

Cartographie et caractérisation de la surface des fonds marins

Michael Field (Island Robotics), Lionel Loubersac (ABYSSA NC).

On passe rapidement en revue ici les outils permettant de cartographier et de caractériser la surface des fonds marins et on développe plus particulièrement les éléments propres aux AUV (Autonomous Underwater Véhicules ou robots sous-marins autonomes), leur système de patrouille, leurs capteurs, leurs données...

On distinguera les outils et techniques opérés depuis la surface et celles utilisables en autonomie et en pleine eau.

Depuis la surface

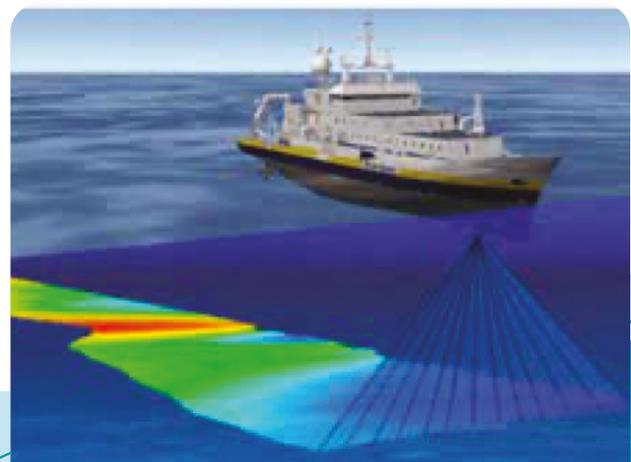
On a deux grands types d'outils :

- Ceux opérés depuis un navire, inféodés à ce navire et qui vont donc observer les fonds à distance, nous traiterons principalement des sondeurs multifaisceaux
- Ceux opérés également depuis un navire de surface, reliés à celui-ci par un cordon ou un câble d'alimentation énergétique et de transfert des données qui sont des outils qui opèrent directement sur le fond : les ROV (Remotely Operated Vehicle ou véhicule sous marin téléopéré).

Les sondeurs multifaisceaux

Le sondeur multifaisceaux est un appareil, généralement monté sous la coque d'un navire, permettant de mesurer depuis la surface la profondeur d'eau en plusieurs points sur une large bande. La largeur de cette bande peut aller jusqu'à 20 km par 5 000 m de fond. Il balaye le fond en même temps que le navire se déplace, selon plusieurs directions dans l'axe transversal du navire et avec une résolution d'autant plus grande que ses faisceaux sont étroits.

Le sondeur émet une onde acoustique (un son) qui va se propager dans l'eau, être réfléchi par le fond, et repartir vers la surface. Il va ensuite enregistrer cet écho et mesurer le temps qu'a mis l'onde pour parcourir cet aller-retour fond-surface. Avec cette mesure de temps de parcours, et connaissant la vitesse de propagation des ondes acoustiques dans l'eau de mer, le sondeur est capable de calculer la distance qu'a parcouru l'onde, et donc la profondeur.



Cet outil permet d'obtenir deux informations sur le fond :

- la bathymétrie (ou profondeur), information de base pour étudier la morphologie du fond des océans,

- Mais aussi la réflectivité qui est l'intensité de l'écho réfléchi, grandeur qui est directement liée à la nature du fond : plus le fond est constitué de sédiments meubles (boue, vase), plus la réflectivité est faible, plus le fond est dur (cailloutis, roche), plus la réflectivité sera grande.

Ces instruments servent à établir des cartes marines de navigation, des modèles numériques représentant en 3D la configuration d'un fond marin, d'étudier les reliefs sous-marins ou bien encore de proposer le tracé de pose des câbles et pipelines sous-marins.

Ils utilisent des fréquences allant d'une dizaine de kilohertz pour les grands fonds à plusieurs centaines de kilohertz pour les très petits fonds.

On comprend que la résolution (le détail) des objets détectés sur le fond est directement dépendante de la distance (profondeur) à laquelle se trouve cet objet. C'est grâce au sondeur multifaisceaux de l'Ifremer embarqué sur le navire océanographique l'Atalante que dans le programme Zonéco 25% des fonds de la ZEE (Zone Économique Exclusive) de Nouvelle-Calédonie ont pu être levés à des résolutions d'une cinquantaine de mètres.

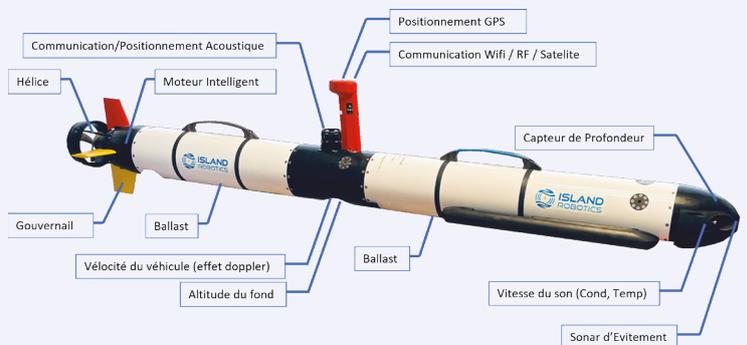
A noter que ce type de sondeur autorise aussi une information sur la masse d'eau : présence de poissons ou de bulles (flux gazeux).

Les ROV ou véhicules sous-marin téléopérés

Les ROV sont de petits robots sous-marins reliés au navire de surface par un ombilic, donc contrôlé à distance. Ils permettent une acquisition rapide d'informations numériques précises, physicochimiques et surtout visuelles. C'est donc principalement une information optique du de la surface du fond qu'ils fournissent en temps réel : détails morphologiques, nature du fond, présence de biodiversité ... Ils possèdent généralement des systèmes de prélèvement avec des bras manipulateurs pouvant récupérer des échantillons de roches et d'organismes vivants, comme assurer des travaux sous-marins (réparation de câbles par exemple). Les utilisations principales des ROV sont l'industrie offshore, l'industrie câblière, la défense (démunage notamment), la recherche scientifique. On comprend que le rayon d'action d'un ROV est directement dépendant de la position du navire en surface auquel il est inféodé et à la longueur de l'ombilic qui le relie. Certains peuvent descendre jusqu'à 6.000 mètres tel que le Victor 6000 de l'Ifremer ici illustré.



Dans la masse d'eau en autonome : les AUV ou robots sous-marins autonomes



Un robot autonome sous-marin se déplace dans l'eau de manière autonome, il a une forme de torpille afin de minimiser sa traînée hydrodynamique, ce qui permet de limiter la consommation énergétique. Les plus petits, opérant dans des tranches d'eau inférieures à 300m, comme celui de Island Robotics qui fut utilisé le 3 octobre 2023 lors de la sortie Bailly, sont transportables à la main par une personne seule. Les plus gros, susceptibles de descendre à 6.000m comme ceux que ABYSSA met en œuvre peuvent mesurer plusieurs mètres de longueur et peser jusqu'à 2 tonnes. L'autonomie varie de quelques heures à quelques jours. On programme en surface une trajectoire prédéfinie puis le robot accomplit celle-ci de façon autonome sous la mer en se positionnant à une distance du fond qu'on lui fixe. Plus il est proche du fond plus les détails géométriques obtenus seront précis. Au terme de la mission, il revient en surface et est récupéré. Les communications avec le robot se font par modems acoustiques et sont très limitées durant la mission en raison des faibles débits de ces modems. Ainsi, les données collectées ne sont accessibles que lorsque le robot revient en surface. Les AUV sont alimentés par des batteries. Ils sont propulsés par un ou plusieurs moteurs à hélice, Leur vitesse est de l'ordre de 2 à 5 nœuds. Certains robots autonomes sous-marins se déplacent en planant, grâce à un ballast permettant de faire varier leur flottabilité. Ce type de robot porte le nom de glider et dispose d'une autonomie énergétique très supérieure (de l'ordre de plusieurs mois), en raison de leur déplacement très lent (0.5 nœud).

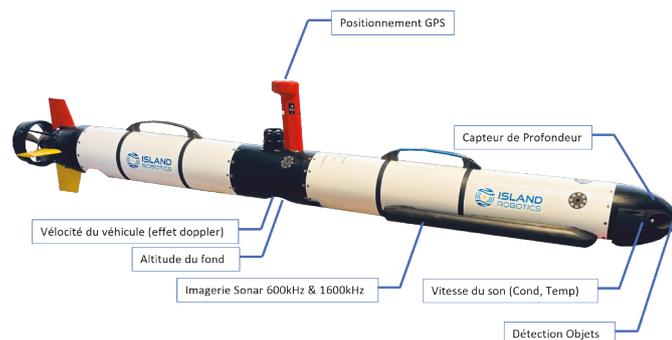
De quoi les AUV sont-ils équipés ?

Les AUV ont de multiples applications : bathymétrie, nature du fond, études géophysiques, cartographie des habitats, et caractérisation environnementales, inspection d'infrastructures, recherche d'épaves, détection de mines et explosifs, surveillance maritime, mesure de courants, mesures hydrologiques...

Mais alors que dans 3000 m d'eau, la résolution horizontale sur le fond d'un multifaisceaux sera de l'ordre 50 m. Un A.U.V. naviguant proche du fond (< 150 m) voit à cette distance du fond une résolution horizontale de l'ordre 3 m et bien plus précise s'il se place à 5 mètres

La charge utile (ensemble des systèmes de détection) qui équipe les AUV d'ABYSSA comprend, des capteurs sauf exception (le multifaisceaux, le SAS), du même type que ceux des AUV petits fonds de Island Robotics :

- Un sondeur bathymétrique multifaisceaux : Capteur acoustique : 200 à 400 kHz ; altitude au-dessus du fond de 150 m à 5 m ; résolution horizontale de 3 m à < 10 cm ; données collectées bathymétrie : morphologie, relief (naturel ou objet), réflectivité fond : nature du fond ; réflectivité colonne d'eau : panaches, flux gazeux, suintements.
- Un sonar synthétique à large fauchée (SAS) pour les AUV Grands fonds : capteur acoustique : ~ 400 kHz ; altitude au-dessus du fond < 30 m ; résolution horizontale < 5 cm ; données collectées = réflectivité fond, nature du fond, relief, détection d'objets (épaves, câbles, conduites...).
- Un sonar à balayage latéral pour les AUV petites fonds : capteur acoustique de plusieurs fréquences 200kHz, 600kHz et 1,600kHz, avec une résolution horizontale jusqu'à 6mm ; données collectées = réflectivité fond, nature du fond, relief, détection d'objets (épaves, câbles, conduites...).



- Un sondeur de subsurface : capteur acoustique : 4-12 kHz ; altitude au-dessus du fond < 50 m ; résolution verticale ~0.25 m ; données collectées = réflexions dans le sous-sol et géologie de la subsurface.

- Un capteur magnétométrique : magnétomètre 3 composantes ; altitude au-dessus du fond < 150 m ; données collectées = anomalies magnétiques, géologie du sol et sous-sol, détection d'objets métalliques.

- Un capteur optique : caméra optique ultra haute définition ; altitude au-dessus du fond < 10 m (~ 5 m) ; données collectées = Images ultra haute définition du fond.

- Des capteurs environnementaux : paramètres physiques et chimiques de la masse d'eau ; altitude au-dessus du fond < 150 m ; données collectées = température, conductivité, turbidité, oxygène dissous, pH, méthane...

- Un capteur courantologique : capteur acoustique (Acoustic Doppler Current Profiler) ; altitude au-dessus du fond < 100 m ; données collectées = vitesse du courant dans la colonne d'eau entre l'AUV et le fond.

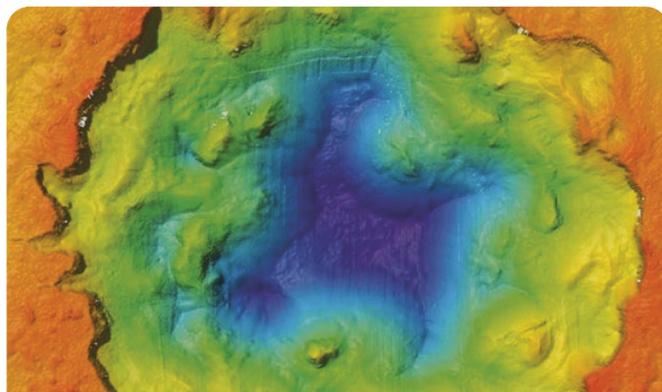


Image multifaisceaux acquisite par un AUV (source GEOMER)



Image SAS depuis un AUV d'une épave (source Marine et Océans)

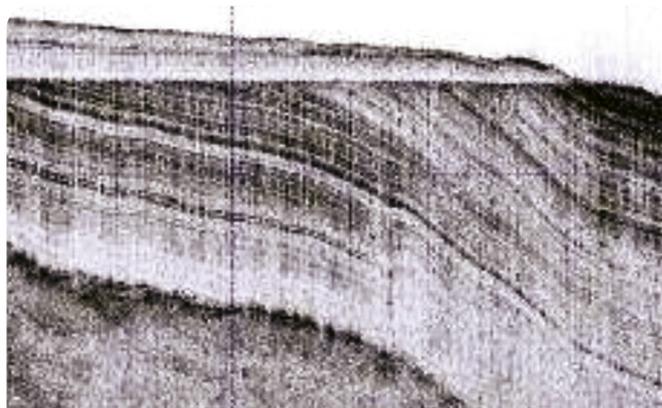
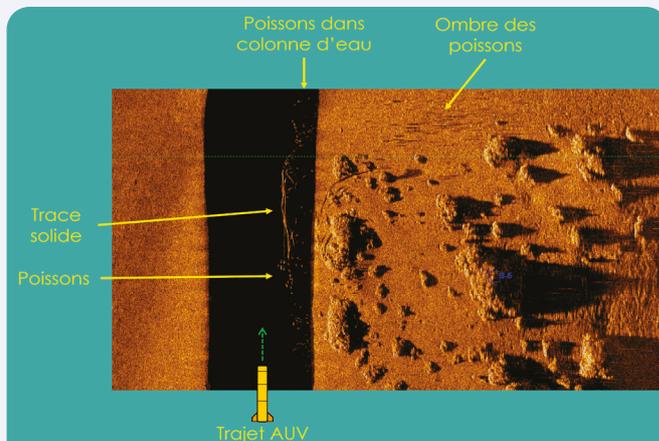


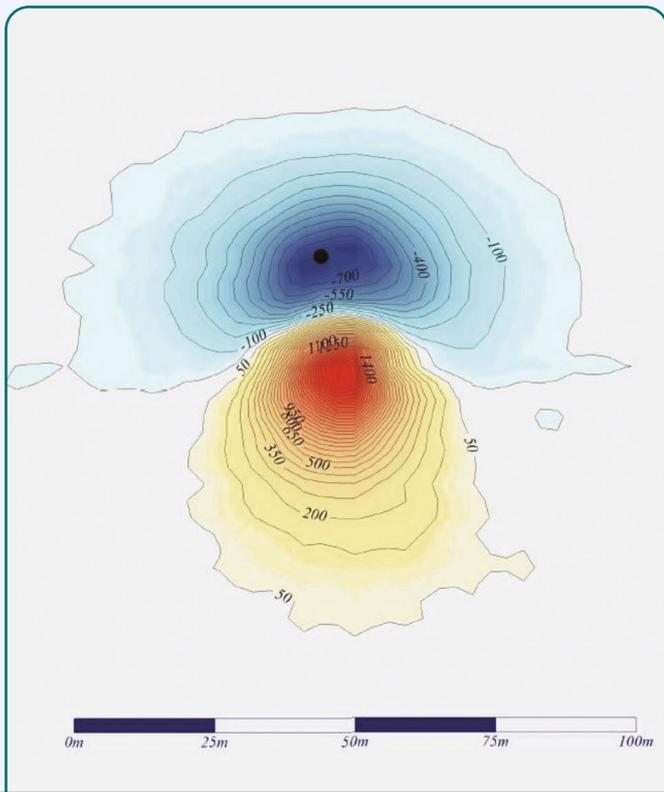
Image du sondeur à sédiment sur AUV (source ABYSSA)



Image optique de l'étrave d'une épave (source Cathxocean)



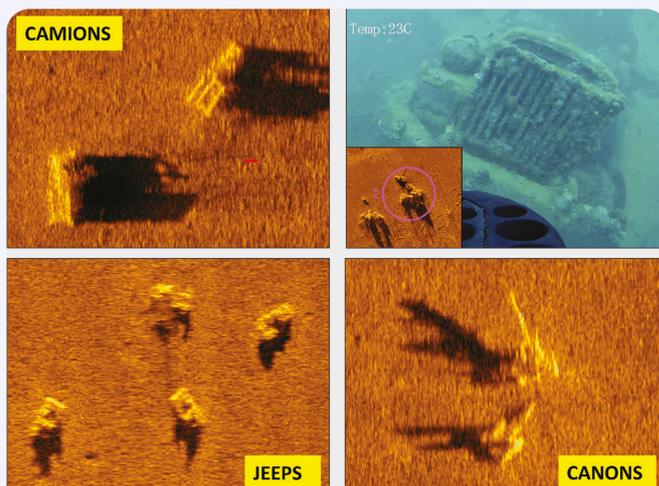
Exemple passage AUV avec un sonar à balayage latéral



Anomalie magnétométrique détectée par un AUV à 10 mètres au-dessus d'une épave de la seconde guerre mondiale (source ABYSSA)



Déploiement d'un AUV petits fonds



Objets sous-marins détectés sur l'imagerie sonar du 3 octobre 2023, sortie Bailly

LEÇONS À TIRER SUR LA COMPLÉMENTARITÉ DES OUTILS DÉCRITS.

- 1) Utiliser un multifaisceaux permettant le levé, à résolution moyenne, de larges espaces en morphologie du fond et en nature du fond
- 2) Faire patrouiller un AUV sur les zones d'intérêt détectées (mont sous-marin, source hydrothermale, faciès spécifiques support de biodiversité, zones où se situeraient des objets sous-marins...), en outre équipé d'une batterie de capteurs complémentaires pour en obtenir une information en haute résolution
- 3) Envoyer alors, sur des zones précises, un ROV pour acquisition de données très fines (notamment optique) et assurer les prélèvements possibles d'échantillons ou la mise en œuvre d'interventions.

REMERCIEMENTS

La construction et l'édition de cette fiche fait partie de l'Opération « **Parcours éducatif «mer» : éduquer aux enjeux et aux métiers du maritime en Nouvelle-Calédonie, dans une approche intégrée du genre** », soutenue par l'État dans le cadre du Fonds d'Intervention Maritime (FIM) opéré par la Direction Générale des Affaires Maritimes, de la Pêche et de l'Aquaculture (DGAMPA).

Elle est le fruit d'un partenariat entre le Vice-Rectorat de la Nouvelle Calédonie et les eux clusters calédoniens : le cluster maritime (CMNC) et le Cluster Comité 3E (CC3E) et a été réalisée sous la double direction de Lionel Loubersac (fondateur et Vice-Président du CMNC) et Véronique Mollot (Fondatrice et Présidente du CC3E), coordinateurs du parcours éducatif mer calédonien et sur la base de l'expertise des auteurs.



LIBERTÉ
ÉGALITÉ
FRATERNITÉ

Liberté
Égalité
Fraternité

