Les fonds marins accessibles à tous avec la restitution tridimensionnelle haute résolution

MERIGEO

De la côte à l'océan: l'information géographique en mouvement

Brest 24-26 novembre 2015

B. CHEMISKY

COMEX SA Marine Operations Department - 36 bd des océans CS80143 13275 MARSEILLE CEDEX 9 - France - PHONE : +33 (0)4.91.29.75.00 - FAX : +33 (0)4.91.29.75.07
email : comexsa@comex.fr - web : www.comex.fr

Contexte

Projet ROV3D (10ème APP FUI) -> ORUS 3D 2010 - 2014

- Outil et solution de relevé sous-marin à très haute résolution
- Système basé sur un capteur optique trifocal et sur le traitement photogrammétrique
- Module embarqué sur un engin sous-marin télé-opéré - Traitements automatisés – résultats temps réel
- Production de modèles 3D pour la reconstitution de structure complexes (parois verticales – surplombs – grottes…)
- Outils de gestion et de suivi temporel de structures immergées, étude des aménagements côtiers et offshores, surveillance du patrimoine naturel et culturel sous-marin

Contexte

Projet Grotte-3D & MEDSEACAN-3D / Cassidaigne 2014-2015

Convention particulière de partenariat

- Agence des Aires Marines Protégées
- Parc National des Calanques
- COMEX SA
- CNRS & Aix Marseille Université pour le compte de l'IMBE (Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie)
- Groupement d'Intérêt Scientifique Posidonie (GIS Posidonie)

Poster « Application d'un modèle 3D pour la biologie marine dans le canyon de Cassidaigne

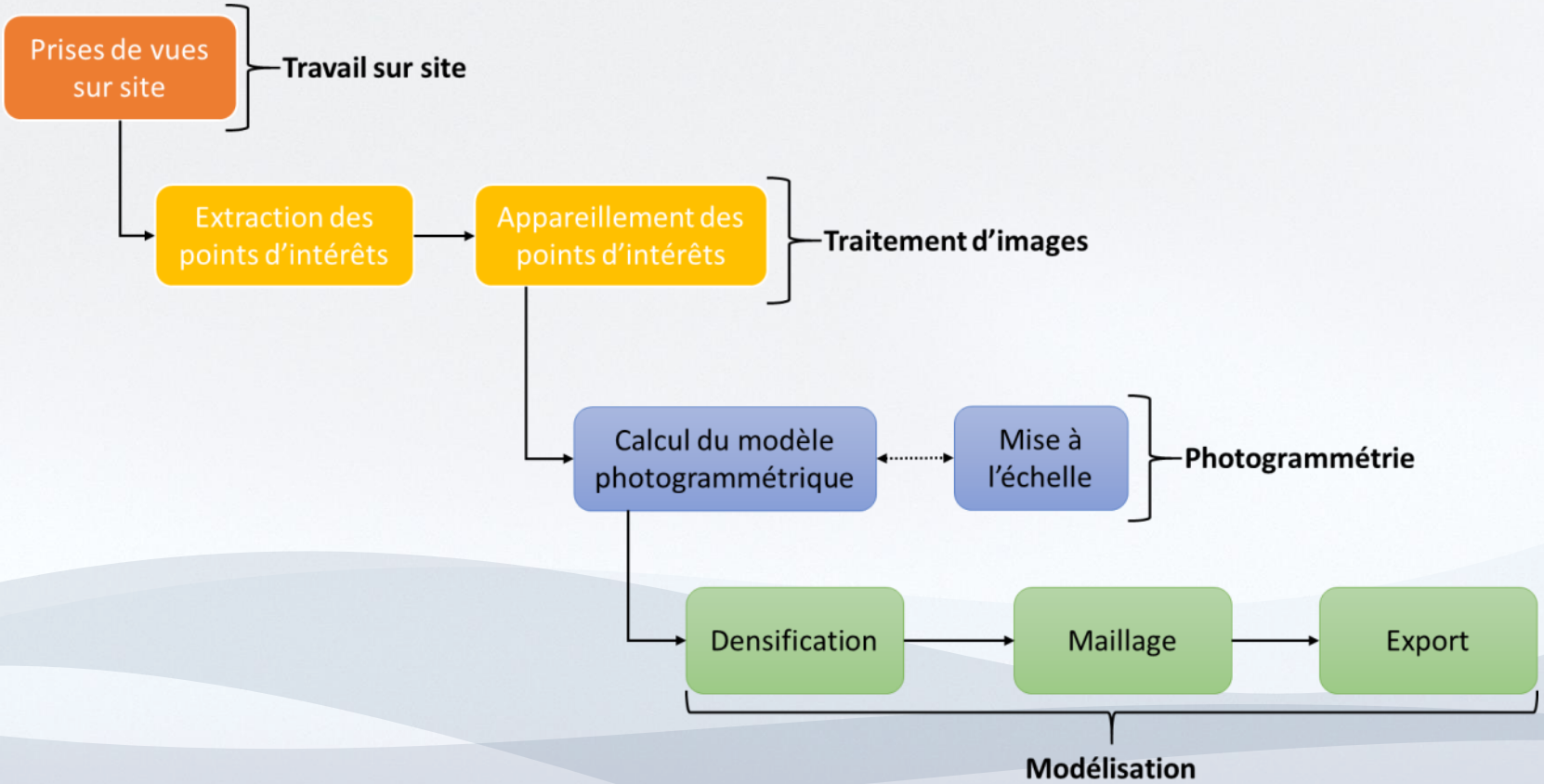
A. GOUJARD

Principe du relevé

- Prises d'images sous différents angles d'un sujet pour en extraire des points 3D avec une information colorimétrique issue des clichés.
- Un modèle avec ajout de texture peut ensuite être généré
- Prises d'images en plongée autonome dans des profondeurs allant jusqu'à 30m
- Système de prise de vues plus élaboré, embarqué sur engin téléopéré, muni d'une capacité de traitement embarqué pour obtenir des informations de couverture et qualité durant le relevé

  -> nécessité de garantir l'intégrité et la qualité des données sur site / coût des opérations

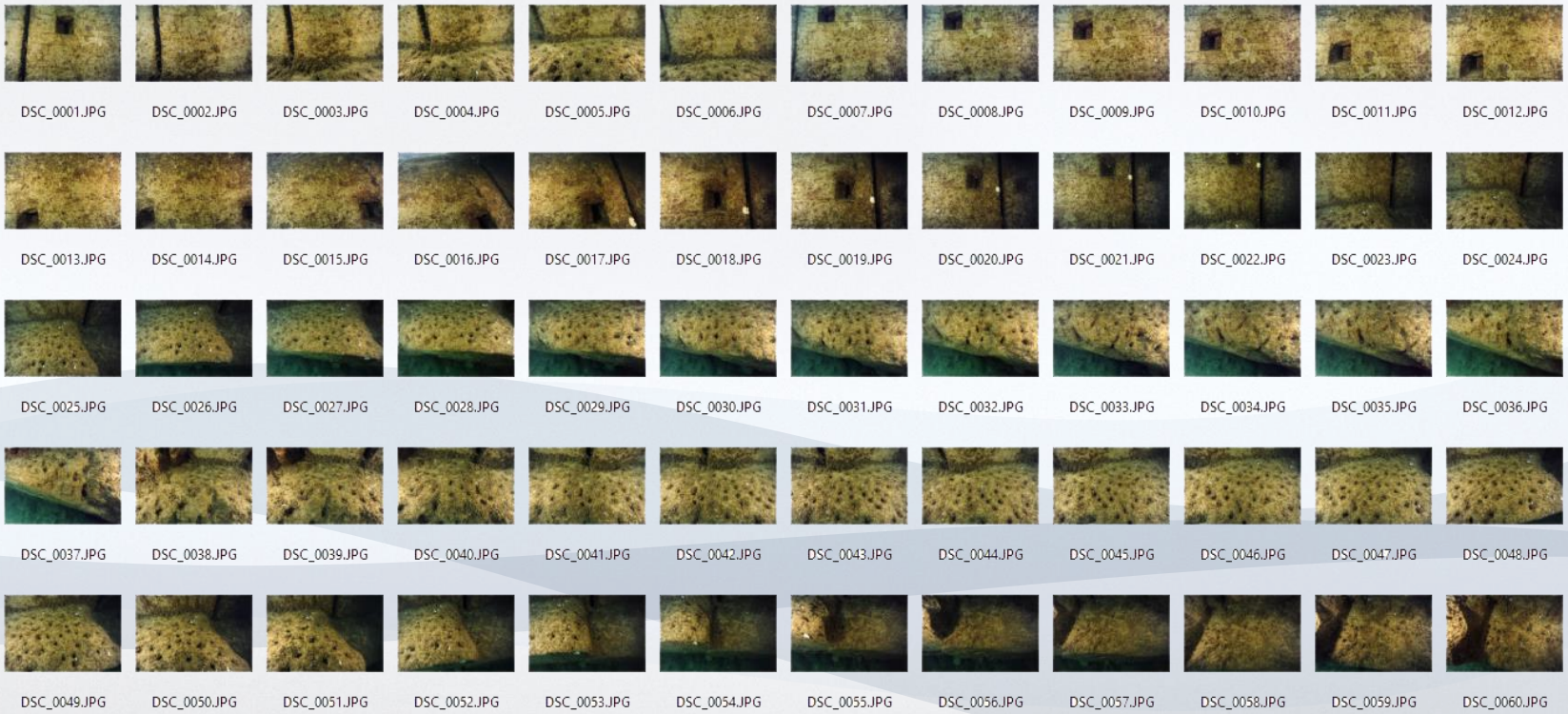
Principe du relevé



Réalisation des prises de vues

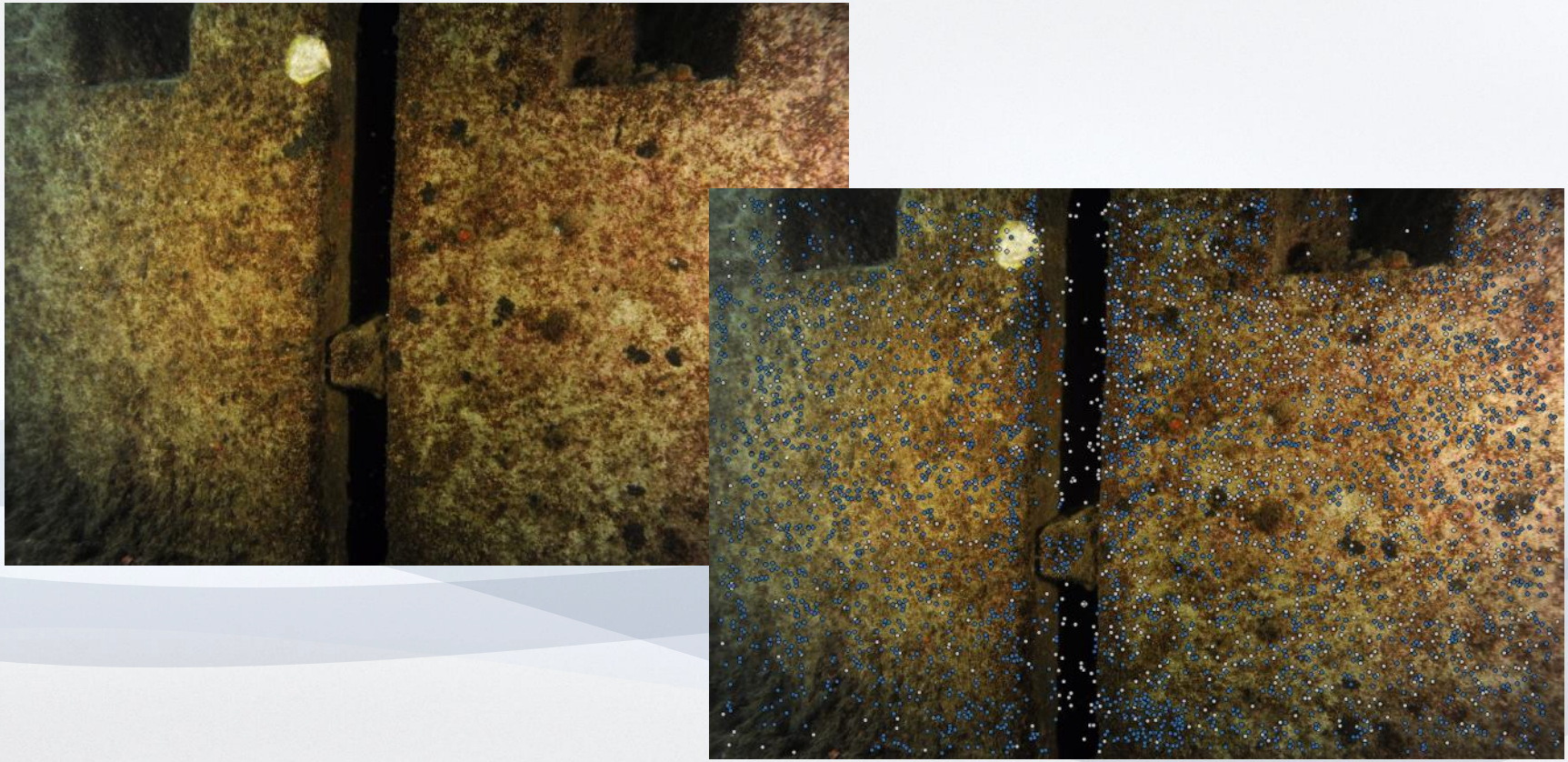
Pas de contraintes particulières sur l'appareil / caméra

Nécessité de recouvrement entre les images (60% minimum)

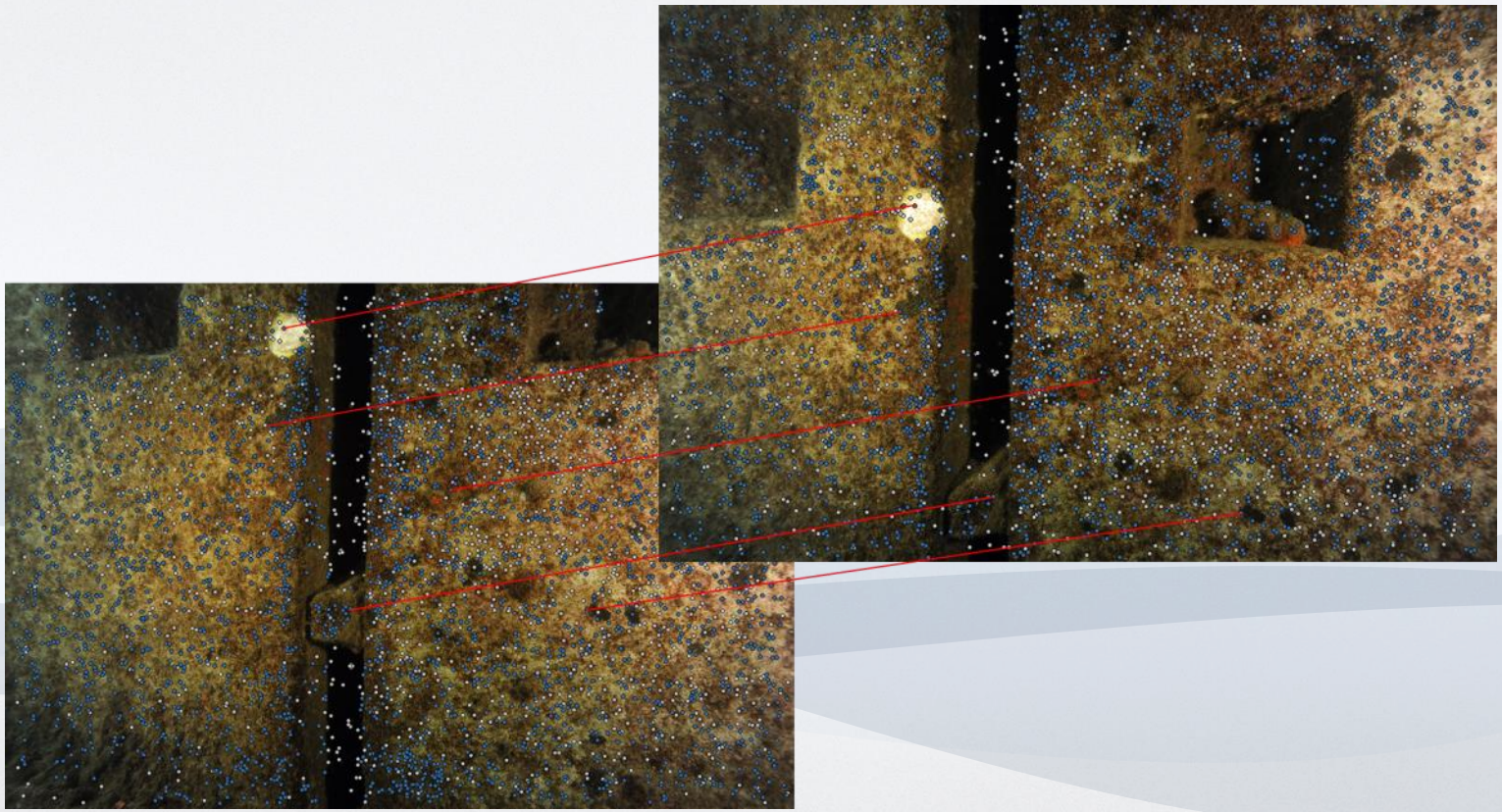


Extraction des points d'intérêt (features) sur chaque image

Algorithmes adaptés (SIFT, SURF, FAAST, Harris,…)



Appareillement des points d'intérêts pour chaque couple d'images (matching)

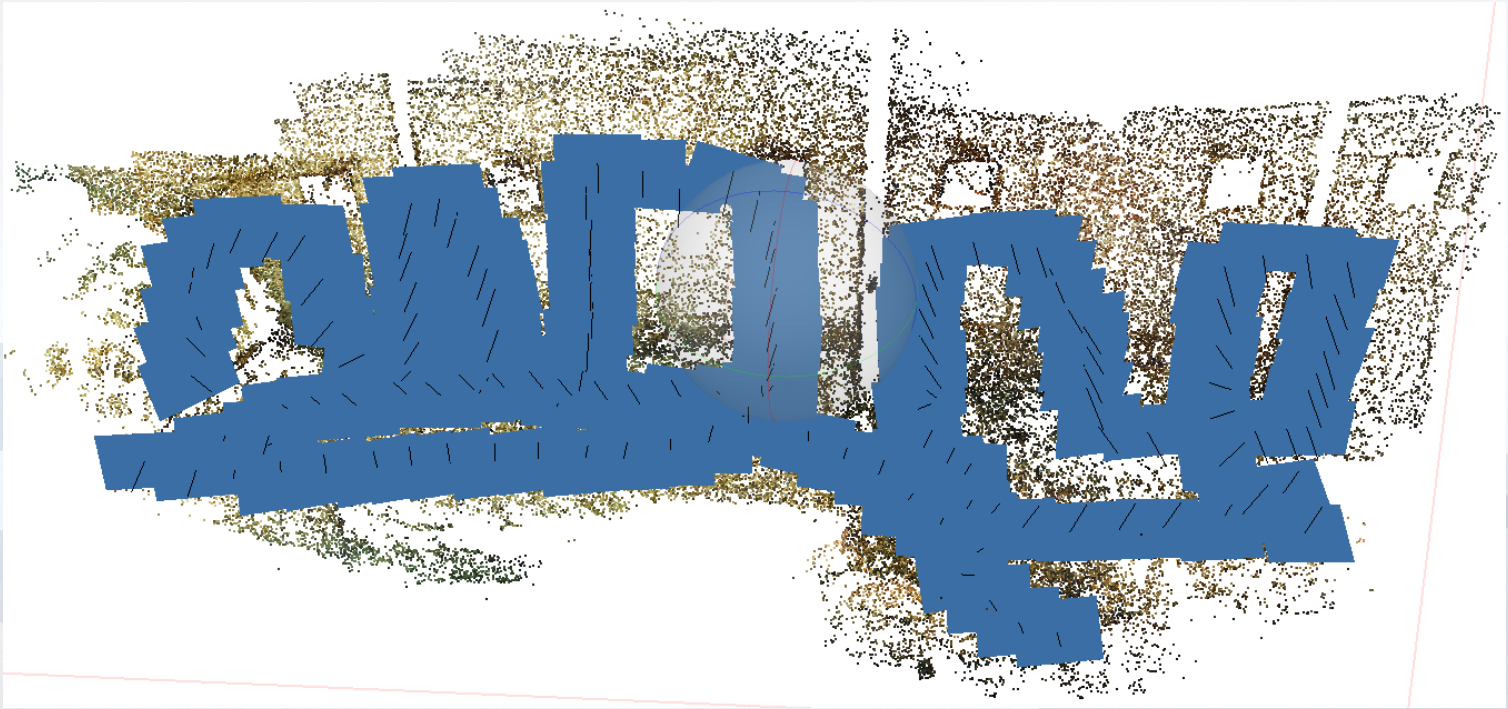


Création du modèle photogrammétrique

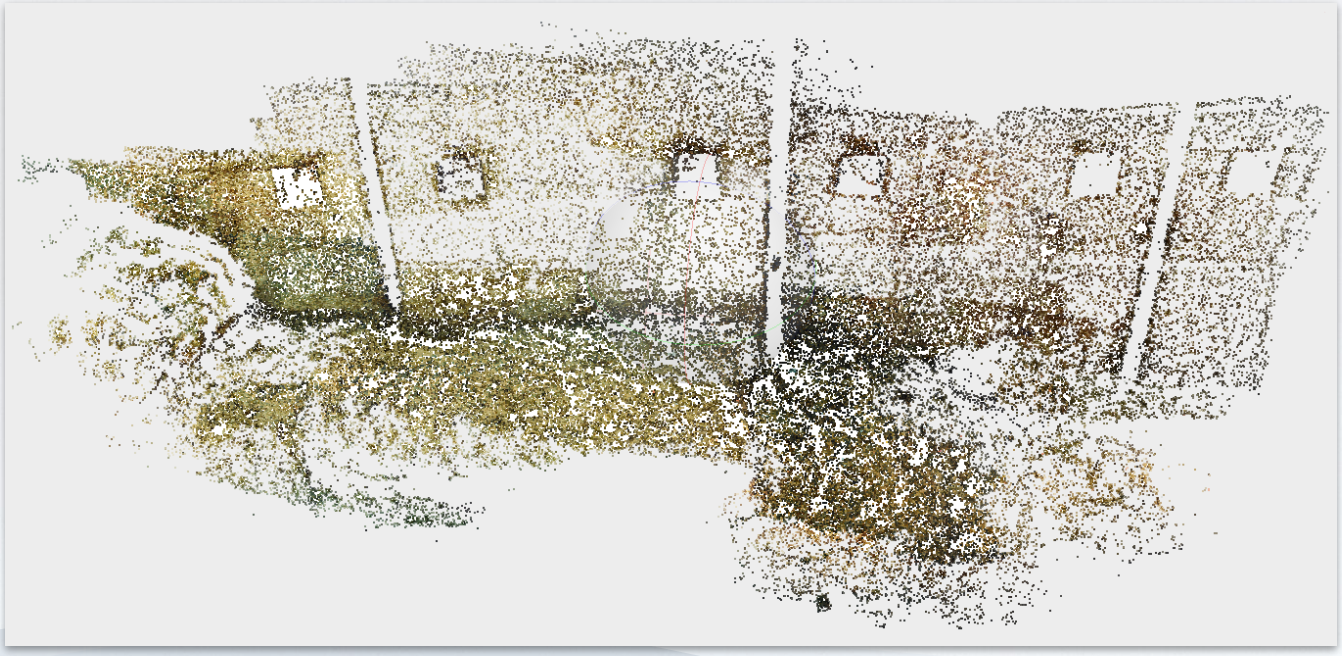
Triangulation des points d'intérêts

Détermination des paramètres des caméras

- Intrinsèques (focale, distorsion,…)
- Extrinsèques (position des images dans l'espace)



Création du modèle photogrammétrique



Mise à l'échelle / géoréférencement

- Par mesure sur site (règles, objets connus)
- Par distance entre deux images (couples stéréos) - calibration
- Par points de calage ou informations de positionnement associées aux images

Densification du modèle photogrammétrique

- Recherche d'un point dans l'espace pour chaque pixel d'une image
- Génération de millions de points

Génération d'un maillage à partir du nuage de points dense

- Peut être exporté vers des outils dédiés
- Peut être réalisé à plusieurs niveaux de précision

Objectifs

- Archive de paysages
- Représentation tridimensionnelle d'un site d'intérêt particulier, pérenne dans le temps
- Référence d'étude pour une meilleure compréhension des fonctionnements écologiques.
- Vue d'ensemble des sites - géomorphologie, orientation… (ex pic rocheux de Cassidaigne)

  Visualisation globale impossible en plongée et encore moins au travers d'une caméra (champ de vision restreint, visibilité…)
- Communication – vulgarisation – sensibilisation, Accès visuel au plus grand nombre de sites d'intérêt majeur, difficiles d'accès

Sites d'études présentés

Sites complexes et difficiles d'accès justifiant de l'emploi de ces méthodes de relevé.

- Banc de l'Esquine – plateau rocheux à 80m de profondeur
- Canyon de Cassidaigne – pic rocheux par 200m de profondeur de morphologie complexe
- Grottes sous-marines:
  - Boulegeade (-25m)
  - Jarre (-20m)
  - 3PP (-25 à -30m)

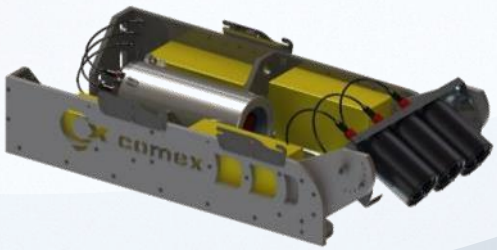
  Les relevés dans les grottes ont été effectués en plongée autonome à l'aide de matériel photographique conventionnel

  Partenariat avec Septentrion Environnement

Méthodologie

Pour les sites profonds: Banc de l'Esquine & Canyon Cassidaigne

Engin téléopéré APACHE 2500 équipé du module ORUS^{3D}

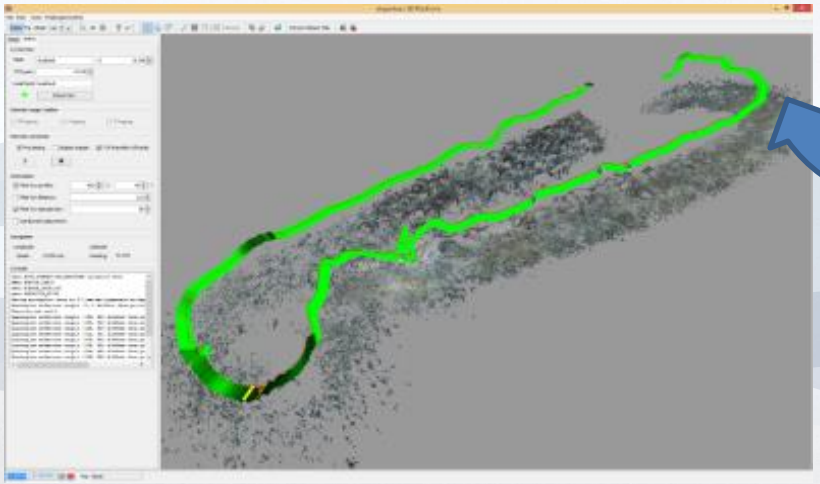


Le système ORUS^{3D} a été conçu pour des profondeurs pouvant atteindre 1000m

Méthodologie

Visualisation du site au travers du poste de contrôle

Evolution de l'engin sur le fond, faible champ de vision (caméras)



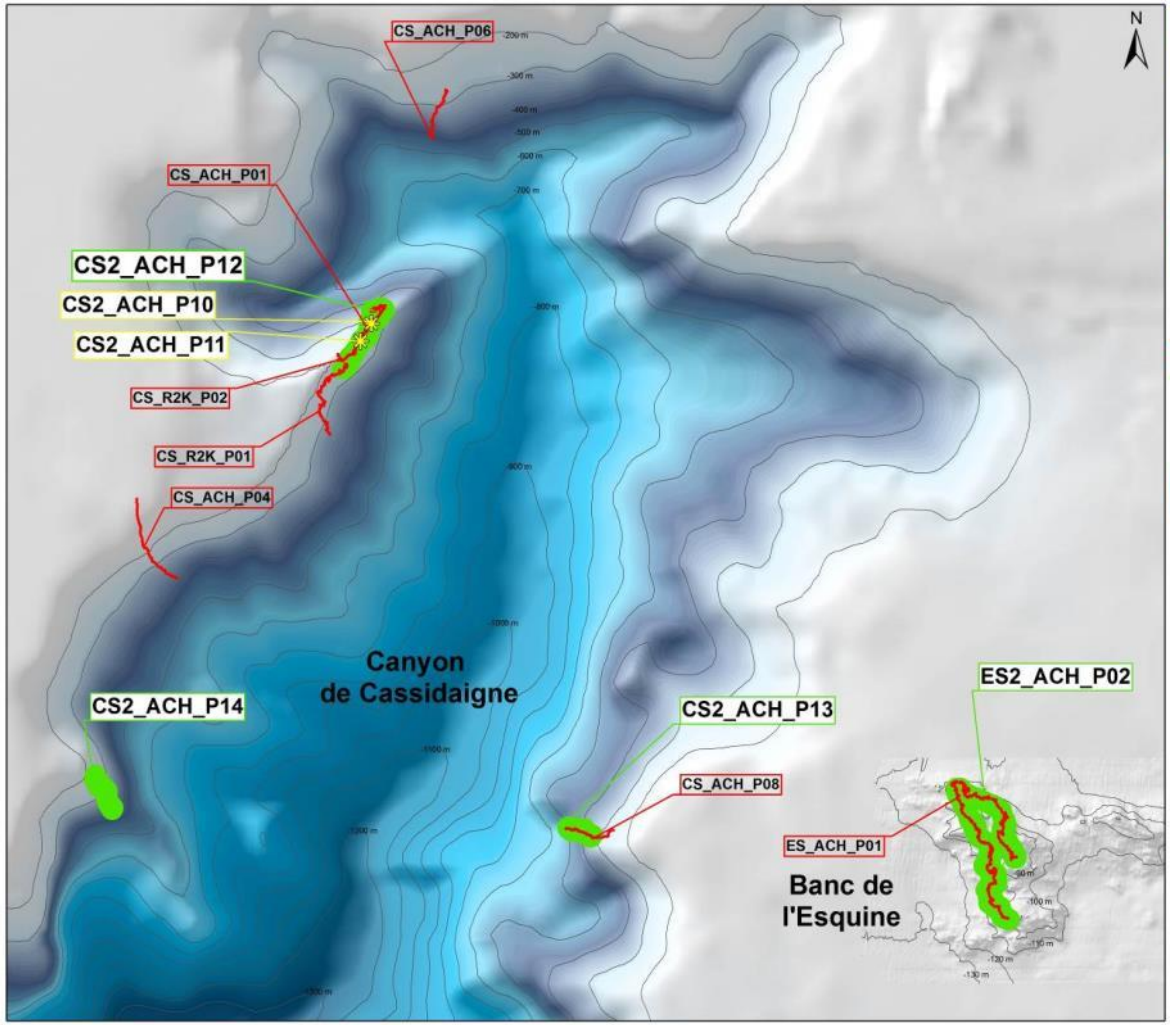
Odométrie en temps réel – évaluation de la couverture et qualité des données

Sites profonds

CANYON DE CASSIDAIGNE ET BANC DE L'ESQUINE

Suivi temporel 2009-2014 et prélèvements

EDITEE LE : 01/12/2014



Légende

- Parcours plongées de 2009
- Parcours plongées de 2014
- Plongées prélèvement de 2014

Modèle Numérique de Terrain

0 m
- 950 m
- 2867 m

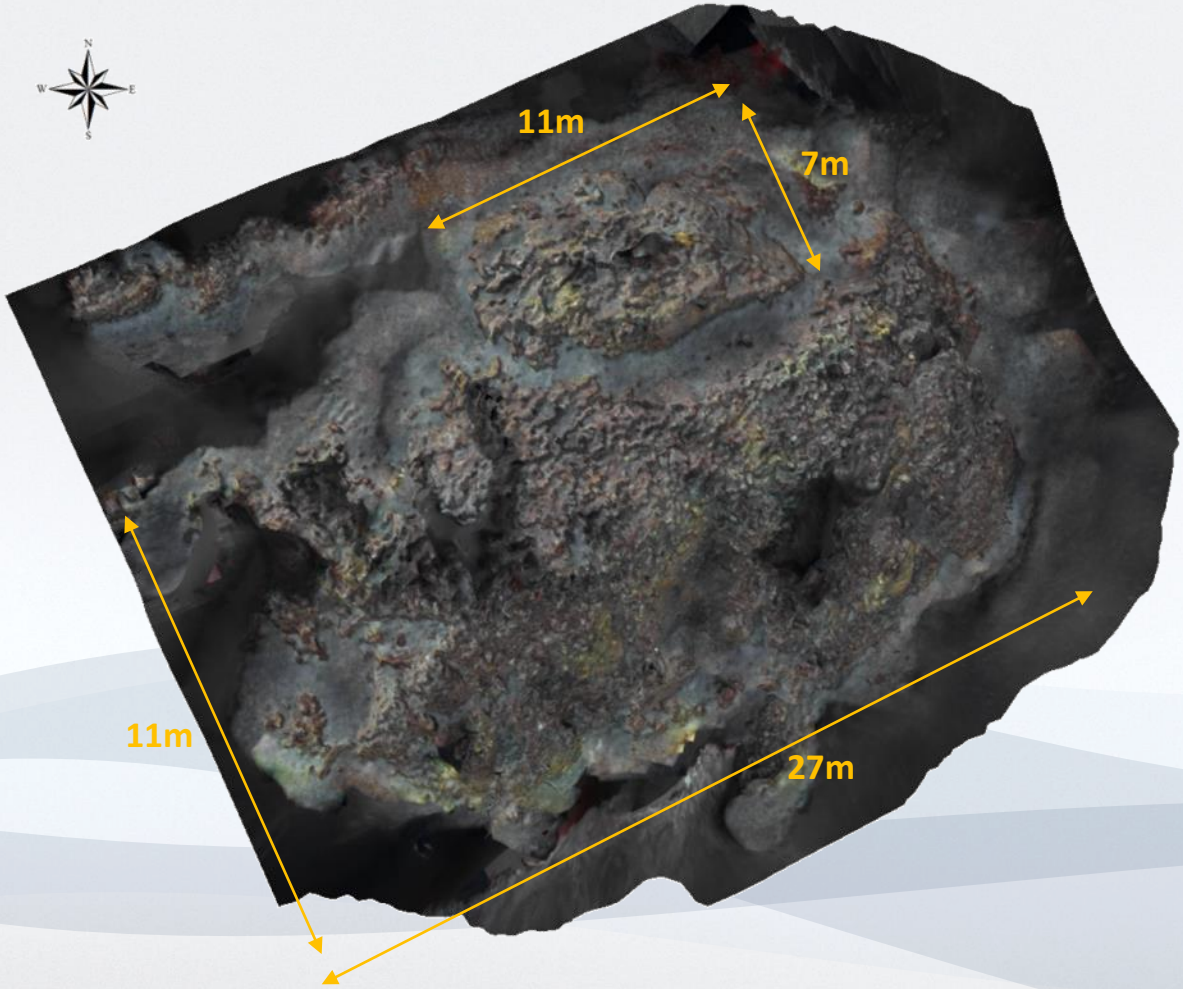
0 1.25 2.5 5
kilomètres

Sources des données :
- Plongées 2010 : Agence des aires marines protégées, COMEX, GIS Posidonie, Equipe scientifique - MEDSEACAN-CORSEACAN 2008-2012. Programme de reconnaissance des têtes de canyons de la Méditerranée française.
- Plongées 2014 : Agence des aires marines protégées, COMEX, GIS Posidonie, IMBE, 2014.
- MNT et isobathes : © Ifremer 2010 - © SHOM 2010. Lemarchand et Jeannee, 2010

Système de coordonnées : GCS WGS 84 - Projection : Mercator

COMEX SA Marine Operations Department - 36 bd des océans CS80143 13275 MARSEILLE CEDEX 9 - France - PHONE : +33 (0)4.91.29.75.00 - FAX : +33 (0)4.91.29.75.07
email : comexsa@comex.fr - web : www.comex.fr

Vue d'ensemble et micro-cartographie



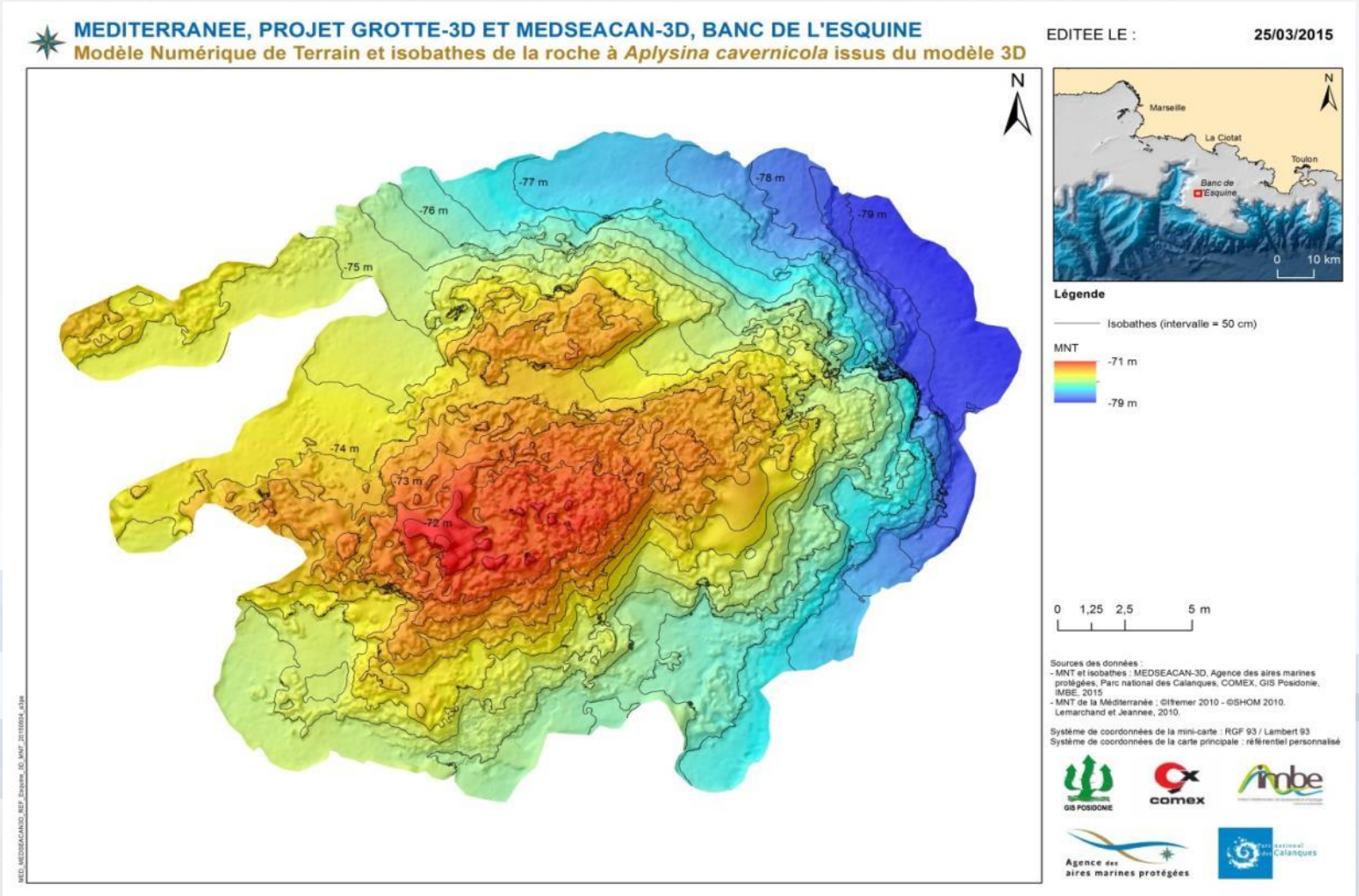
Surface totale de 607 m²

La roche la plus grande mesure 27 m de long sur 11 m de large et couvre une surface de 288 m²

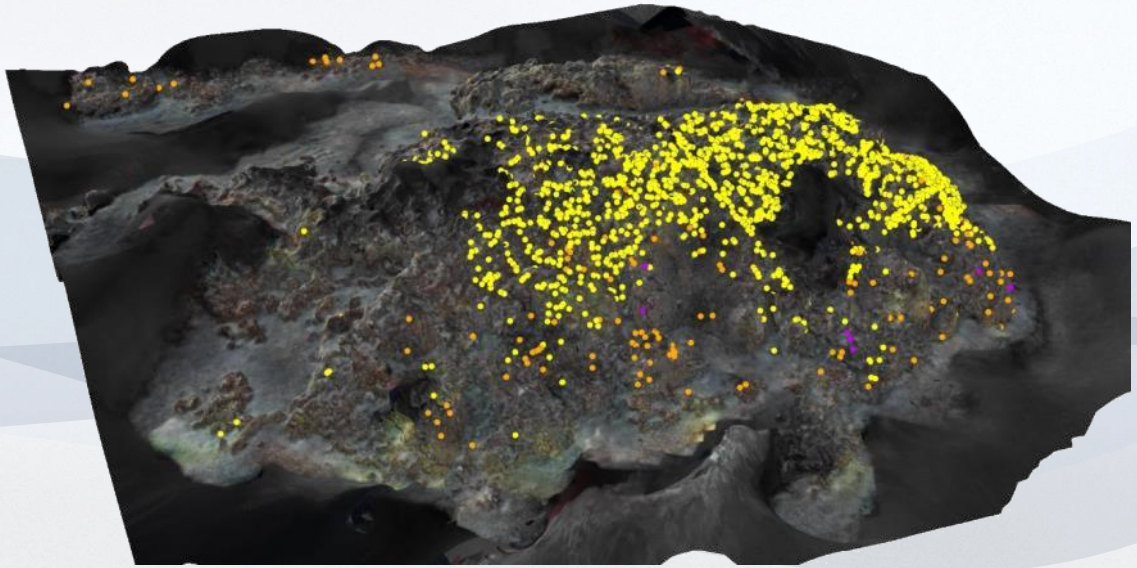
La petite roche située au-delà du sillon sableux mesure 11 m de long sur 7 m de large et couvre une surface de 57 m² en 2D

Le sillon qui sépare les 2 roches mesure 17 m de long et environ 1.4 m de large.

Vue d'ensemble et micro-cartographie



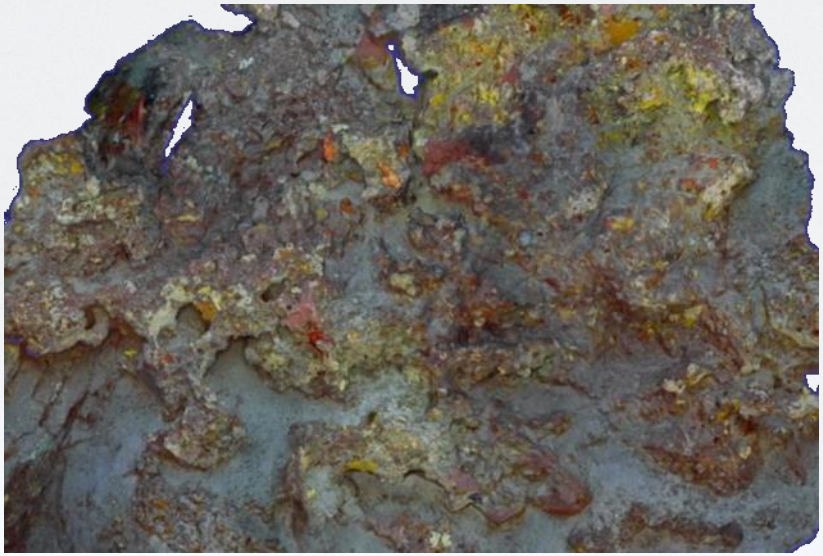
L'Esquine

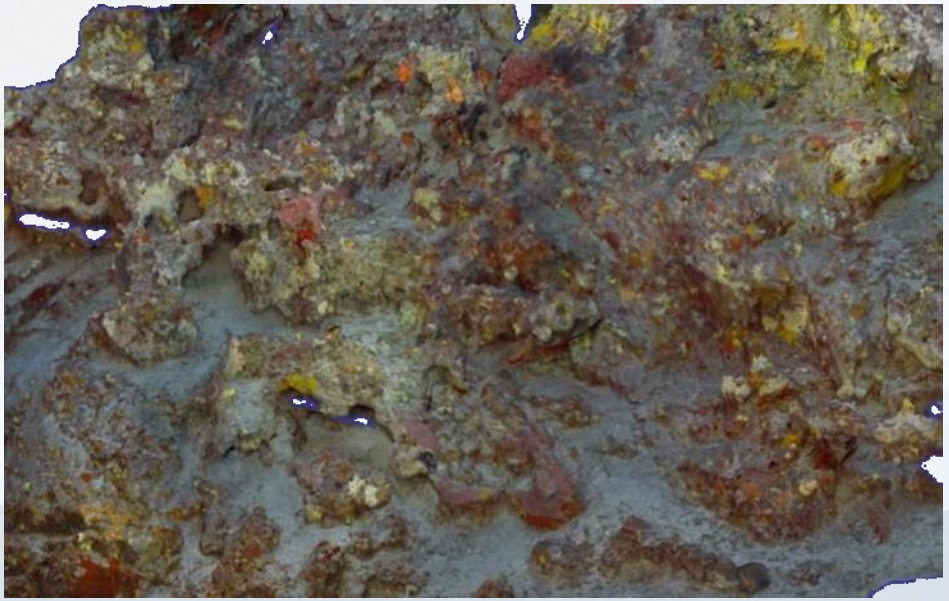


- Analyse de la répartition spatiale des espèces érigées

L'Esquine

- Quadras -> 1,7m x 1,7m



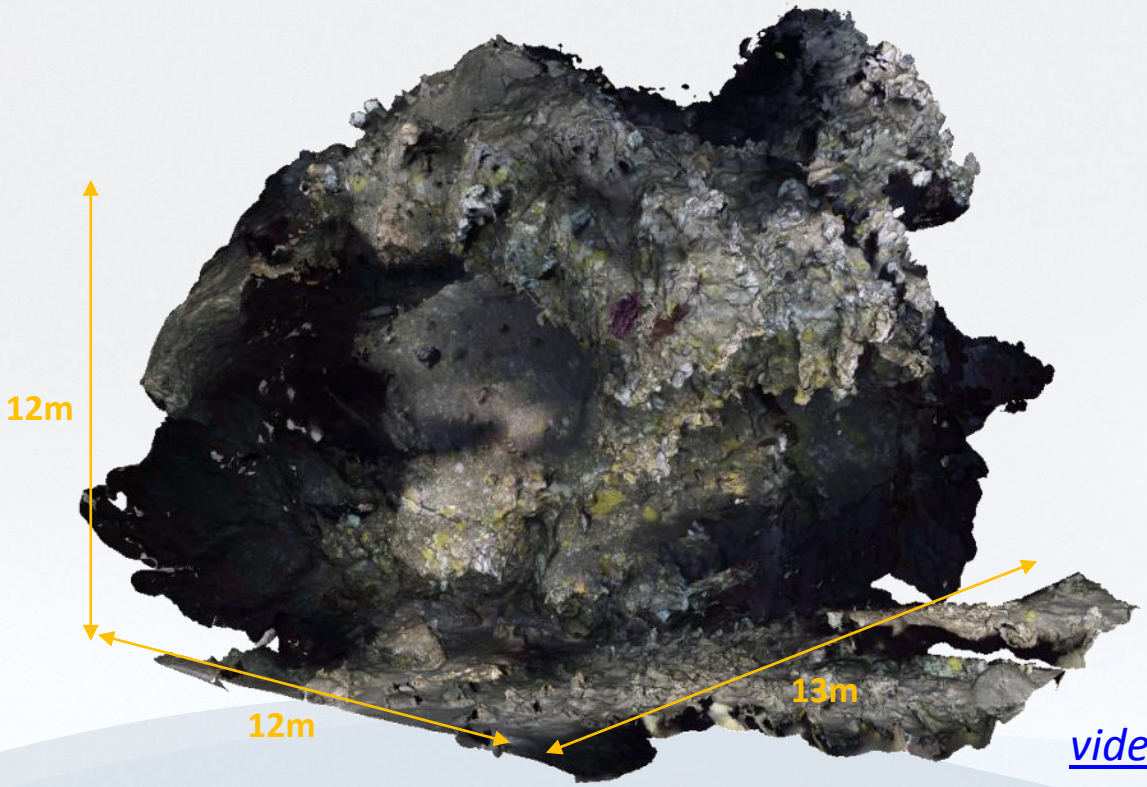


- Quadras -> haute densité – résolution.
- Nécessite une densification des prises de vues sur les zones d'intérêt

Résultats

- Résidus – précision 2mm (240 règles de mesure)
- Géoréférencement par 3 points de référence
- Précision de 2m -> différence visuelle entre point de ref / position ROV
- Position du ROV par USBL -> 1% distance (environ 1m)
- Mise à l'échelle par calibration préalable du système
- Relevé pour une représentation globale
- Nécessité de concentration des prises de vue sur un sous-ensemble pour un relevé plus haute résolution – multiplier les angles de prises de vues

Cassidaigne



video

Profondeur 200m.
Site complexe composé de nombreuses cavités et surplombs rendant la navigation délicate

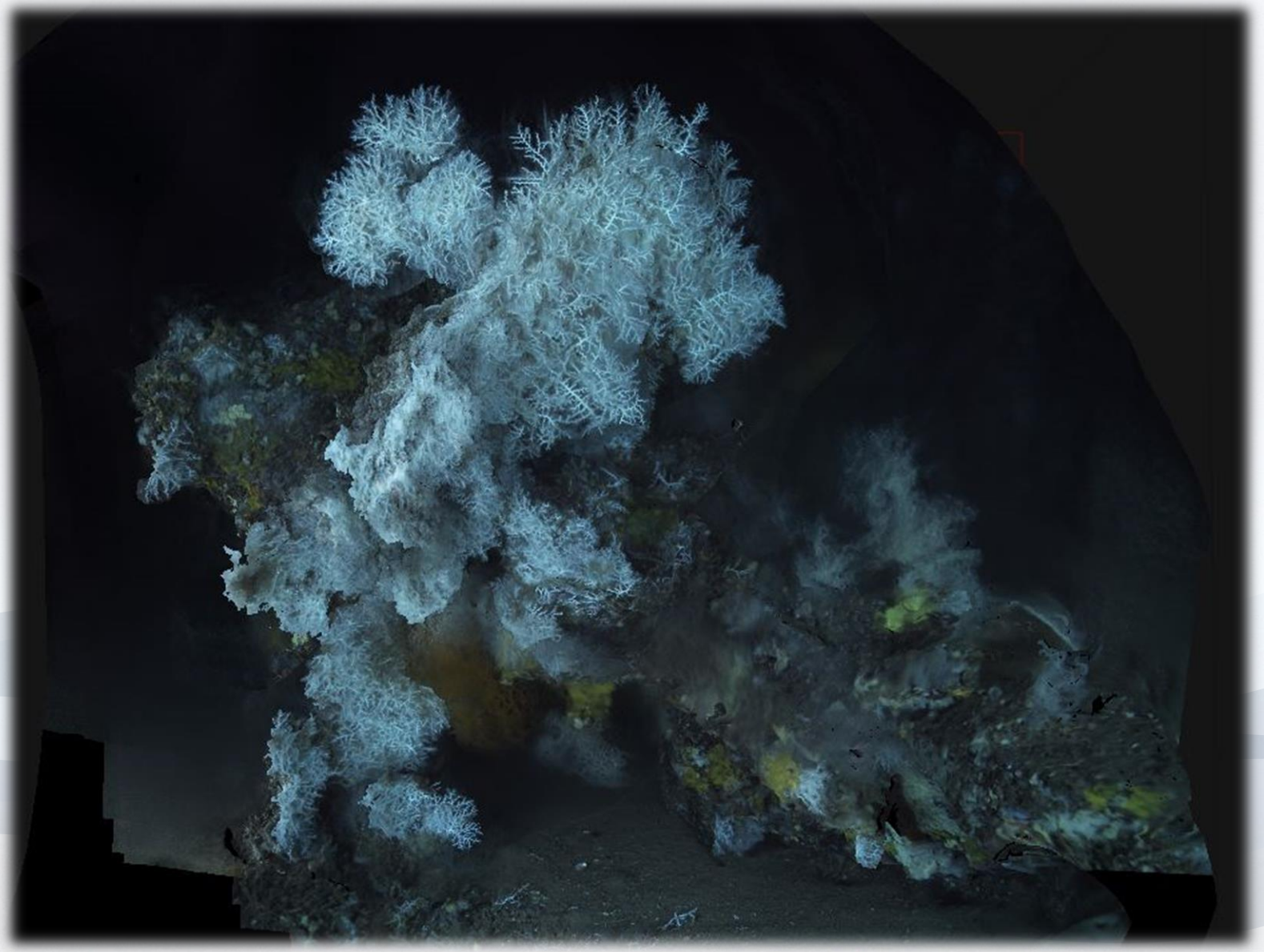
Présence d'engins de pêche

Surface au sol 112m2
Longueur 13m
Largeur 12m
Hauteur 12m

- Site complexe et difficile d'accès. Intérêt de numériser ce type de site d'intérêt particulier pour une analyse plus approfondie en laboratoire.
- Microcartographie permettant d'obtenir une vue d'ensemble avec des orientations pour une meilleure compréhension de la répartition des espèces érigées

Cassidaigne

Cassidaigne



Résultats

- Résidus – précision moyenne de 1,7mm (94 règles de mesure)
- Géoréférencement par 3 points de référence
- Précision de 2m -> différence visuelle entre point de ref / position ROV
- Position du ROV par USBL -> 1% distance (environ 2m)
- Mise à l'échelle par calibration préalable du système
- Relevé pour une représentation globale
- Nécessité de concentration des prises de vue sur un sous-ensemble pour un relevé plus haute résolution

Grotte de boulegeade

Méthode:

- relevés en plongée autonome
- mise à l'échelle à l'aide d'une mire posée sur le fond et quadra de flottabilité neutre placé sur la paroi

Grotte de boulegeade

- Salle semi-obscure, parois riches en espèces érigées, plafond orné de corail rouge – complexité structurelle pour un rendu haute résolution des espèces érigées -> multiplication des prises de vues
- Prises de vues à but de représentation paysagère et de contexte
- Prises de vues haute résolution, plus dédiées à un suivi temporel / surfaces réduites identifiées au préalable.
- Fusion permettant de restituer les zones HR dans le contexte

Grotte de boulegeade – vues topogaphiques (extérieures)

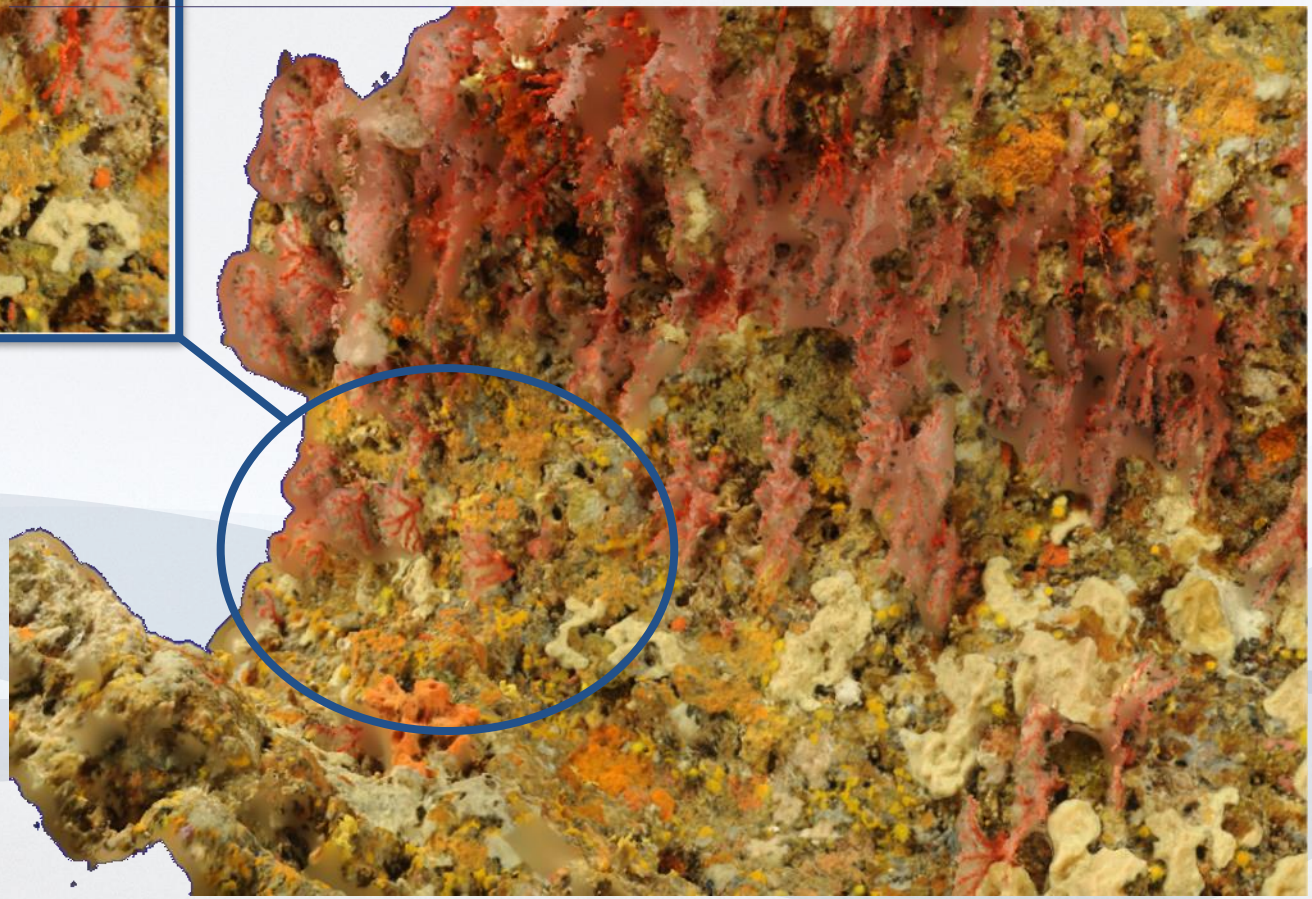
Vues en « négatif »

- Longueur développée: 35m
- Largeur de 5m à 2m
- Hauteur 4m à 2m
- Résidus – précision moyenne de 1,3cm entre entrée et sortie

Grotte de Boulegeade – Modèle 3D / photos - multifocale

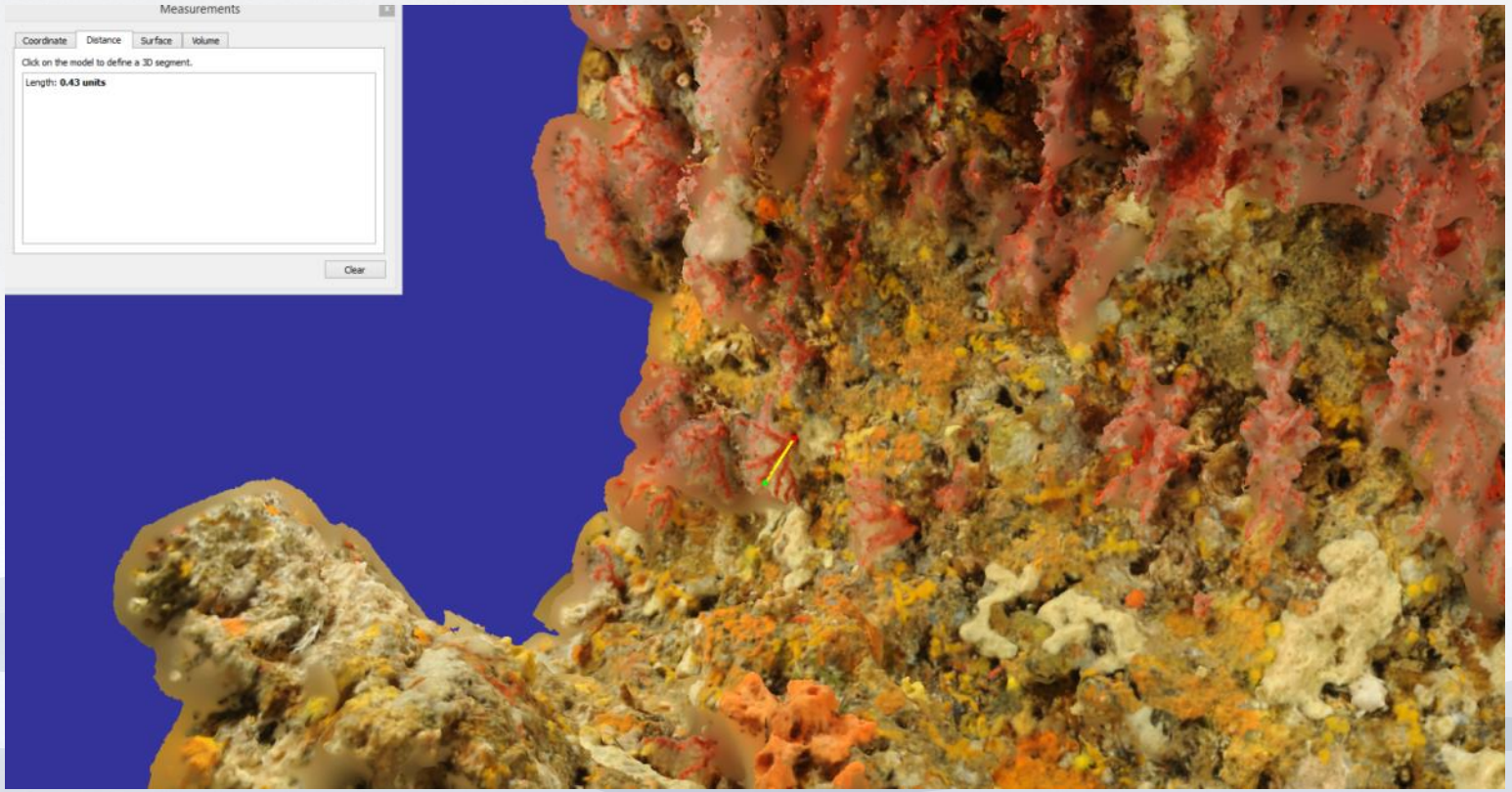
Photo

Modèle 3D

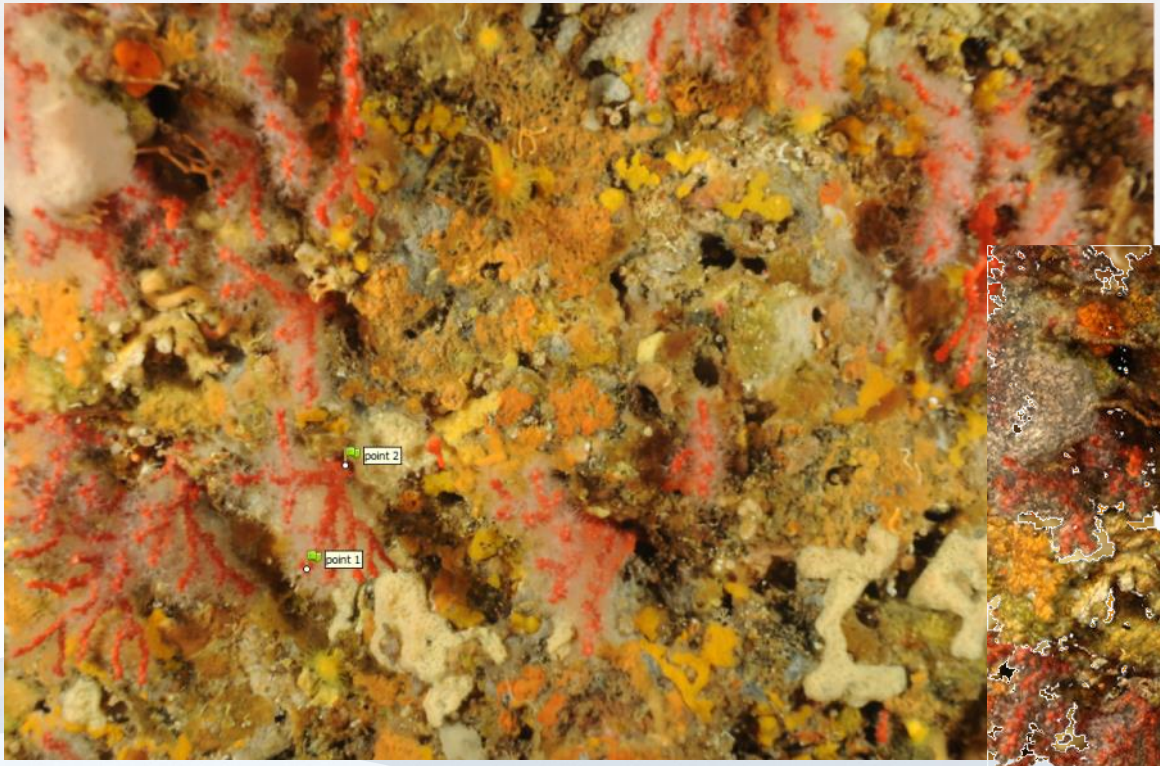


COMEX SA Marine Operations Department - 36 bd des océans CS80143 13275 MARSEILLE CEDEX 9 - France - PHONE : +33 (0)4.91.29.75.00 - FAX : +33 (0)4.91.29.75.07
email : comexsa@comex.fr - web : www.comex.fr

Grotte de Boulegeade – mesure 3D



Grotte de Boulegeade – lien entre photo et modèle 3D



Photo

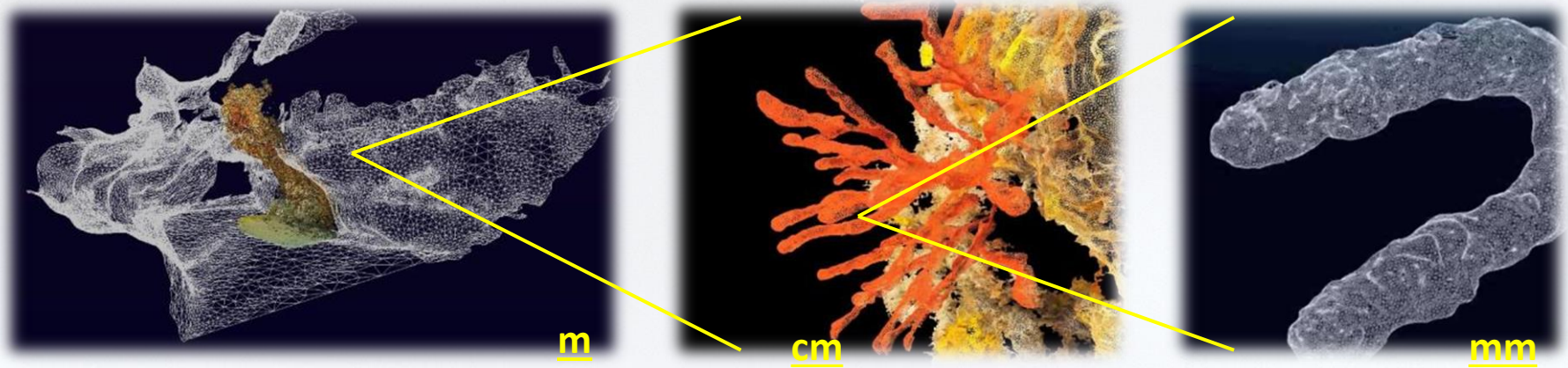
Modèle 3D

Grotte de Boulegeade - Vues paysagères

Grotte de Boulegeade - Vues paysagères

video

Solution de relevé 3D multi-échelle



D'une représentation globale de plus de 600m² à une représentation très haute résolution à l'échelle d'un objet d'une dizaine de cm

Grotte de Jarre

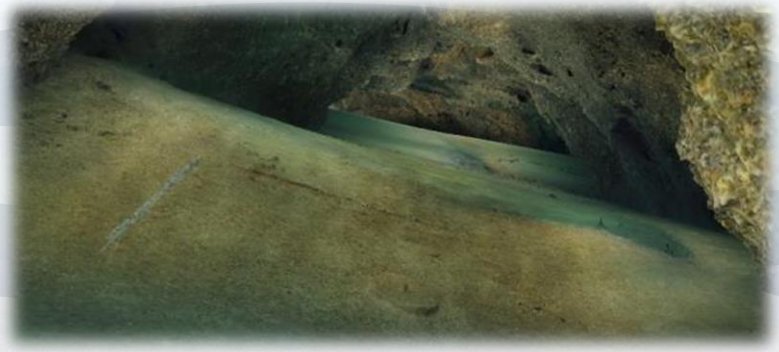
Plus complexe, rétrécissements, particules fines / visibilité…

Grotte de Jarre – vues topogaphiques (extérieures)

Vues en « négatif »

- Longueur développée: 65m
- Largeur de 7m à 1m
- Hauteur 4m à 1m

Grotte de Jarre – vues paysagères



Grotte de Jarre – vues paysagères

Rétrécissement avant boyau – zone de suivi

Entrée du boyau

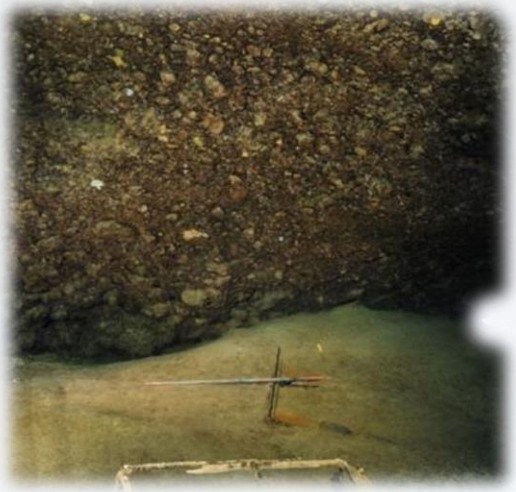
Grotte des 3PP – vues topogaphiques (extérieures)

Vues en « négatif »

- Longueur développée: 26m
- Largeur de 6m à 12m
- Hauteur 4m à 13m

Profil descendant… morphologie pyramidale, grande hauteur

Grotte des 3PP – vues paysagères

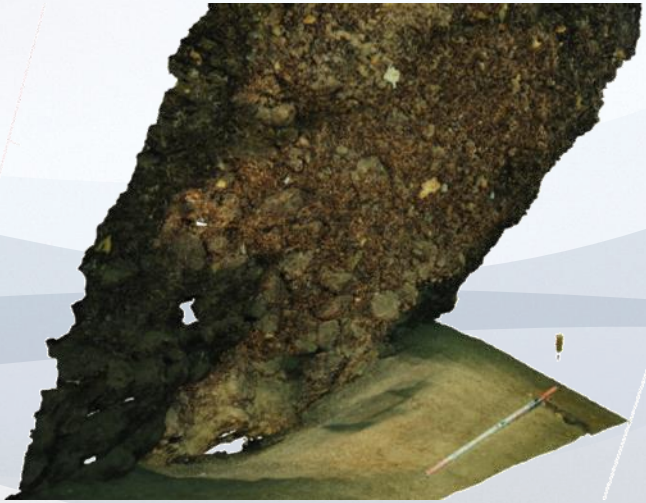


[video]

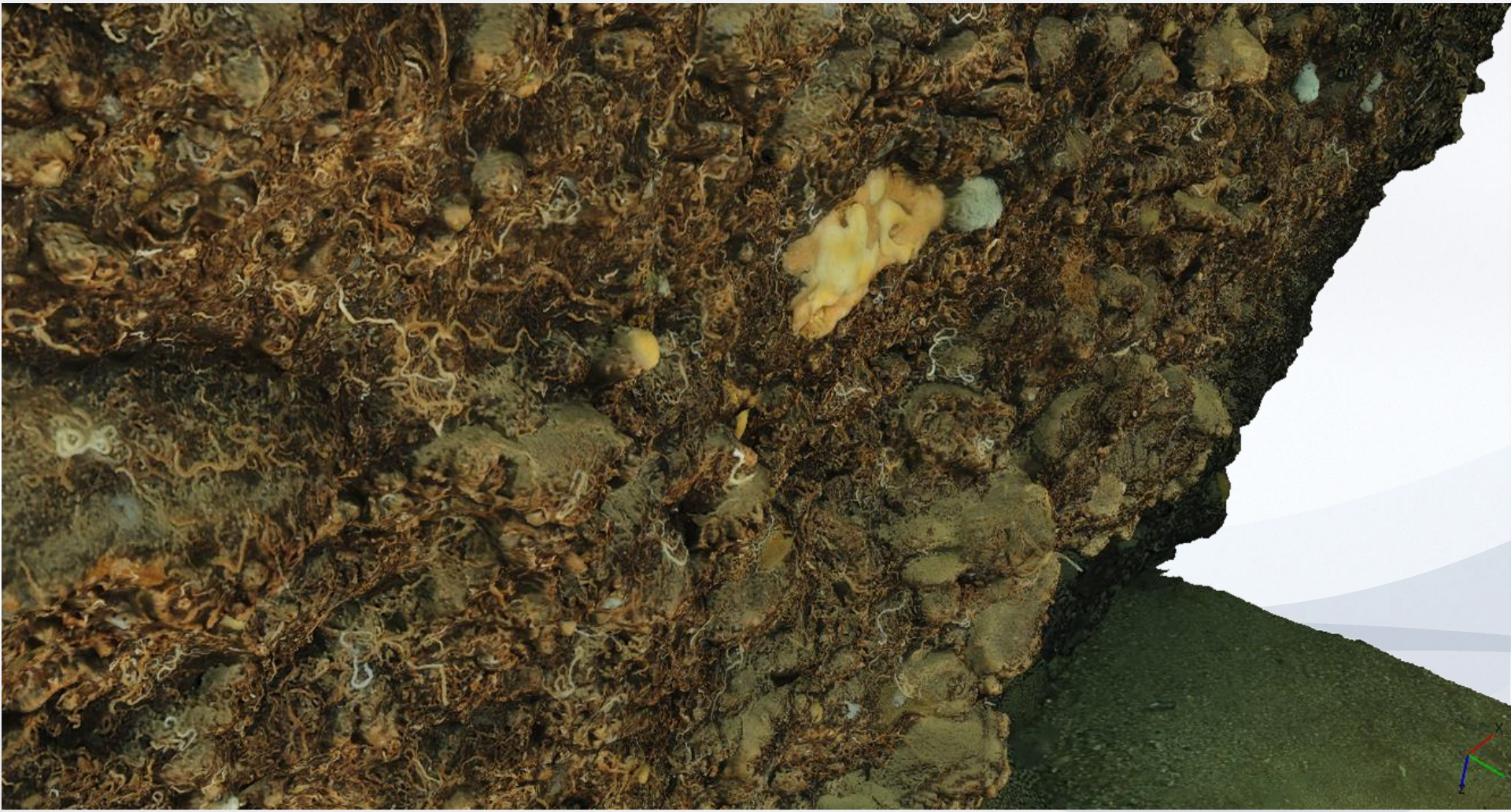
Grotte des 3PP

Concentration des relevés sur 2 zones d'intérêts où l'on retrouve les espèces:
Asbestopluma hypogea et *Oopsacas minuta*

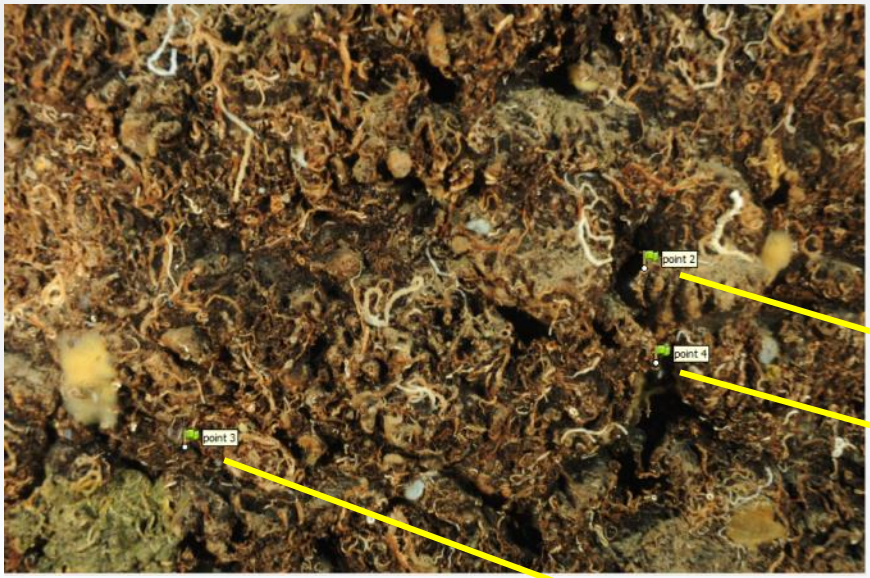
Espèces d'intérêt de très petite taille (mm)
Nécessité de densifier les prises de vues avec une focale différente
Zones HR fusionnées à la représentation générale pour un suivi temporel



Grotte des 3PP – Modèle 3D



Grotte des 3PP – marquage Asbestopluma hypogea



Identification sur photo

Localisation sur modèle 3D

Photo

Modèle 3D

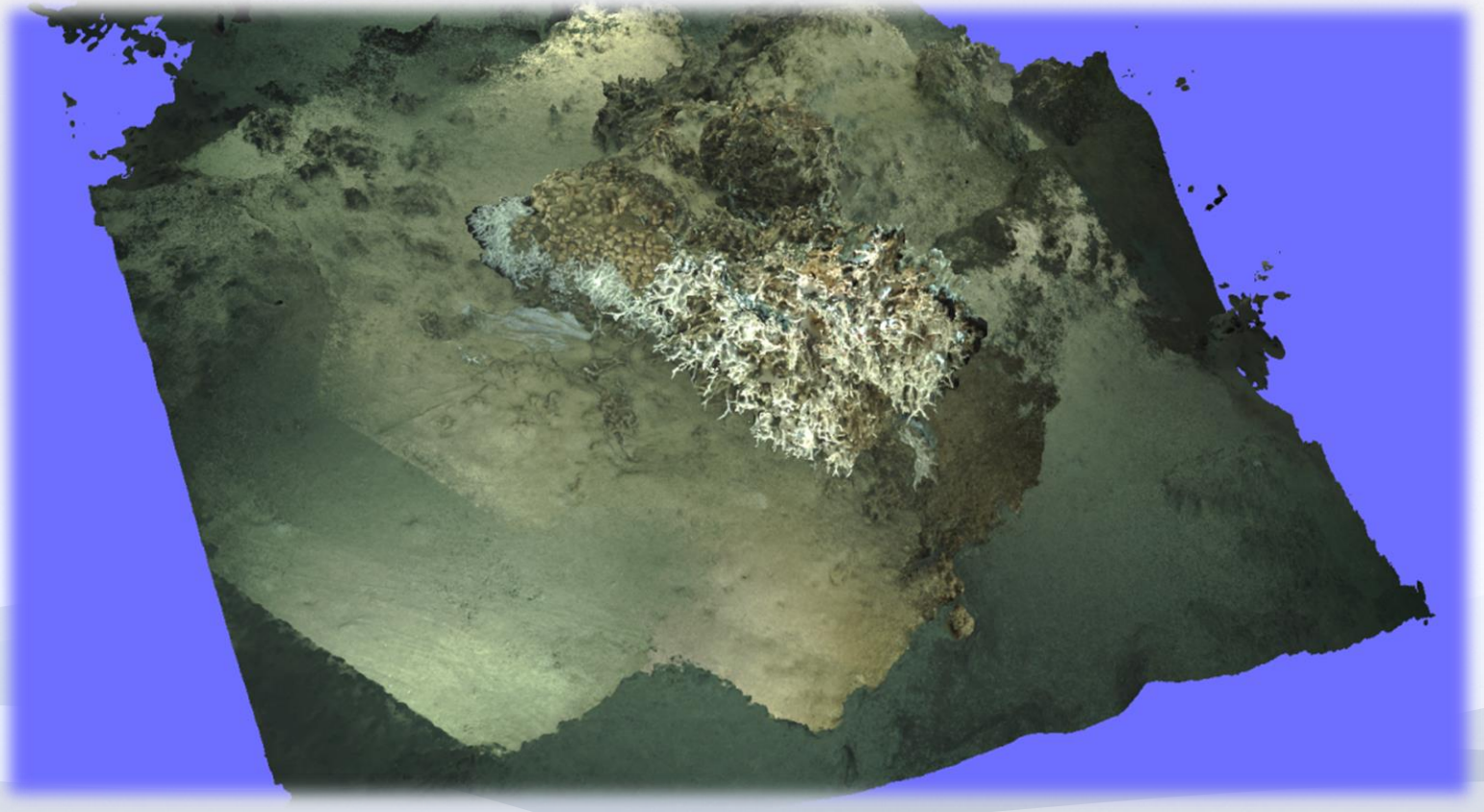
Bilan des données produites

Site	Méthode	Photographies	Taille (Go)
Cassidaignes	ROV3D	24 728	163,00
Esquine	ROV3D	83 054	207,00
3PP	Plongeur	1 292	4,71
Boulegeade	Plongeur	6 117	34,70
Jarre	Plongeur	8 046	28,60
	Total:	**123 237**	**438,01**

Durée de traitement: entre 8 et 10 jours par site (hors quadra)

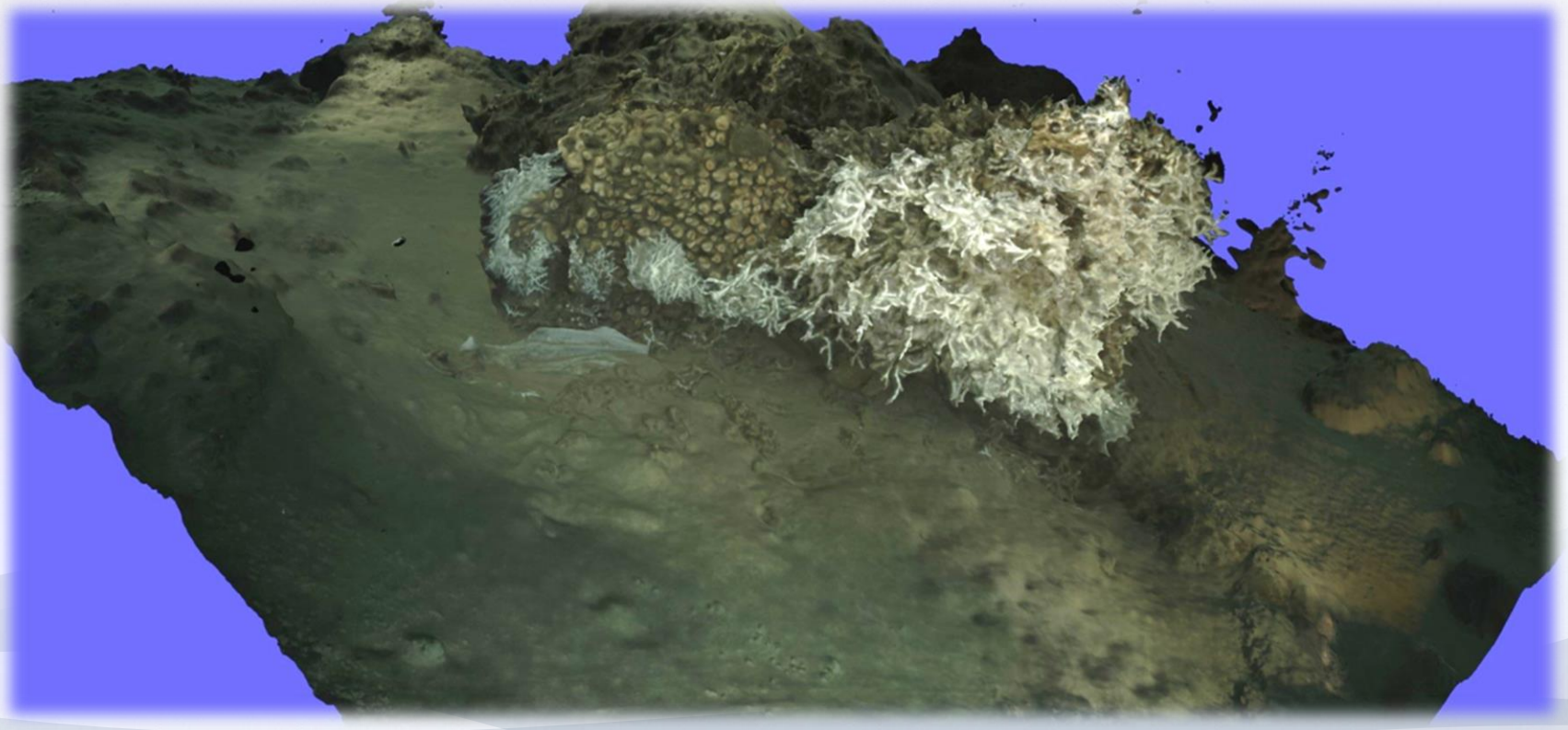
(1j alignement – 1j géoréférencement - 5j densification – 1j texture)

Massifs de corail – Canyon Lacaze Duthiers 2015 – LECOB UPMC



Profondeur 520m

Massifs de corail – Canyon Lacaze Duthiers 2015 – LECOB UPMC



video

Profondeur 520m

Conclusion

- Applications allant de la représentation paysagère à un outil de suivi démographique
- Possibilité de recaler très précisément 2 relevés effectués à des instants différents -> Evolution temporelle

  Ex: Possibilité de redéfinir une trajectoire pour animation vidéo avec le même chemin et angles de vue -> évolution du paysage.
- Géoréférencement:

  Objectif: retourner sur le site & orientation

  Perspectives: Intégration des données de positionnement dans les images & corrections offsets / ajout de capteurs externes
- Outil de relevé pour plongeurs basé sur la technologie ORUS^{3D} pour une mise à l'échelle précise sans repère physique

Liens

Clip vidéo présenté à Sydney 2014 au congrès mondial des parcs nationaux:
http://www.oceanplus.tv/fr/reportages/video/498-rov-3d-une-technologie-de-modelisation-3-d

Site internet :
http://www.lsis.org/rov3d/