immersive aux opérateurs et utilisateurs
- Réalité augmentée:
 - Présenter de l'information en surimpression de la video 2D
 - Exemples
 - Isobaths de topographie
 - Information d'atteignabilité du bras
 - Informations de navigation



Comment améliorer la représentation et la mesure ?

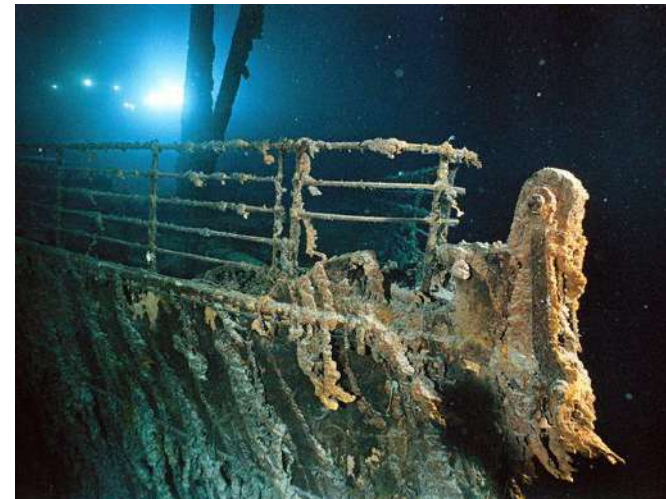
- La donnée d'imagerie optique (vidéo ou photo) peut être traitée pour obtenir une vue globale métrique :
- Mosaïque 2D
- Reconstruction 3D
- En campagne ou après la mission



Prétraitement des images avant utilisation

Contraintes liées à la propagation de la lumière sous l'eau

- Les images sous-marines sont fortement dégradées :
- Eclairage non uniforme,
- Visibilité limitée,
- Faible contraste,
- Couleurs modifiées dues à l'atténuation
- Diffusion de la lumière
 - Effet de flou
- Rétrodiffusion de la lumière
 - Voile et effet bleuté
- Particules en suspension

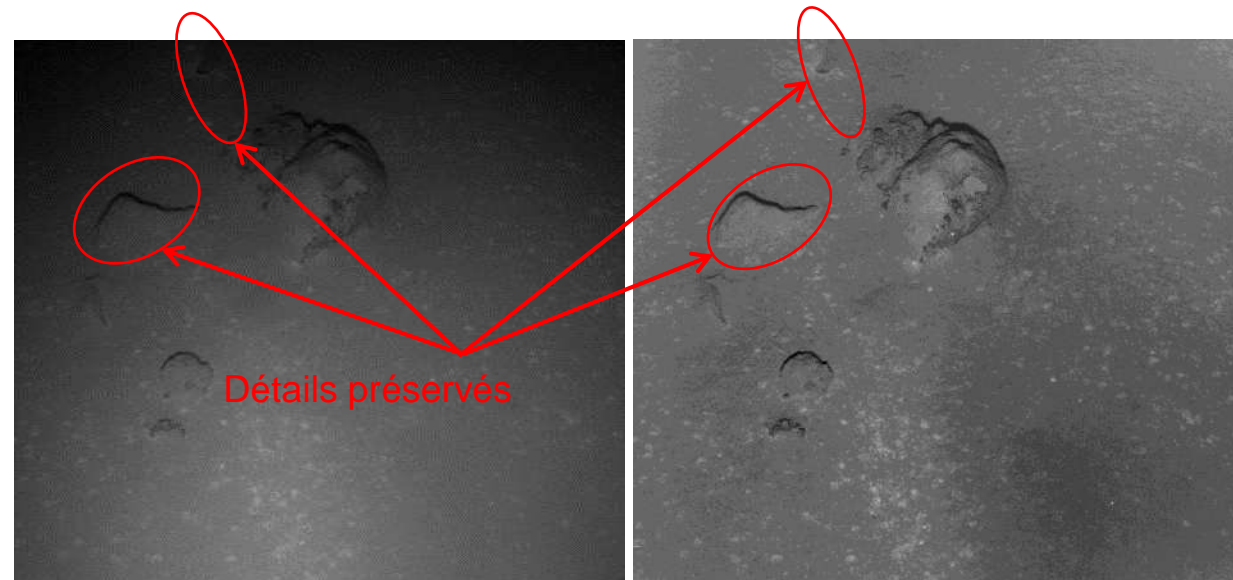


Nécessité de corriger / compenser les défauts d'illumination et la rétrodiffusion

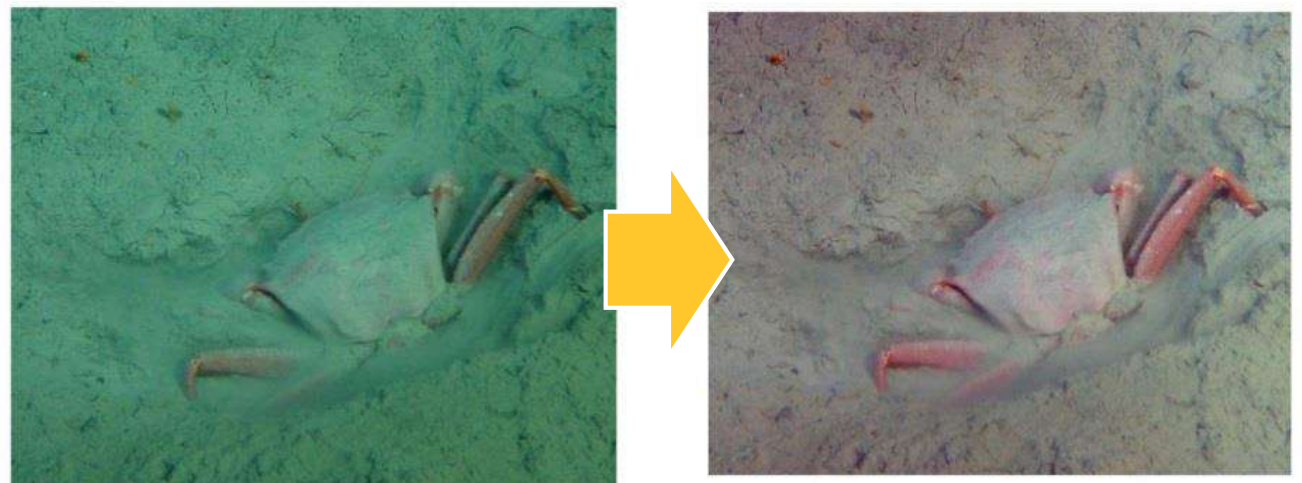
Prétraitement des images avant utilisation:

Correction illumination et couleur

- Correction d'illumination :



- Correction de couleur :



Reconstruction 2D/3D globale de scène : Pourquoi ?

- De près : bonne qualité mais aucune vision d'ensemble
- De loin : vision d'ensemble mais faible visibilité et peu de détails

Image de près 1 à 2m



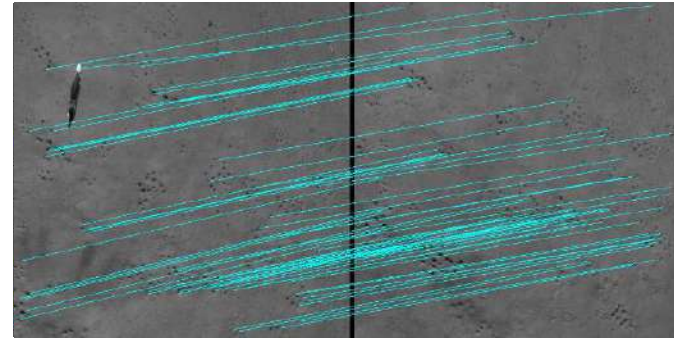
Image de loin 6 à 7 m



- Solution : Réaliser un grand nombre de prises de vue de près et reconstruire la scène (2D/3D)
- Intérêts :
 - Vue globale de la scène
 - Résolution identique à la vue de près sur l'ensemble de la scène
 - Scène métrique avec tout élément mesurable

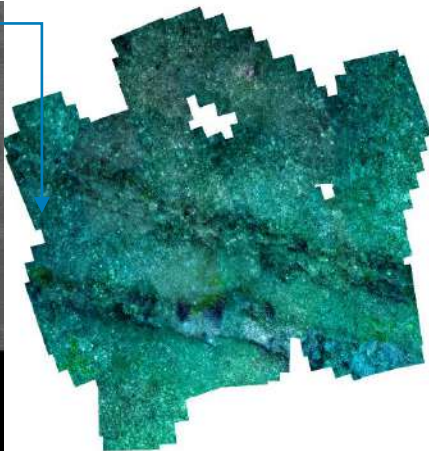
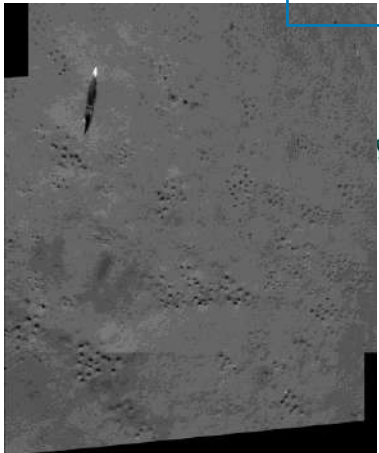
Reconstruction 2D/3D globale de scène : comment ?

- 1ère étape :
Appariement de points entre images
recouvrantes :

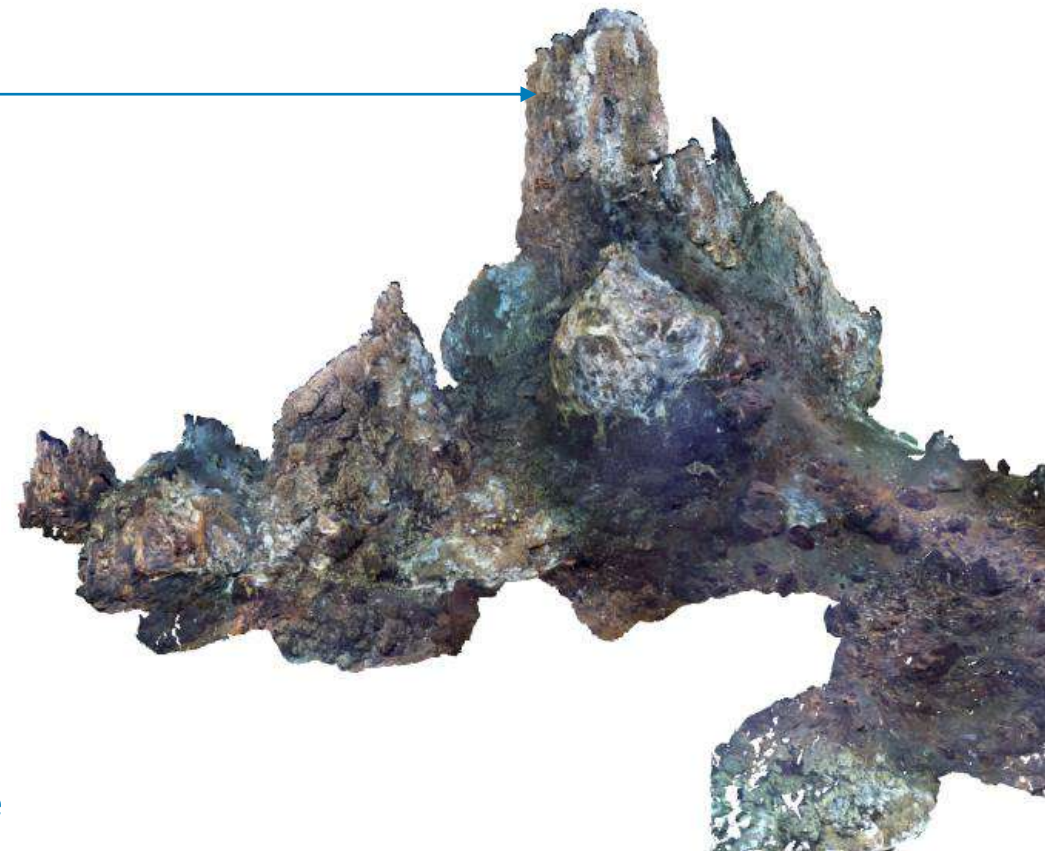


- 2ème étape : Modélisation et résolution du problème

- En 2D (mosaïking/cartographie vue de dessus)
- En 3D (reconstruction 3D métrique)
- Peut être fait durant la mission

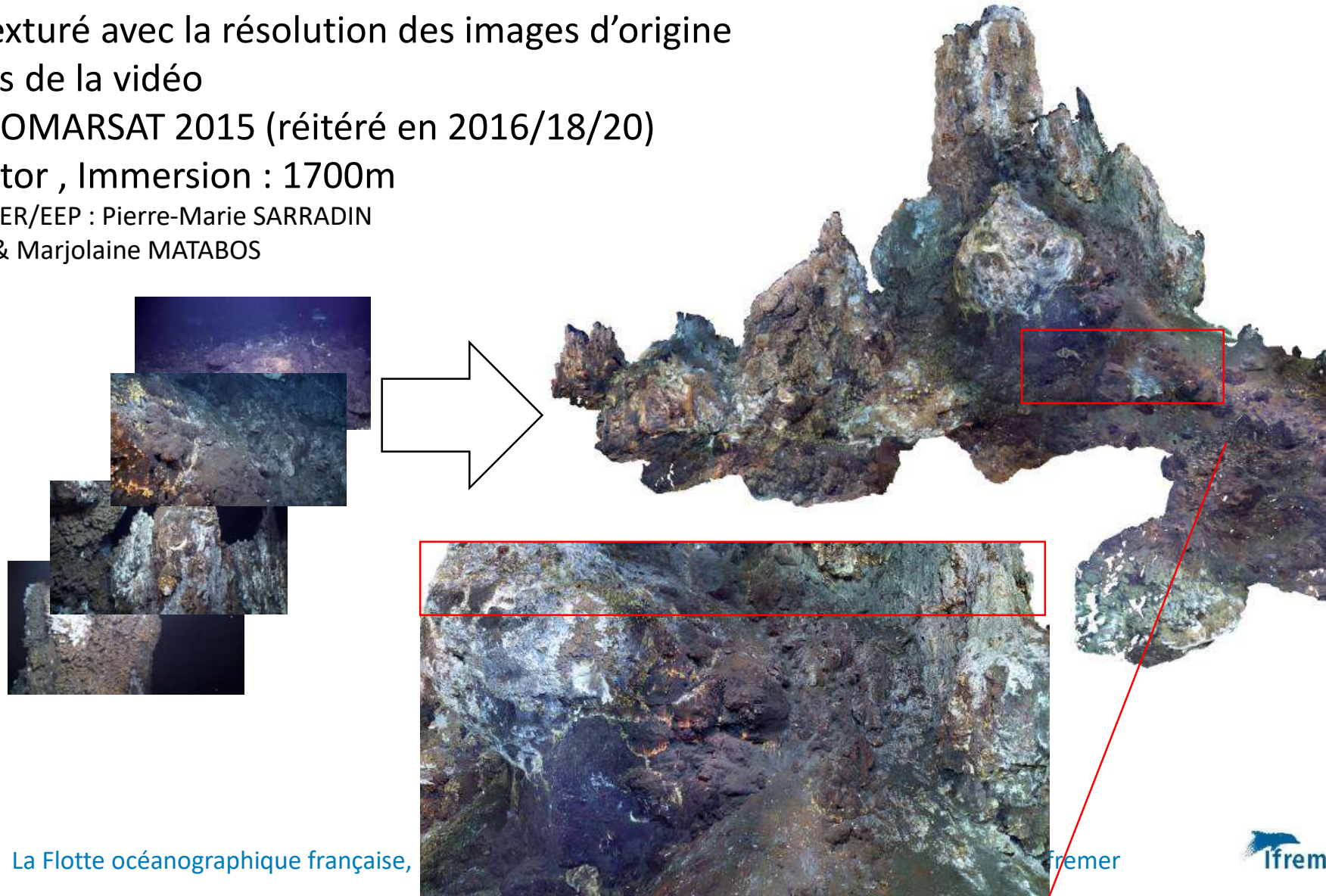


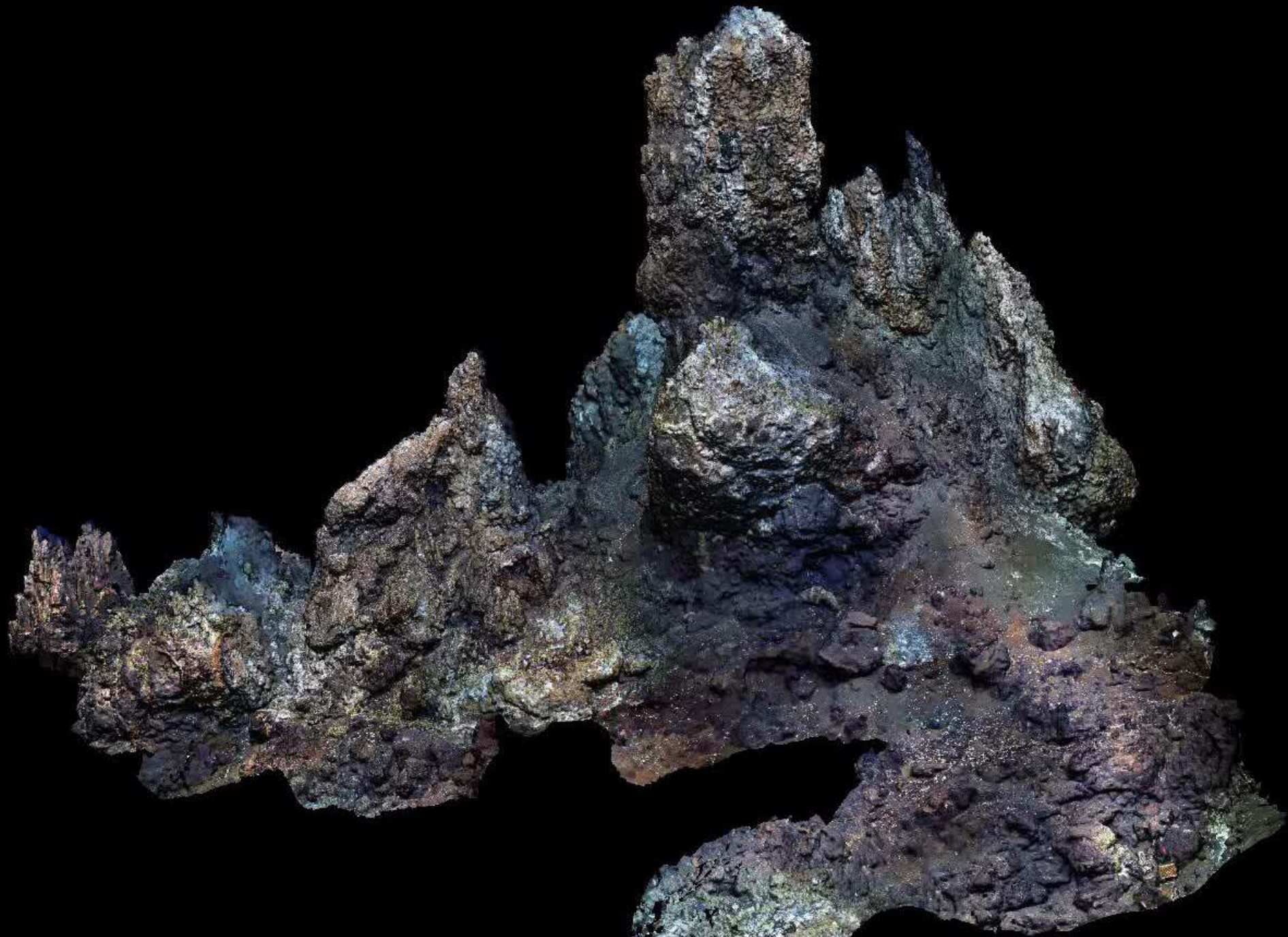
- Temps traitement 3D:
 - 70 images HD ~20min
 - 5000 images HD ~1 sem
- Contraintes:
 - Fort recouvrement (~70%)
 - Taille moyenne 100mx100m



Exemple d'application scientifique : Source hydrothermale

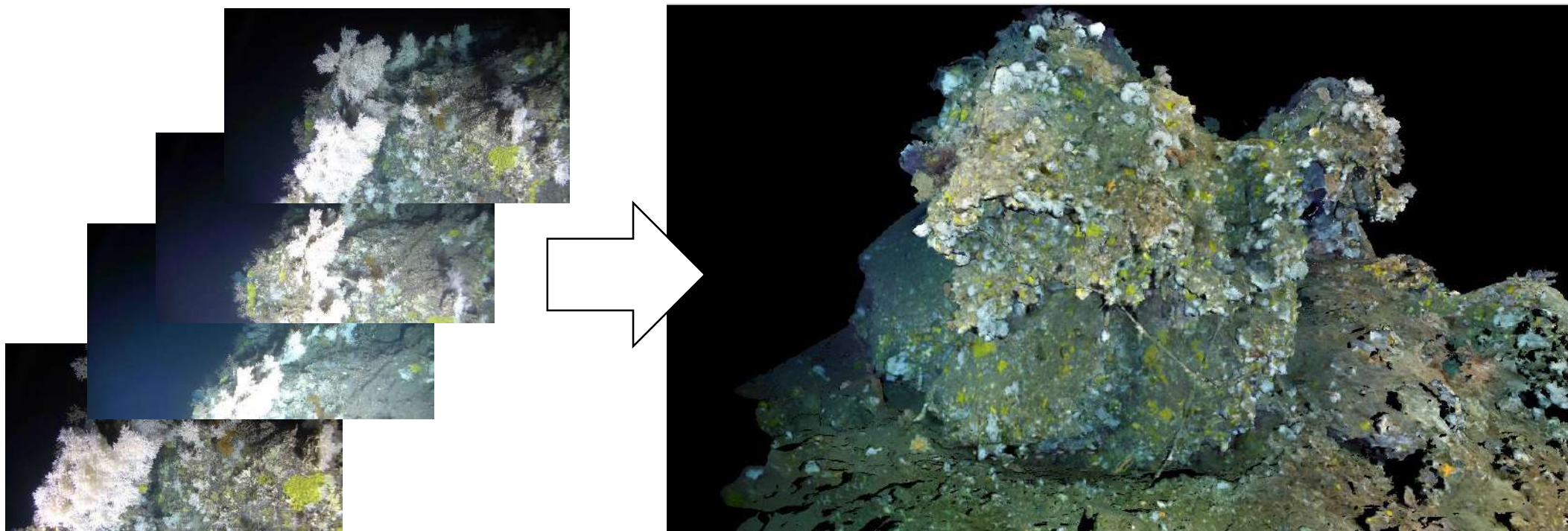
- Modèle 3D texturé avec la résolution des images d'origine
- 4600 extraites de la vidéo
- Campagne MOMARSAT 2015 (réitéré en 2016/18/20)
- Vehicule : Victor , Immersion : 1700m
- Collab. avec IFREMER/EEP : Pierre-Marie SARRADIN & Marjolaine MATABOS



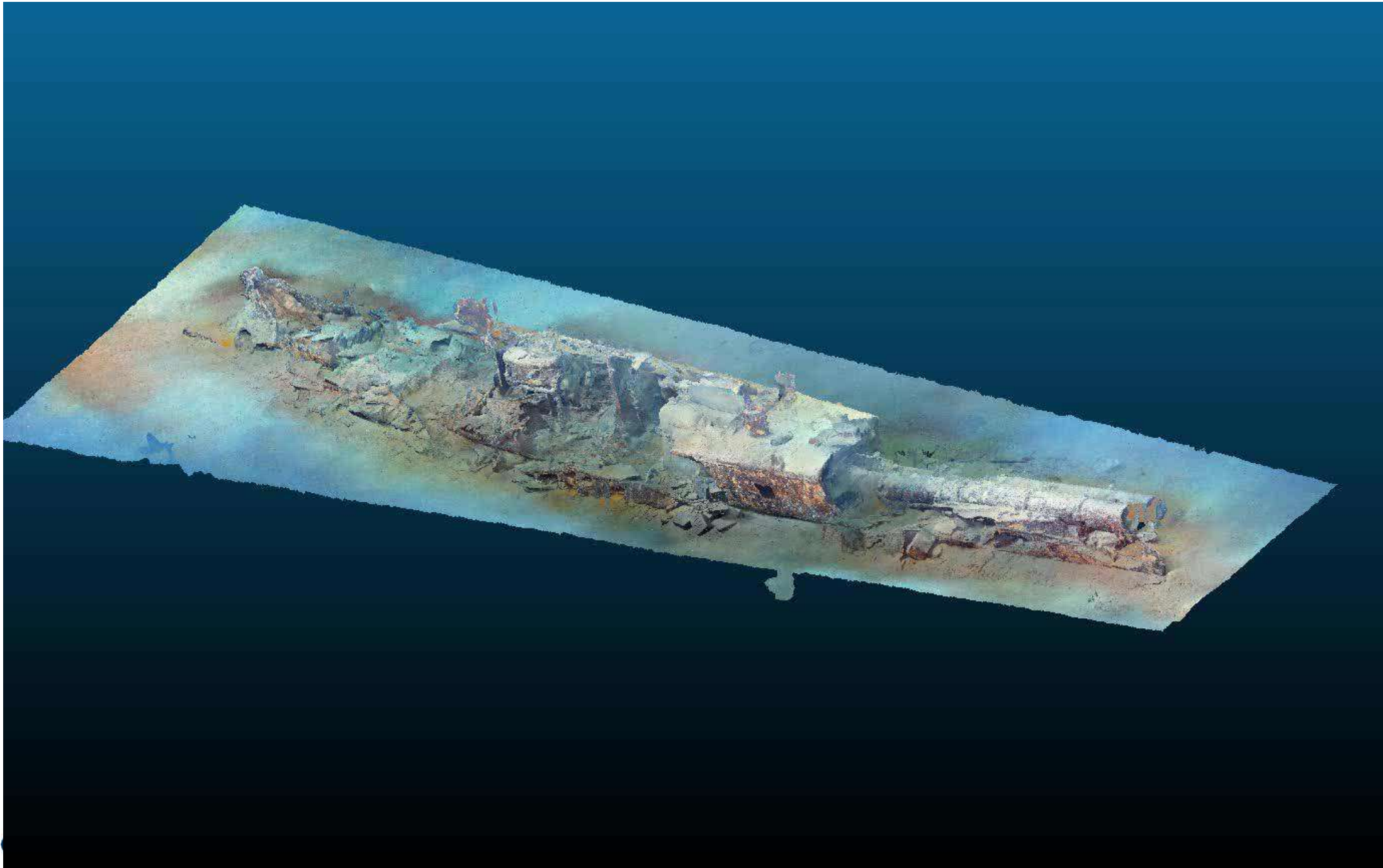


Exemple d'application scientifique : Coraux d'eau froide de méditerrané

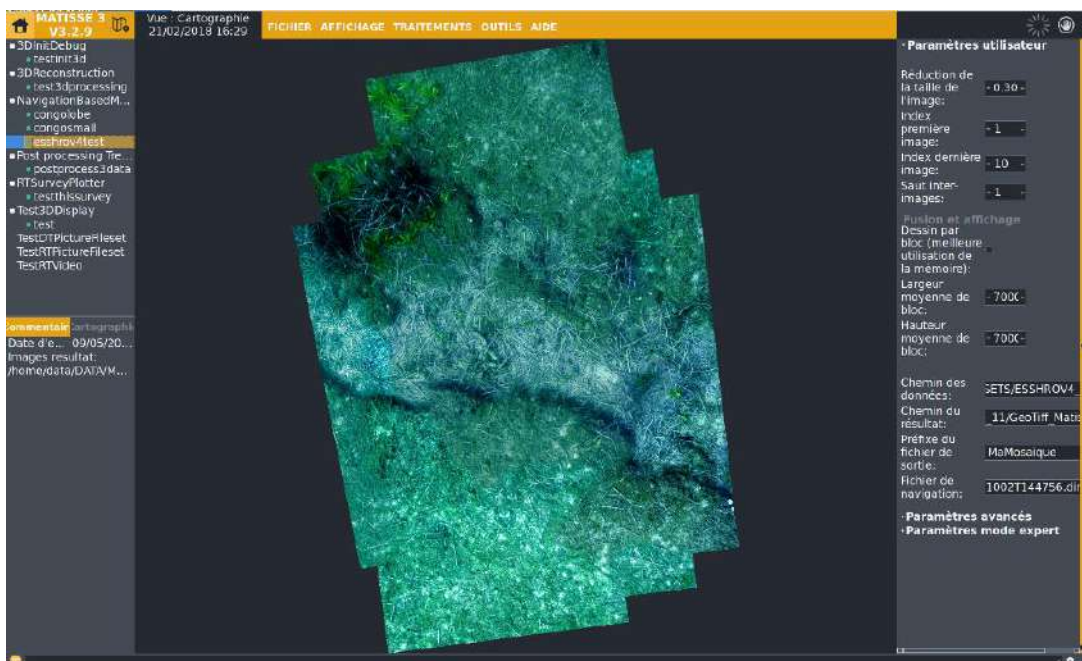
- ~30 reconstruction 3D, basée sur la vidéo et la photo
- Campagne VideoCor
- Vehicule : HROV , Immersion : 200m à 500m
- Collaboration IFREMER/LER-PAC : Marie-Claire Fabri







Outils utilisateur pour le traitement et l'analyse

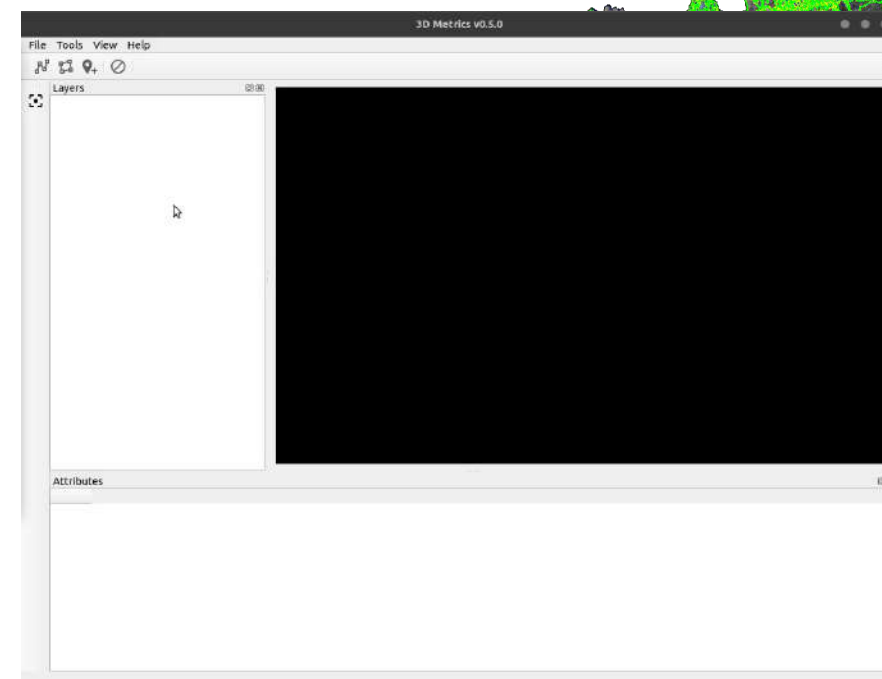


MATISSE 3D :

- Logiciel utilisateur accessible aux non-experts
- Pré-traitement couleur et illumination
- Mapping 2D & 3D



Open source <https://github.com/IfremerUnderwater>

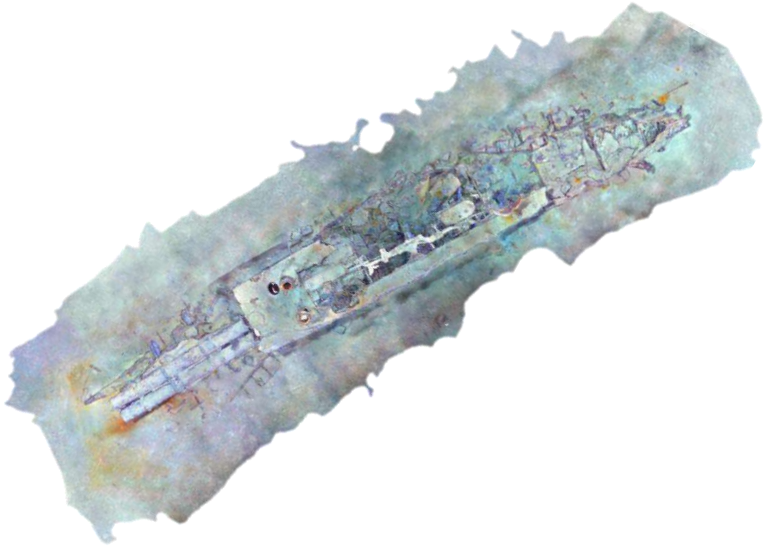


3D Metrics:

- Equivalent d'un GIS mais 3D
- Permet une analyse scientifique et statistique de la reconstruction
- Mesures de distances, surfaces, pentes, annotations, poi ...
- Export vers GIS classique (ArcGIS/QGIS)

OpenSource underwater optical data for research

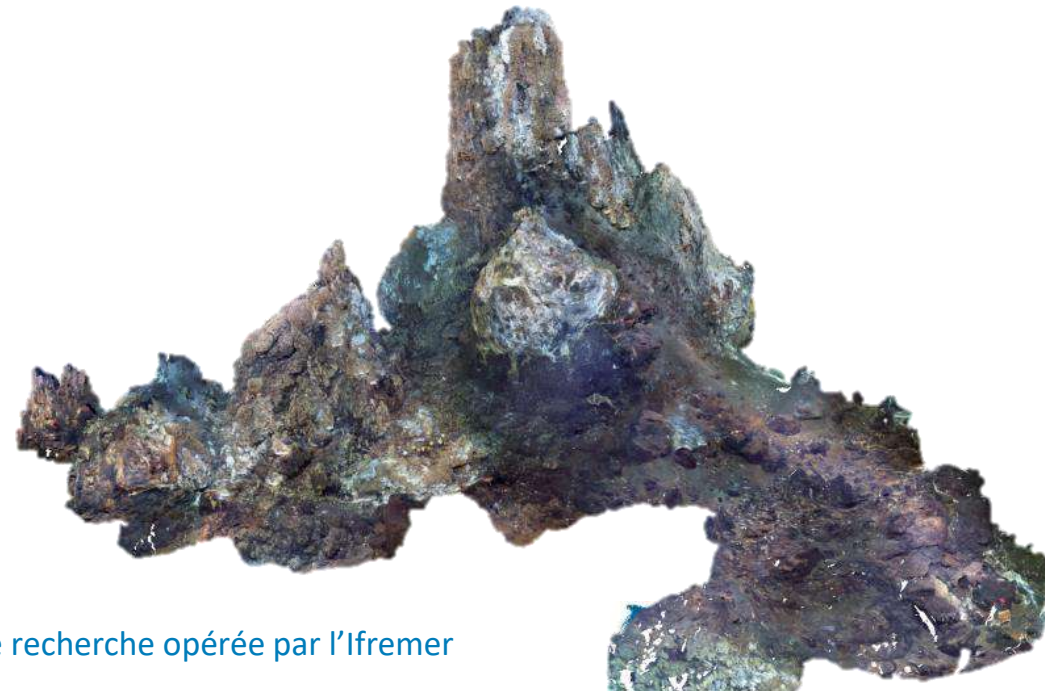
Ship wreck: <https://doi.org/10.17882/79028>



Fault scarp: <https://doi.org/10.17882/79217>

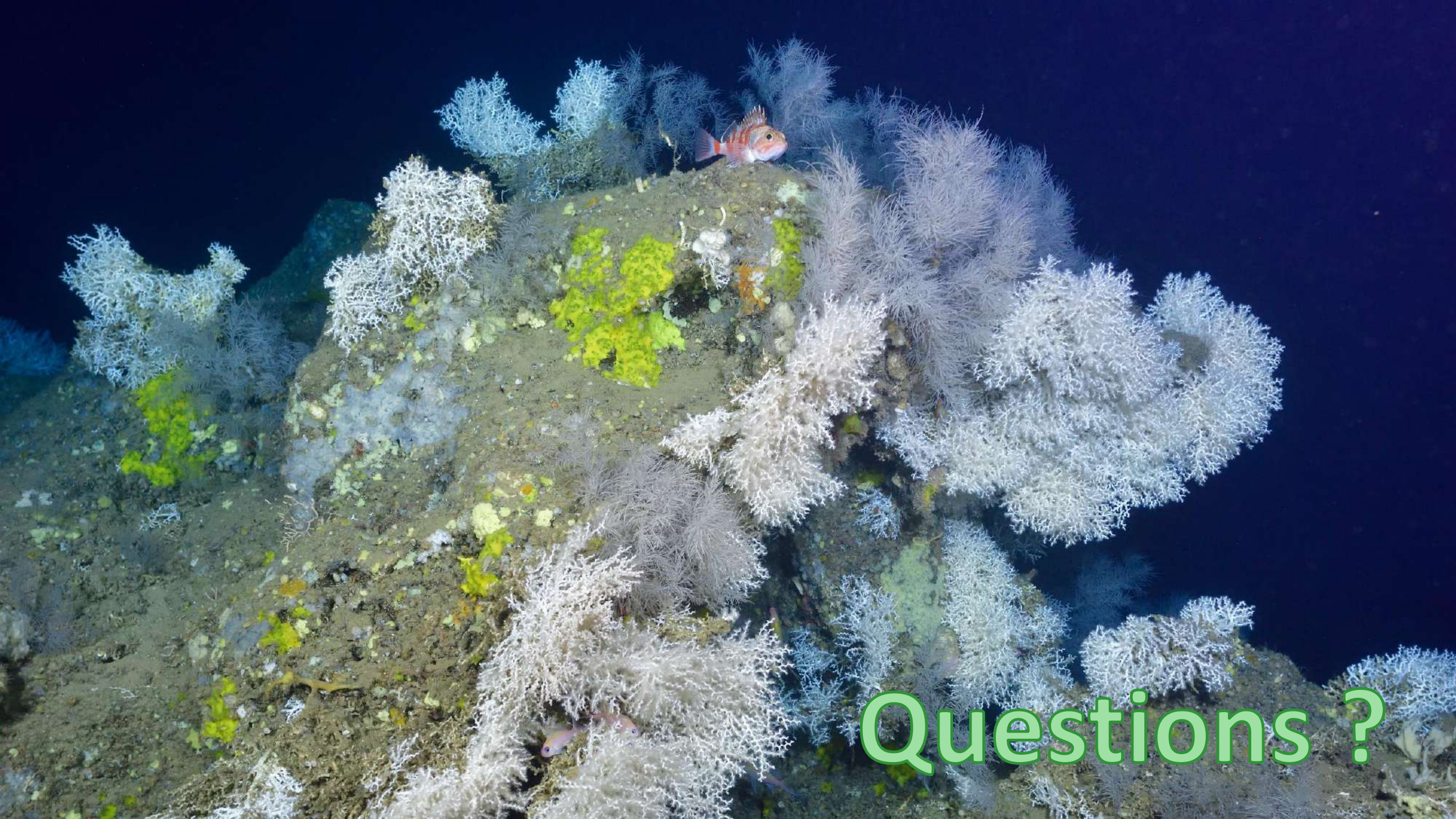


Hydrothermal vent: <https://doi.org/10.17882/79218>



Litter dump: <https://doi.org/10.17882/79024>





Questions ?