



PIA3 EQUIPEX DEEPSEA'NNOVATION

Webinaire PPR Océan et Climat

A.G. Vincent, V. Chavagnac
Et toute l'équipe projet !

12/06/2023



DeepSea'nnovation – Éléments clés

Projet	Deepsea'nnovation
Titre	Capteurs et préleveurs innovants et de rupture pour les sciences marines grand fonds
Aide allouée	3,88 M€
Durée	8 ans (92 mois : 01/10/2021 au 21/10/2029)
Coordinateur	Ifremer (DFO/SM)
Consortium 	<ul style="list-style-type: none"> • Sorbonne Université - UMR 7193 ISTEP (CNRS, Sorbonne Université) • Université de Recherche PSL - UMR 8538 LG-ENS (CNRS, ENS Paris, Univ. Paris Sciences et Lettres) • Université de Bretagne Occidentale • CNRS : <ul style="list-style-type: none"> • UMR 5563 GET - Géosciences Environnement Toulouse (CNRS, Univ. Toulouse 3, IRD, BRGM, CNES) • UAR 831 OMP - Observatoire Midi-Pyrénées (CNRS, Univ. Toulouse 3, IRD, CNES) • UMR 7294 MIO - Institut Méditerranéen d'Océanologie Marseille (Univ. Toulon, CNRS, IRD, AMU) • UMR 6538 Geo-Ocean - Laboratoire Géo-Océan (UBO, CNRS, UBS, Ifremer) • UMR 7144 AD2M - Station Biologique de Roscoff (CNRS, Sorbonne Université) • UAR 855 DT-INSU - Division Technique INSU (CNRS) • UMR 8212 LSCE - Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (CNRS, Univ. Versailles, CEA, Univ. Paris-Saclay) • Ifremer: <ul style="list-style-type: none"> • UMR 6197 BEEP - Ifremer (UBO, Ifremer, CNRS) • Unités REM/RDT, DFO/SM

La Flotte Océanographique Française : Un ensemble cohérent d'engins sous-marins ... objet d'un programme de modernisation ambitieux !

<i>Nautile</i>	<i>Victor6000</i>	<i>UlyX</i>	<i>Ariane</i>	<i>Aster^X & Idef^X</i>
 	 	 <small>© Ifremer / ICA Group / CORAL project</small>	 	 
Sous-marin habité	ROV	AUV	Hybrid ROV	AUV
6000m	6000m	6000m	2500m	3000m
depuis 1984	depuis 1997	Entrée en flotte 2022-23	depuis 2017	depuis 2005
Exploration Intervention	Exploration Intervention Cartographie	Survey longue distance, inspection près du fond	Exploration Intervention Cartographie	Survey cartographique

Plan de renouvellement des moyens d'intervention profonde de la FOF

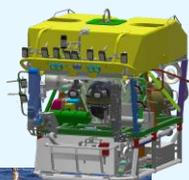
Programme ROVs profonds de la FOF

- Modernisation du ROV Victor 6000
- Développement d'un second ROV profond Unités d'ingénierie de la DFO (Ifremer)
- Développement de l'AUV 6000 Uly^x

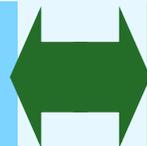


DeepSea'Nnovation

Projet de développement d'une nouvelle génération de charges utiles pour répondre aux enjeux scientifiques



Ifremer – DFO
Unité Systèmes Sous-Marins



Communauté scientifique
Groupe de travail inter-organisme,
groupe projet

- ➔ Répondre aux enjeux scientifiques de demain
- ➔ Nouvelles capacités d'intervention sous-marine
- ➔ Prise en compte des **charges utiles génériques** (aspirateur à faune, SMF, caméra...)

Activités scientifiques avec l'appui des engins sous-marins

Géologie Biologie Geophysique **Géochimie** Sedimentologie

Interfaces ayant des propriétés thermodynamiques spécifiques agissant à des échelles temporelles et spatiales différentes d'un secteur de l'océan à l'autre

($\alpha 100 \text{ km}^2$)

Exploration de l'échelle régionale à des expériences *in-situ*

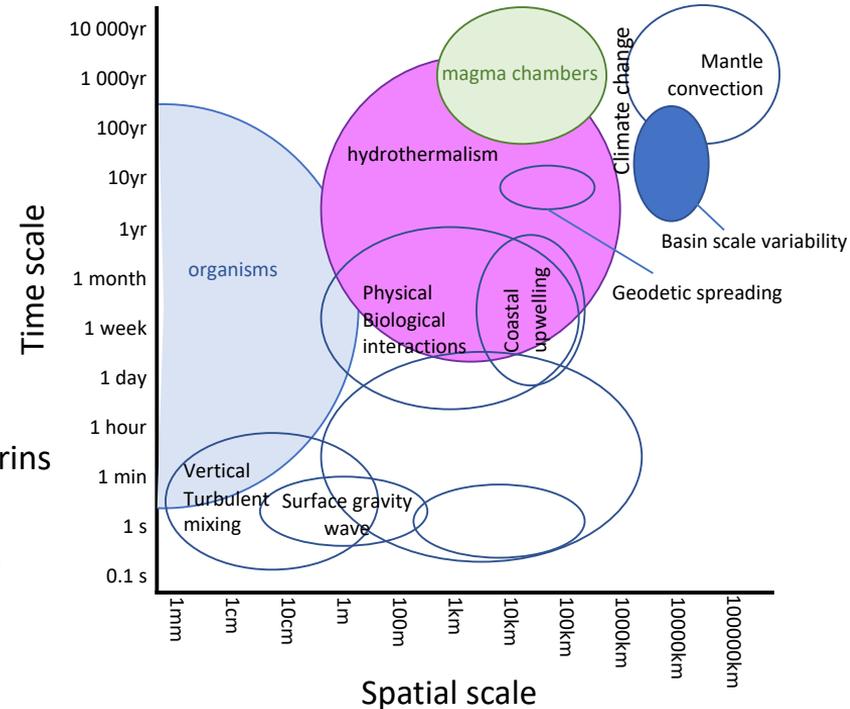
($\alpha 10 \text{ cm}^2$)

Les observatoires sous-marins
Ex: EMSO-ERIC

Combinaison des différents engins d'intervention grand fond

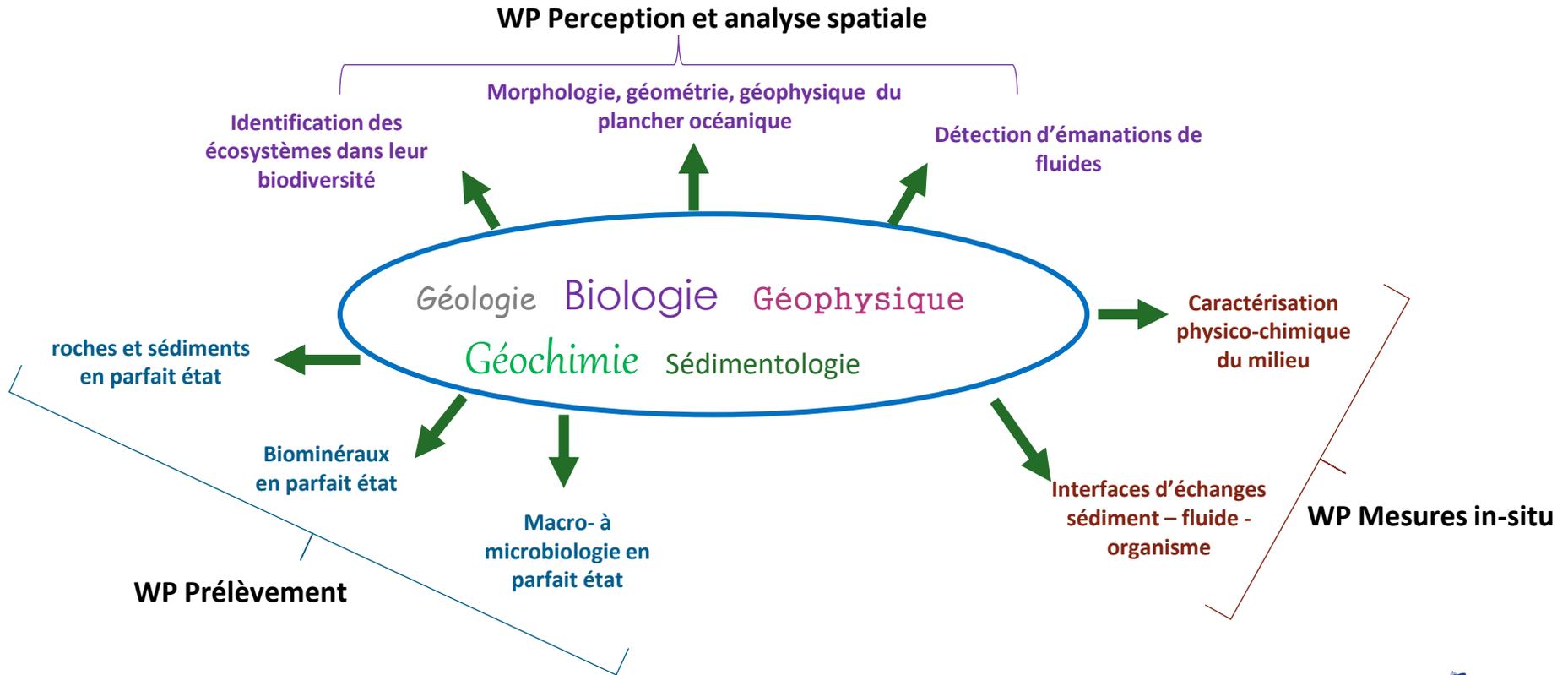
(jour à semaines)

(long terme α années)



Ruhl et al., 2011. Progress in Oceanography

Axes prioritaires d'instrumentation scientifique



Work package 1 – Perception & analyse spatiale

Thématique	Lot	Equipements
Caractérisation physique et biologique de la colonne d'eau	1.1	Imagerie acoustique de la colonne d'eau par sondeur multi-fréquence & large-bande
	1.2	Caméra haute sensibilité (bioluminescence)
	1.3	Caméras zooplancton : holographique et UVP
Caractérisation 3D du plancher océanique	1.4	Lidar sous-marin
Imagerie géophysique du plancher océanique	1.5	Imagerie de la résistivité des fonds par méthode CSEM

Work package 2 – Mesures *in-situ*

Thématique	Lot	Equipements
Mesures dans la couche sédimentaire superficielle	2.1	Chambre benthique : mesures interface eau/sédiment (oxygène, pH, redox)
	2.2	Profileur benthique : mesure d'oxygène dans le sédiment
	2.3	Rhizon : échantillonnage d'eau interstitielle
	2.4	Sonde de gradient de température : étude des fluides dans le sédiment et quantification de la dissociation des hydrates de gaz
Mesures des gaz dissous	2.5	Spectromètre de masse miniaturisé pour mesure temps réel in-situ

Work package 3 – Prélèvement

Thématique	Lot	Equipements
Prélèvement <i>in-situ</i> de roche, de sédiment et d'organismes fragiles	3.1	Outillage de forage portable : Carottage de roche sur 10-20 cm
	3.2	Vibrocarottier : Carottage du sédiment sur 1,5 m de profondeur
	3.3	Main de prélèvement : Echantillonnage de faune/flore fragile (ex: coraux, éponges)
	3.4	Préleveur larves et plancton
	3.5	Préleveur ADN environnemental

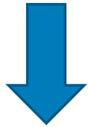
Cycle biogéochimique du méthane en domaine océanique ? impact volcanique ? les écosystèmes ? échanges lithosphère-hydrosphère

Approche méthodologique

Analyse et perception spatiale

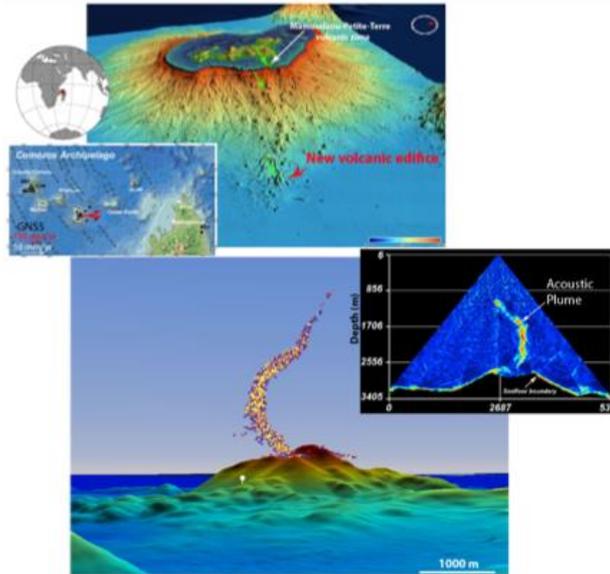


Mesure in-situ



Prélèvement in-situ

La crise de Mayotte depuis 2019
Crise sismique + activité volcanique



Capteurs innovants

sondeur acoustique

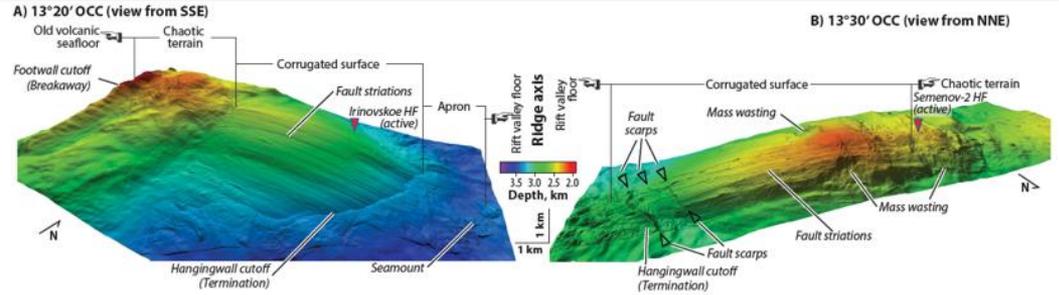


spectromètre de masse *in-situ*
chambre benthique
profileur benthique



eaux interstitielles (Rhizon)
vibro-carottier
eDNA

Construction et déformation des dorsales océaniques, circulation de fluide ? échange thermique ? lithologie ?



Approche méthodologique

Analyse et perception spatiale

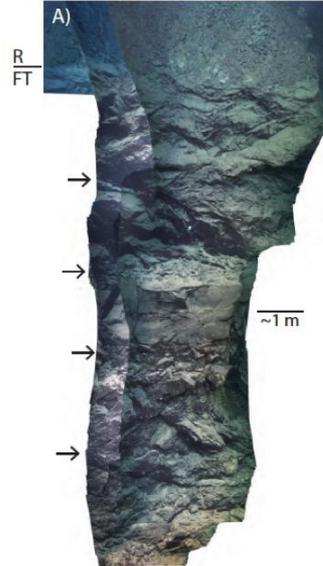


Mesure in-situ



Prélèvement in-situ

Mosaïque vidéo d'une faille de détachement



Escartin et al., 2017

Capteurs innovants

ULidar, CSEM



sondeur de gradient T°C



foreuse à roche
vibro-carottier

Lot WP1.1 : Imagerie acoustique

➤ Objectif

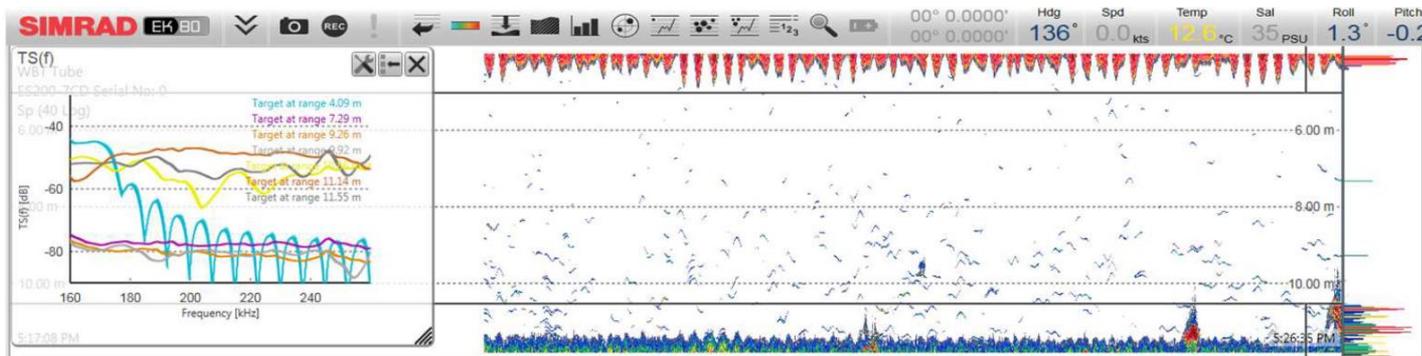
Mesures embarquées sur ROV/AUV : Réflectivité acoustique HR calibrée de la colonne d'eau et du fond (inaccessible par les sondeurs installés sur les navires ou les profileurs) + mesure de la vitesse des masses d'eau

➤ Equipements visés

- Echosondeur de type EK80 large bande étalonné avec deux transducteurs (70 KHz et 200 KHz) pour discriminer les cibles par leurs réponses en fréquence
- DVL utilisé en mode ADCP pour la mesure du courant

➤ Applications

- Ecologie pélagique (mésobathy pélagique)
- Systèmes fluides de fond de mer
- Caractérisation géo-acoustique des fonds marins
- Couplage benthopélagique



Lot WP1.2 : Caméra de bioluminescence

➤ Objectif

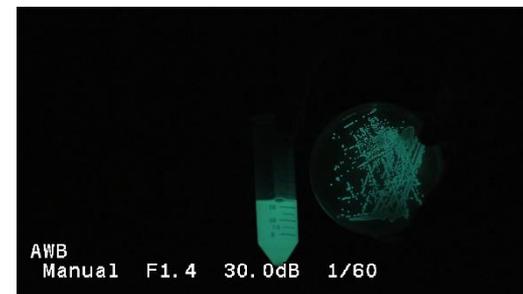
Développer / adapter un système d'imagerie (caméra) interchangeable sur les engins afin de capturer des images de bioluminescence *in situ* en milieu pélagique et benthique

➤ Equipement visé

- Caméra Canon ML105EF intégrée dans un caisson étanche

➤ Applications

- Ecologie, biochimie, microbiologie
- Distribution des organismes lumineux (colonne d'eau)
- Bioluminescence des organismes et leur habitat
- Mimer des signaux de lumière et observer la réponse des animaux



Lot WP1.3 : Caméra zooplancton

➤ Objectifs

- Développer / adapter un système d'imagerie pour l'étude non-destructive du plancton dans la colonne d'eau
- Imager une grande variété de tailles de 20 μ m à 2000 μ m

➤ Equipements visés

- UVP6m et UVP6 (Underwater Vision Profiler)

➤ Applications

- Couplage entre les espèces de la colonne d'eau
- Analyse spatiale de la répartition



Lot WP1.4 : ULidar

➤ Objectif

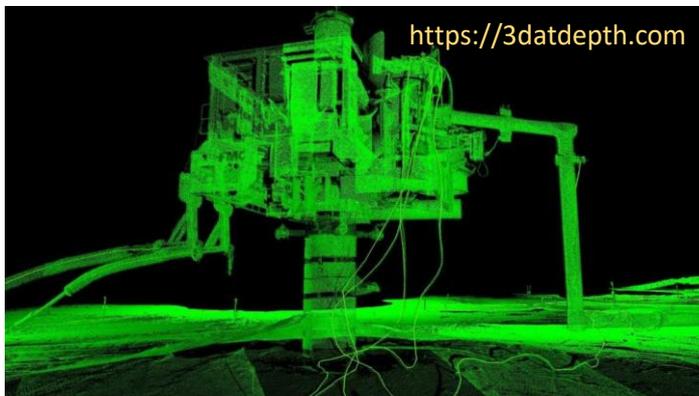
Développer un Lidar sous-marin capable de caractériser l'environnement en 3D à une échelle intermédiaire entre les systèmes acoustiques (~1-2m) et optiques (qq mm)

➤ Equipement visé

- Développer et intégrer un système Lidar en partenariat industriel

➤ Applications

- Caractérisation 3D de l'environnement en temps réel et en temps différé
- Cartographie 3D
- Réflectivité de surface
- Caractéristiques optiques de la colonne d'eau



Prototype CSEM (Suisse)



Lot WP1.5 : Control Source ElectroMagnetism (CSEM)

➤ Objectifs

- Imager les propriétés électriques du sous-sol le long de profils réalisés par le ROV
- Pénétrer de quelques mètres (~1-3m)

➤ Equipements visés

- Développement technologique avec partenaire industriel : couple émetteur / récepteur EM + antennes d'émission et de réception

➤ Applications

- Géométrie des corps sédimentaires, présence de gaz, drains
- Hydrothermalisme, fracturation, altération



Figure 6 Prototype de source d'injection de courant

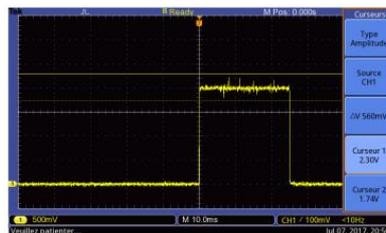


Figure 7 Préamplificateurs faible bruits

Lot WP2.1 : Gaz dissous

➤ Objectif

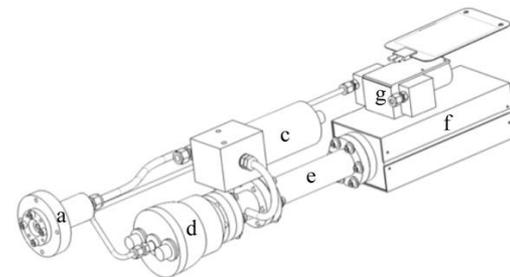
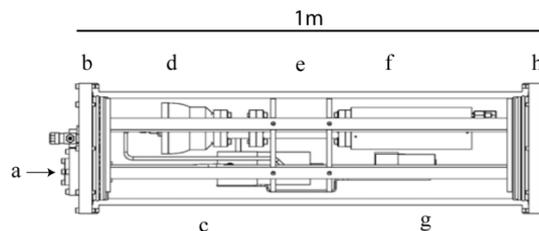
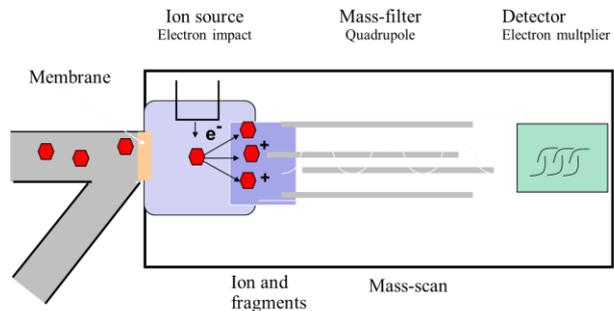
Développer un équipement miniaturisé permettant de mesurer *in situ* et en temps réel les concentrations en gaz dissous en milieu profond

➤ Equipement visé

- Développement d'un spectromètre de masse *in situ*

➤ Applications

- Circulation des fluides
- Flux de matière et de chaleur
- Fonctionnement des écosystèmes profonds
- Flux de gaz aux interfaces
- Traçage de processus biogéochimiques du C, N, ... dans la colonne d'eau



Lot WP2.2 : Chambre benthique

➤ Objectif

Incubation d'un volume d'eau à l'interface eau-sédiment

➤ Applications

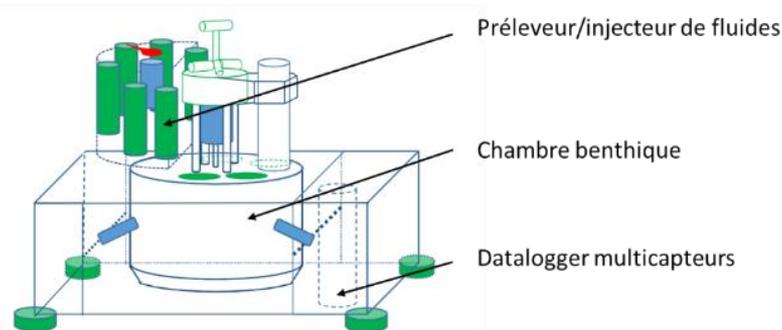
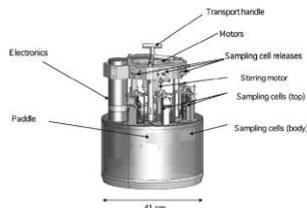
- Mesure de la respiration des écosystèmes (CO_2 , O_2 , NH_4^+ ,)
- Mesure des flux d'éléments réduits (méthane, sulfures)
- Prélèvements d'échantillons d'eau
- Injections de liquide dans le volume prélevé (ex : marqueurs biologiques)

➤ Equipement visé

- Développement d'une chambre benthique



Cloche benthique Calmar (campagne WACS 2011)



Lot WP2.3 : Profileur benthique

➤ Objectif

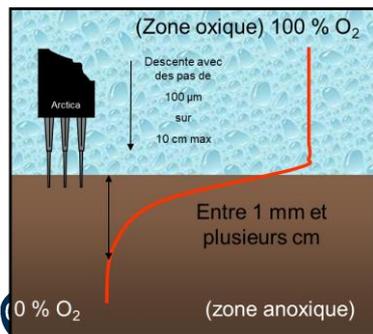
Proposer une solution de profileur grand fond, équipé de micro-optodes, fiable, robuste et simple d'utilisation, manipulable par ROV

➤ Applications

- Comprendre la répartition, l'abondance et la dynamique de la PO particulaire et des organismes vivants dans l'environnement profond, dans le temps et l'espace
- Quantifier les flux de matière dans les écosystèmes
- Comprendre le cycle du carbone biogénique
- Documenter la réponse des écosystèmes aux perturbations anthropiques

➤ Equipement visé

- Equipement basé sur le profileur actuellement en développement pour le robot BathyBot du MIO



Lot WP2.4 : Sonde de gradient de température

➤ Objectif

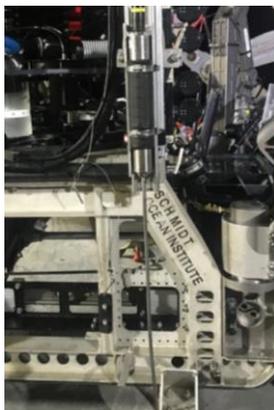
Proposer un outil de mesure du gradient de température *in situ* dans les sédiments, manipulable par ROV

➤ Equipement visé

- Développement d'un équipement en partenariat avec un industriel

➤ Applications

- Hydrothermalisme, suintements de fluides
- Hydrates de gaz
- Biogéochimie
- Failles actives et géotechnique



Sonde de WHOI



T-stick (RBR/Marum)

Lot WP2.5 : Rhizon

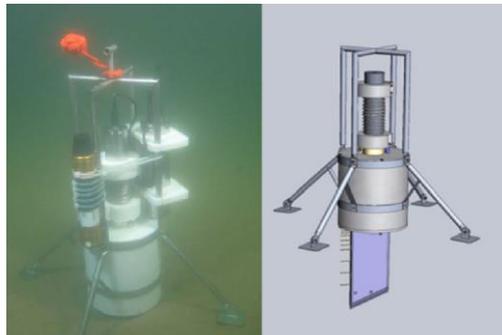
➤ Objectif

Prélever des échantillons d'eaux interstitielles dans les sédiments, à l'interface et dans les premiers dizaines de cm

➤ Equipement visé

- Développement d'un préleveur d'eaux interstitielles

Exemples de préleveurs in-situ d'eaux interstitielles

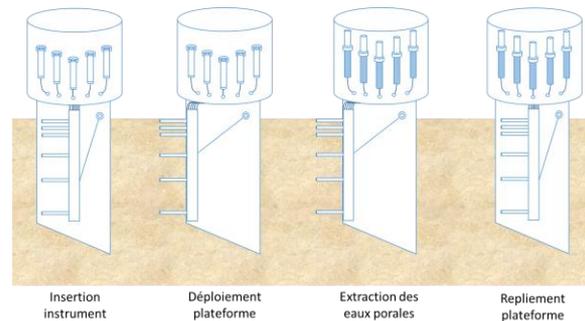


PWS (Pore Water Sampler) Système de GEOMAR pouvant prélever une dizaine de niveaux

➤ Applications

- Biogéochimie des sédiments marins
- Flux de méthane en milieu marin
- Ecologie microbienne des milieux extrêmes
- Ecologie des foraminifères et biodiversité
- Ecologie de la macrofaune
- Géologie

Solution technique envisagée



Lot WP3.1: Foreuse à roche

➤ Objectif

Développer une foreuse portative manipulée par le bras du ROV pour carottes de longueur 10 cm – 20 cm

➤ Equipement visé

- Développement d'une foreuse portative

➤ Applications

- Roches sédimentaires, magmatiques, métamorphiques, hydrothermales
- Marges dorsales, bassins sédimentaires, failles, ...

Prototypage
en atelier



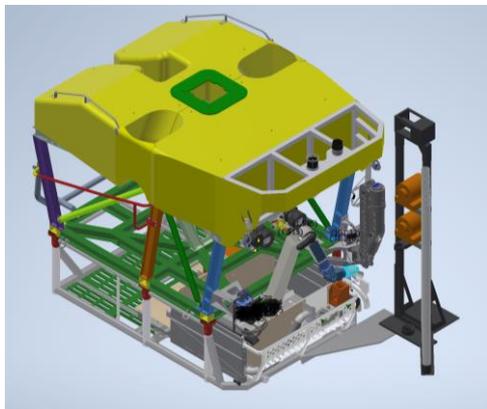
Lot WP3.2 : Vibro-carottier

➤ Objectif

Développer un vibrocarottier pour le prélèvement d'échantillons de sédiment saturé d'eau (carottes de 1 à 1,5m)

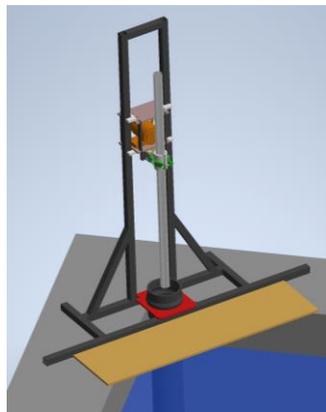
➤ Equipement visé

- Développement d'un vibrocarottier, avec expertise DT-INSU et MBARI



➤ Applications

- Sédimentologie,
- Climatologie, paléoclimatologie, océanographie, paléocéanographie
- Géochimie/biogéochimie
- Fluides froids
- Biologie/coraux
- Ressources, Agrégats, Hydrothermalisme
- Géotechnique



Prototype d'essai
Vibrocarottier
(Ifremer Juin 2023)

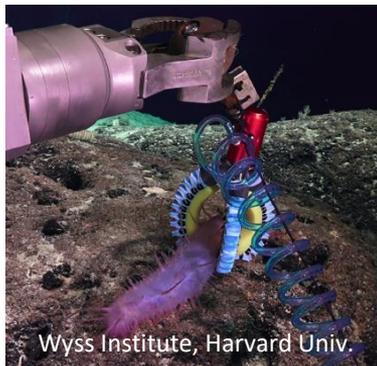
Lot WP3.3: Main de prélèvement délicat

➤ Objectif

Prélever des échantillons de roche, faune et flore fragiles (gorgones, coraux, éponges, cheminées hydrothermales, ...)

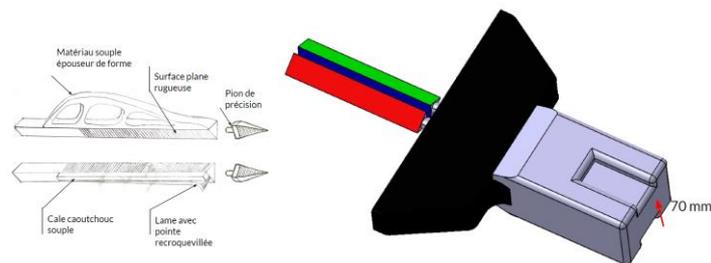
➤ Equipement visé

- Développement d'un outillage spécifique



➤ Applications

- Prélever et préserver la morphologie, la structure interne des échantillons



Etude de concepts par des étudiants SEATECH (projet SIPEF-ROV)

Lot WP3.4 : Préleveur de larves et planctons (CANOPE)

➤ Objectif

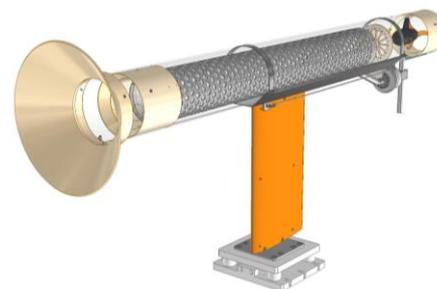
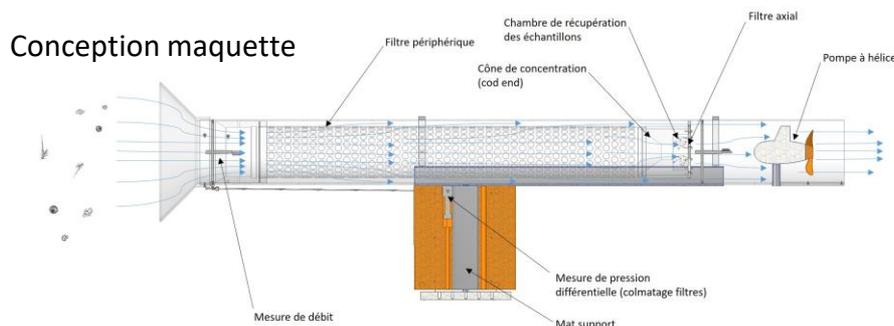
Prélever les organismes planctoniques (incl. larves)/particules dans la colonne d'eau avec une précision spatiale élevée, pour caractériser leur diversité, abondance et distribution

➤ Applications

- Diversité/taxonomie des organismes profonds
- Fonctionnement des écosystèmes (flux de carbone, réseaux trophiques, connectivité/dispersion larvaire, cycles de vie, bioluminescence)
- Zones benthopélagiques (supra-benthique en particulier) et mésopélagiques

➤ Equipement visé

- Développement d'un préleveur



Lot WP3.5 : eDNA

➤ Objectif

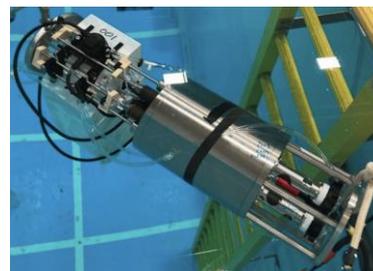
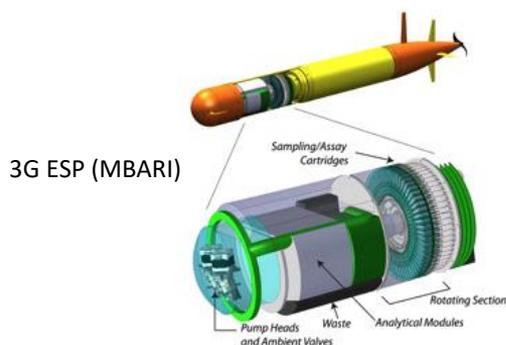
Développement d'un préleveur d'ADN environnemental automatique et polyvalent utilisable sur un ROV grand fond et permettant de préserver l'ADN libre capturé et l'ADN intracellulaire

➤ Equipement visé

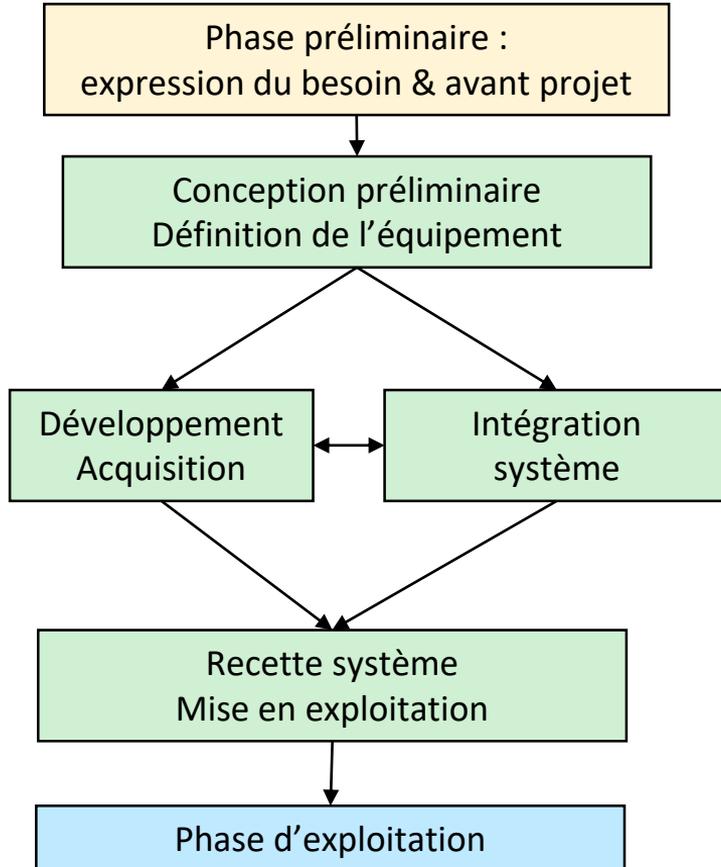
- Développement d'un préleveur à ADN environnemental

➤ Applications

- Diversité phylogénétique et métabolique
- Diversité des communautés benthiques
- Détection d'organismes non-identifiés



Méthodologie de développement



Modalités des campagnes

- Demandes auprès des commissions nationales (CNFC, CNFH)

Phase de développement et recette :

- Campagnes technologiques : [Demandes coordonnées au niveau du projet](#)
- Tests pendant campagne scientifique (β -test) : [Opportunités pendant campagnes scientifiques programmées](#)

Phase de mise en exploitation :

- Campagnes scientifiques : [Demandes par la communauté scientifique](#)

Planning général

