

Les câbles en robotique sous-marine

Faut-il couper le cordon ?

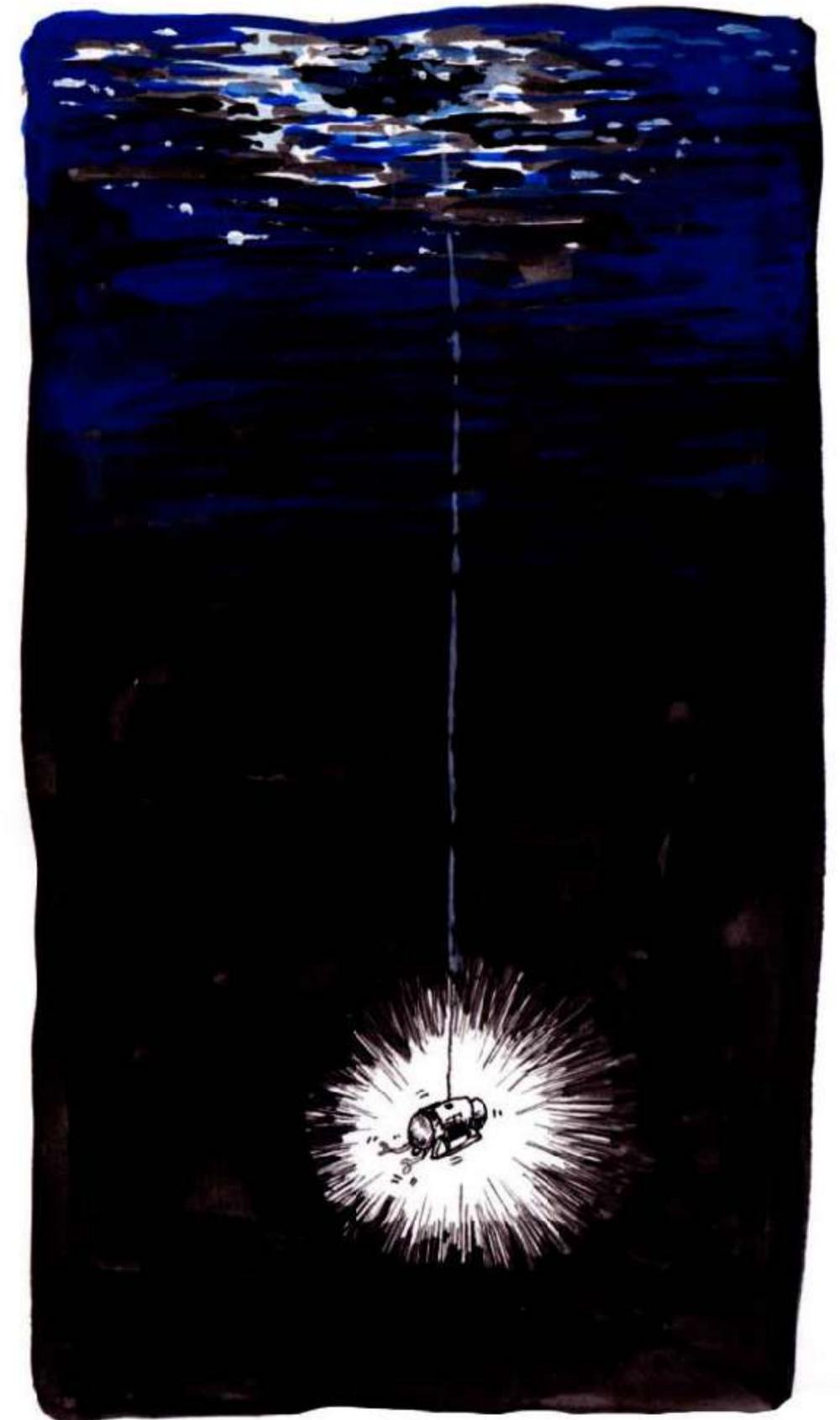
C. Dune*, M. Laranjeira, C. Boittiaux, J. Drupt, M. Filliung, B. Ghader, O. Tortoricci, C. Gomez, M. Morales, L. Monti,
V. Hugel, S. Seillier, M. Richier, C. Anthierens, R. Marxer, A. Arnaubec, M. Ferrera, N. Boizot, C. Viel, A. Comport

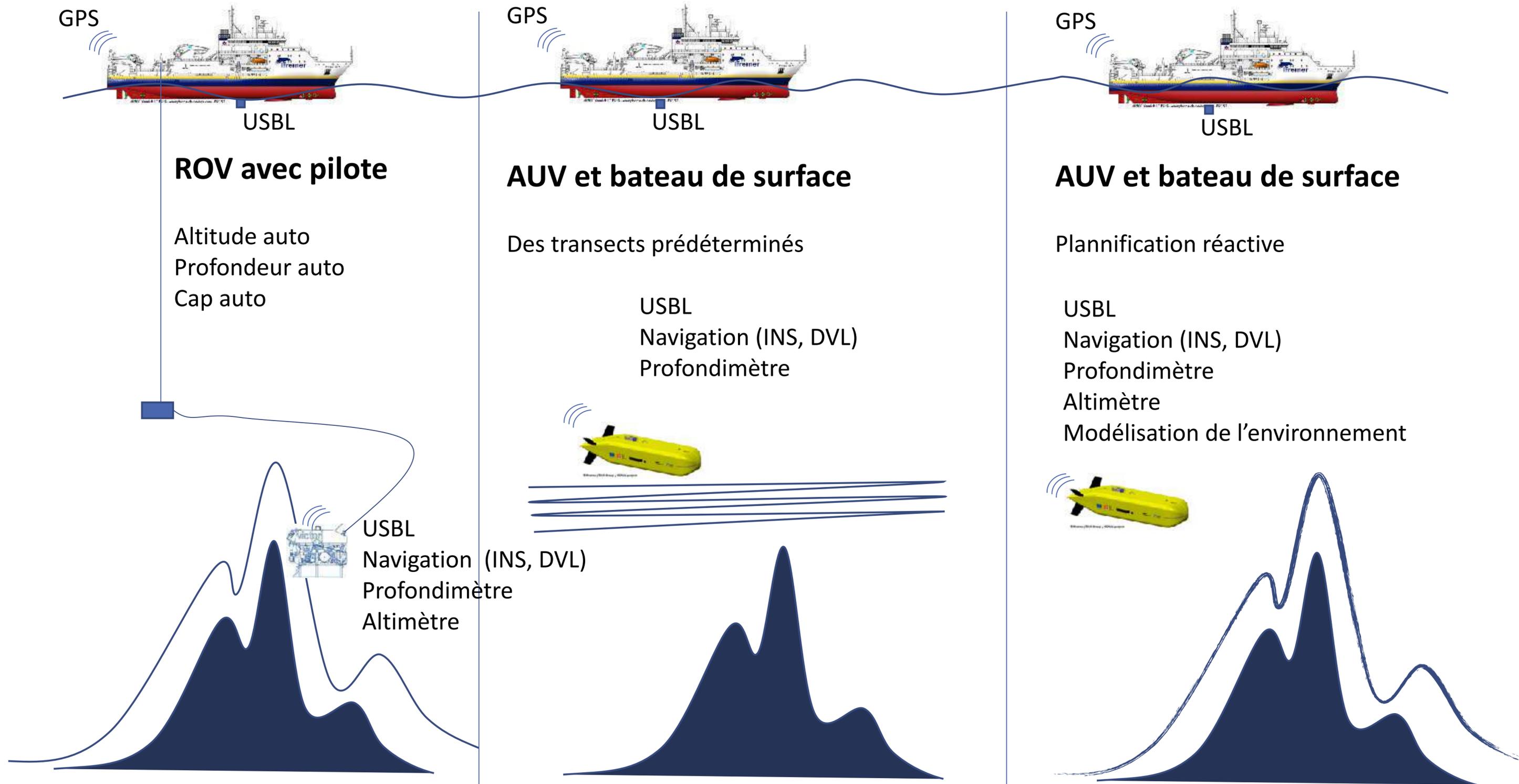
*Laboratoire de COncception de Systèmes Mécanique Et Robotiques (COSMER) - Université de Toulon
IFREMER la Seyne-sur-Mer - CNRS LabSTICC - CNRS LIS - CNRS I3S

Robotique sous-marine

Quelques spécificités

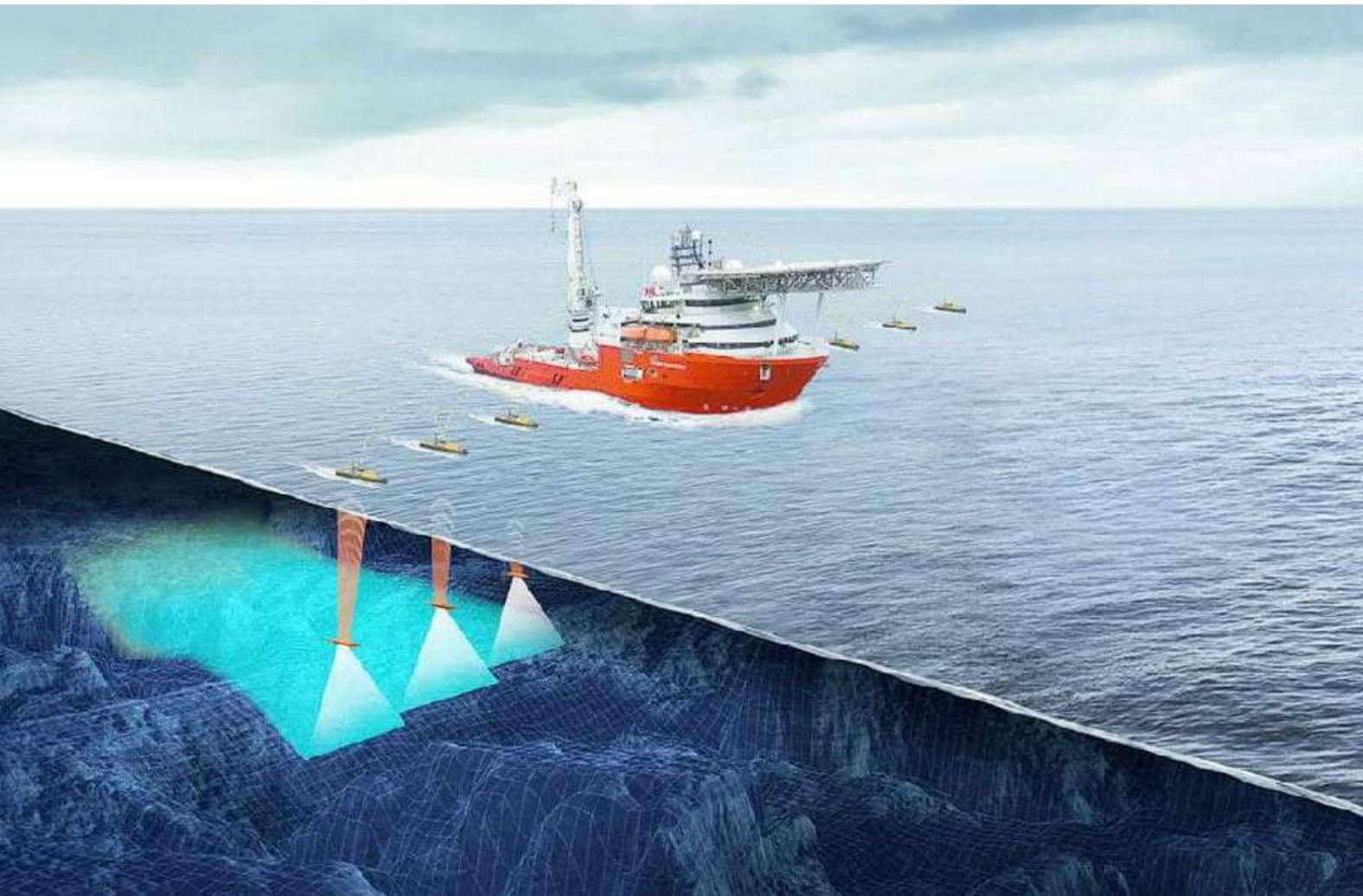
- Pas de Wifi – **Communication**
- Pas de GPS – **Localisation**
- Hydrostatique ... un robot sous pression – **Conception adaptée** (Caisson étanche ou bain d'huile.)
- Hydrodynamique – **Commande adaptée**
- Optique de l'eau : refraction, absorption de la lumière, vers un noir total au delà de 300m - **Lumière embarquée, perte des couleurs**



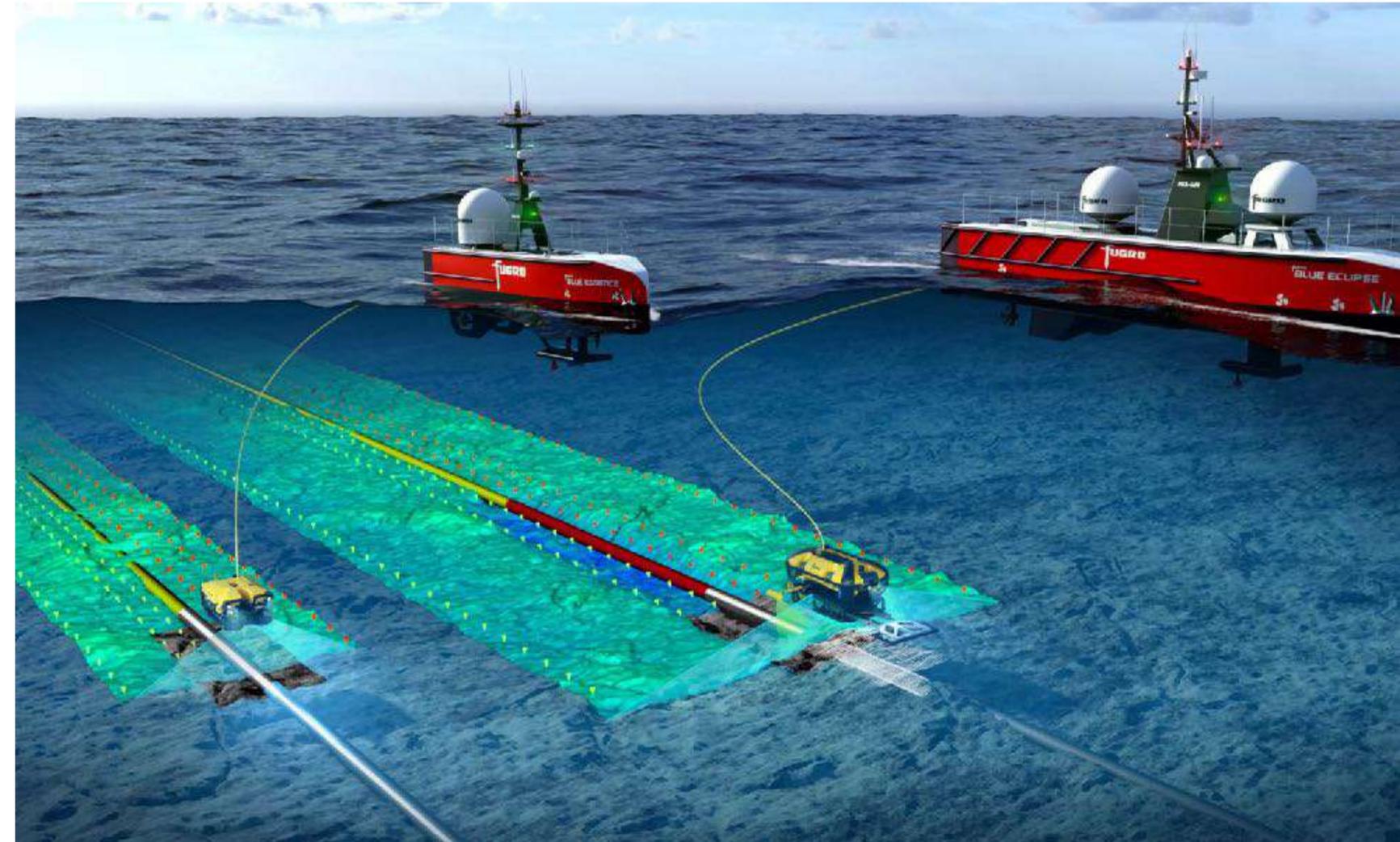


Exploration autonome des fonds marins

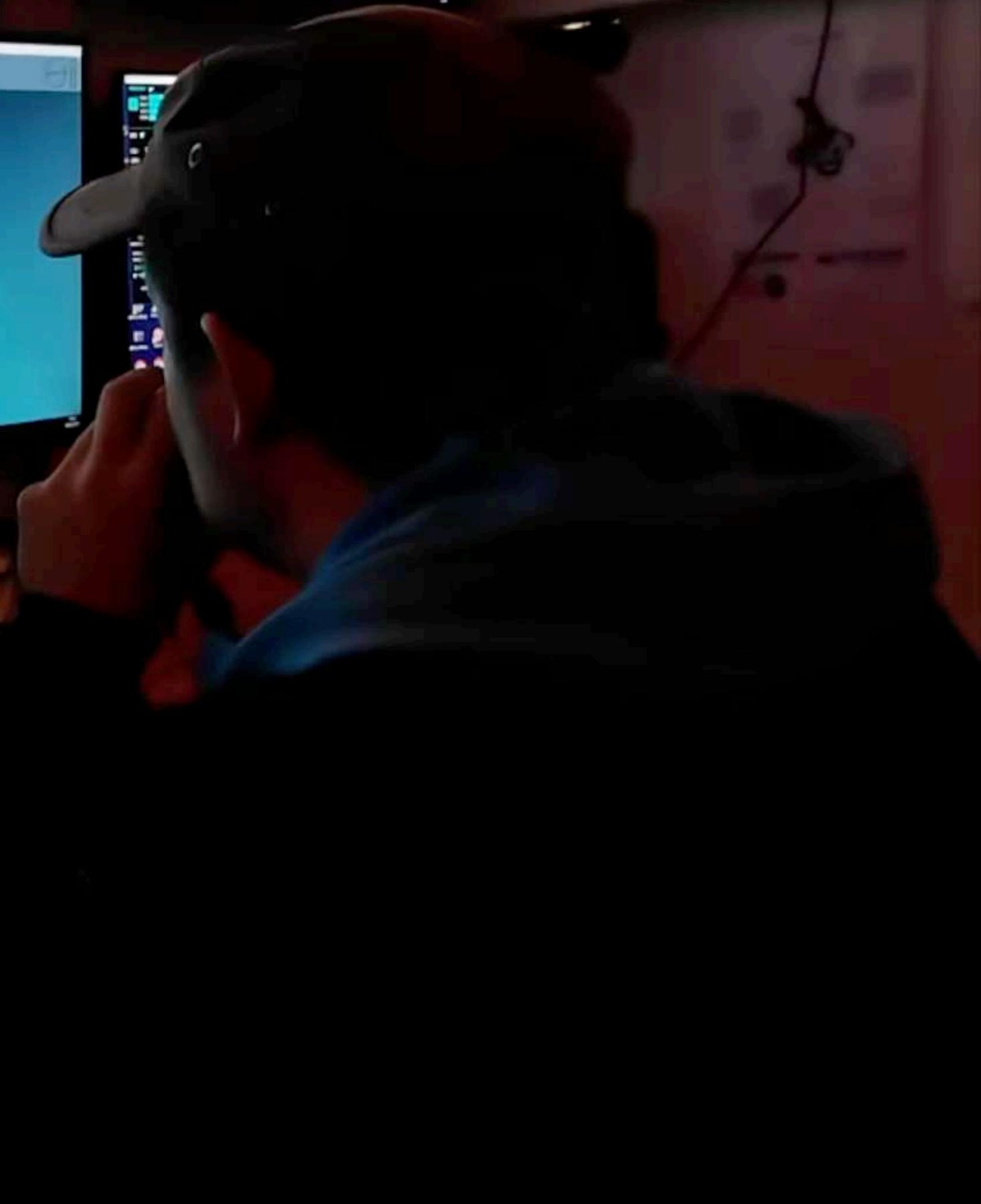
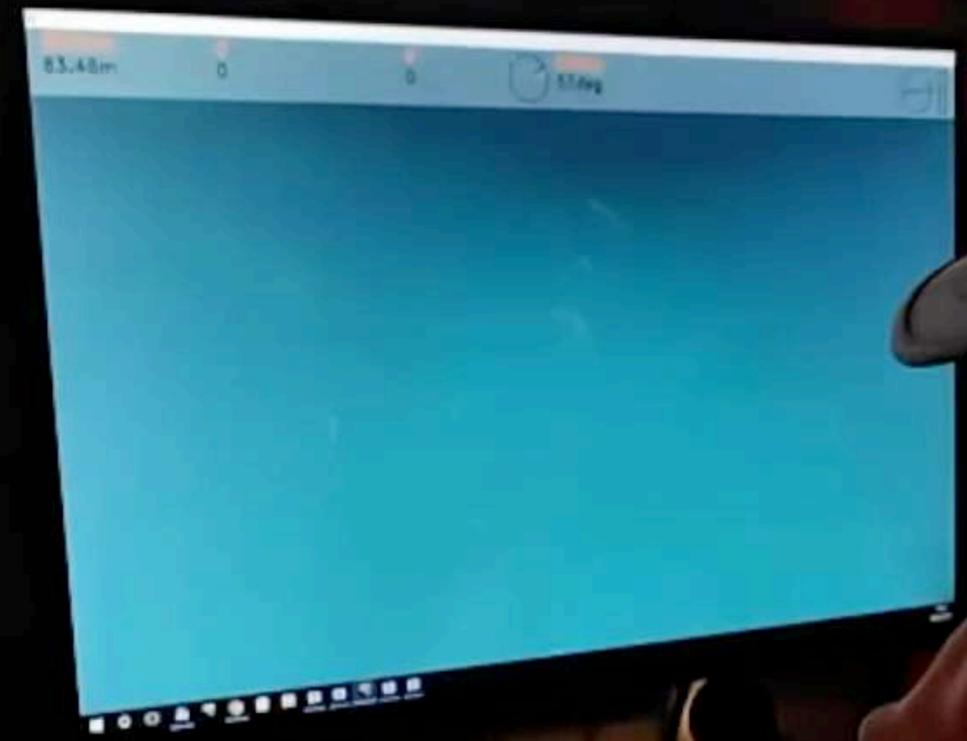
Deux stratégies

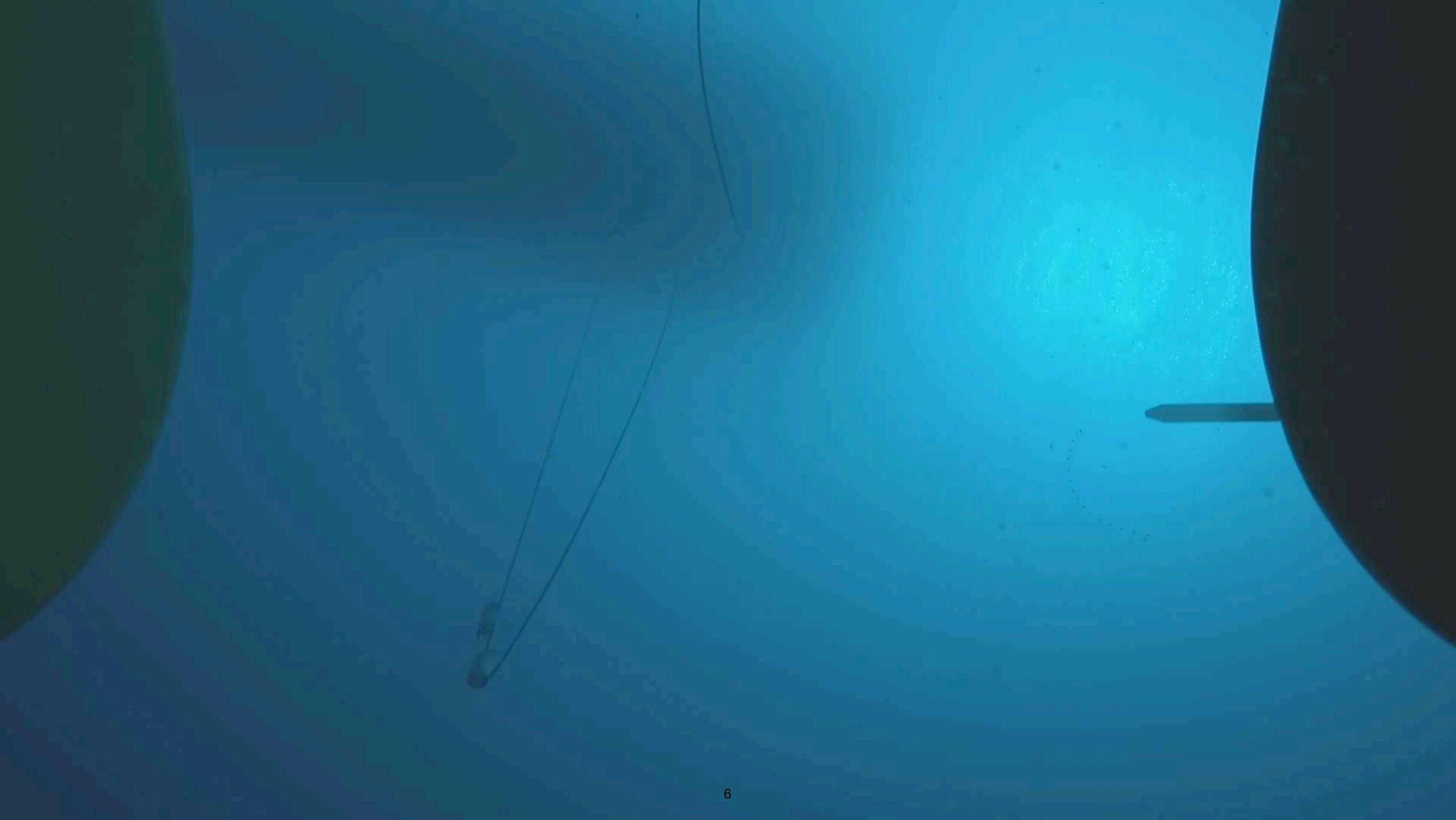


Ocean infinity



Fugro

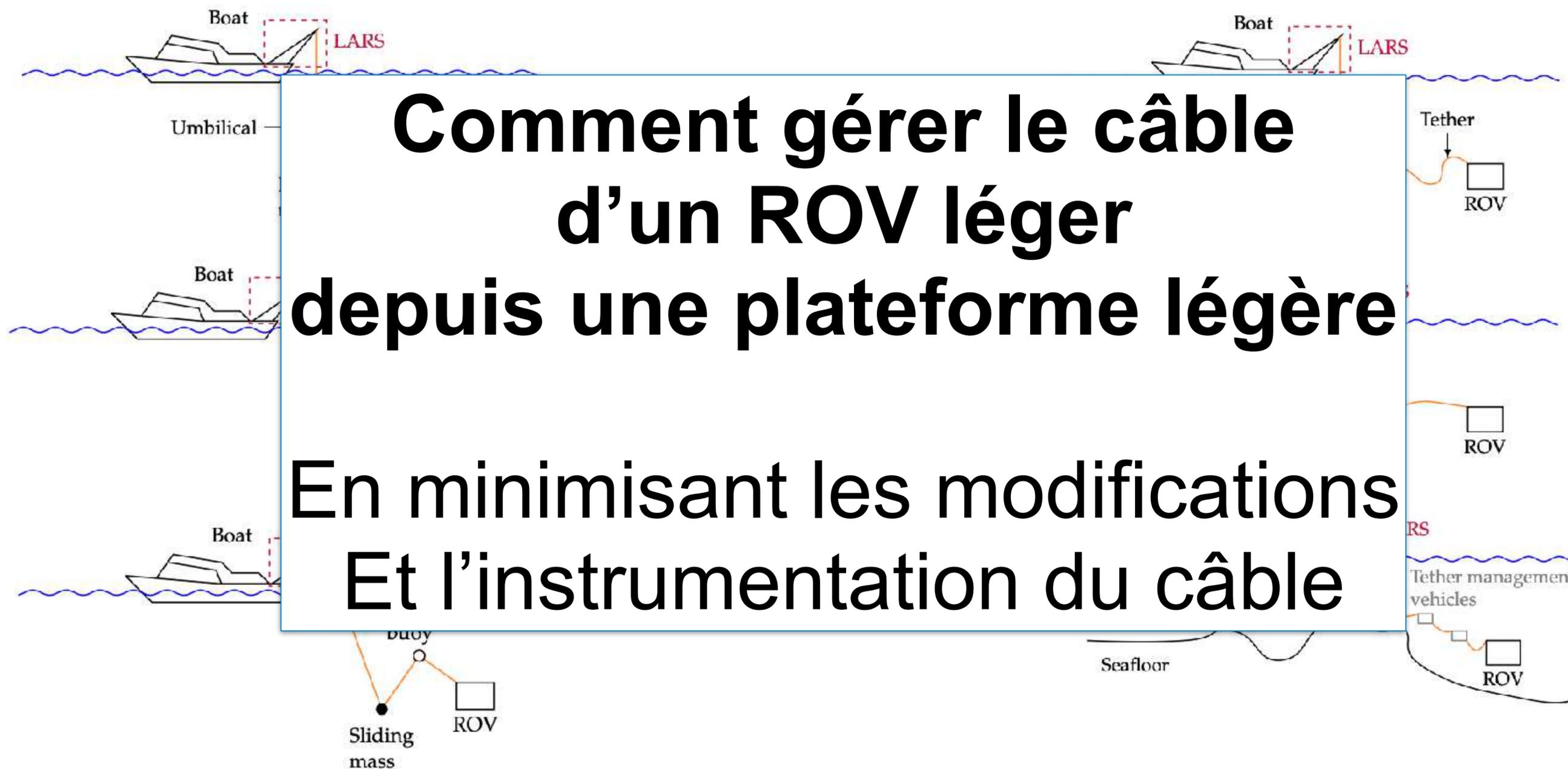




Gestion du câble

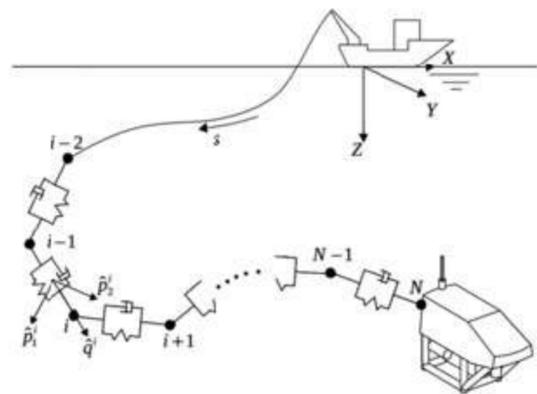
Stratégies passives

Stratégies actives



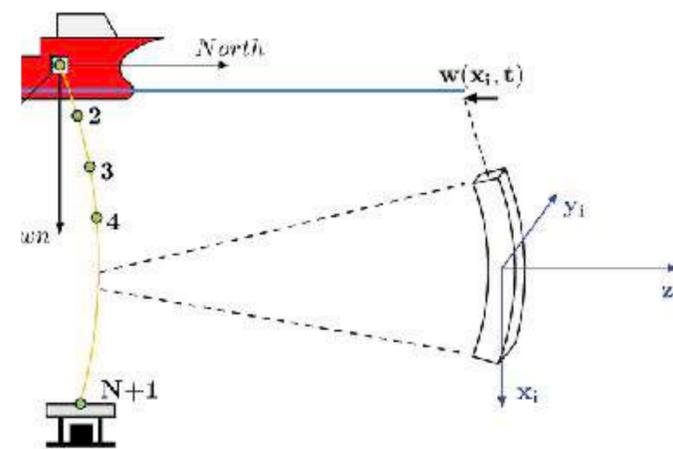
Estimation de la position du câble

Les modèles de câble

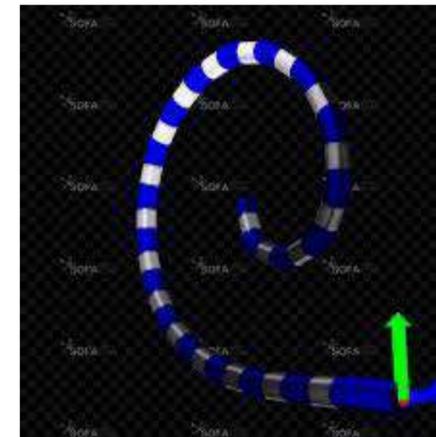


Mass-Spring-Damper (Buckham, 1997)

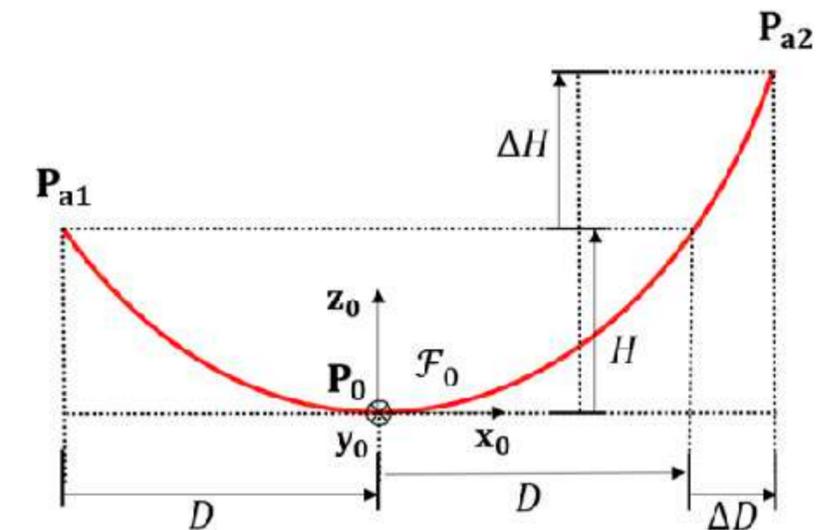
Vortex CM Labs, MoorDyn (hall 2020)



Finite Element models (Eidsvik et al., 2016; Meng et al., 2020).



Cosserat (Renda et al., 2018)- SOFA



$$Z = \frac{1}{C} [\cosh(CX) - 1]$$

Matheus Laranjeira 2016-2019

Juliette Drupt 2020-2023

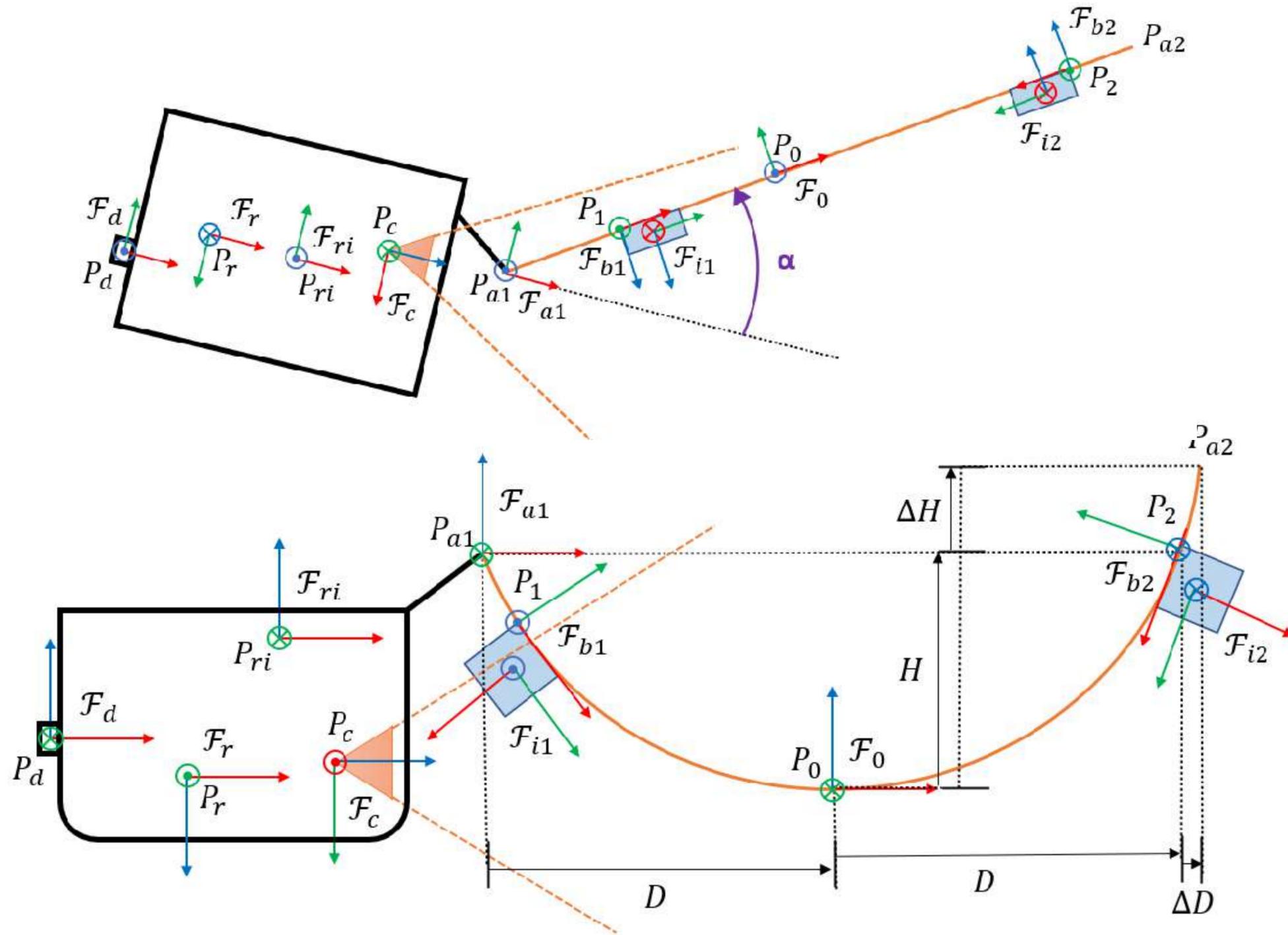
Martin Filliung 2022-2025

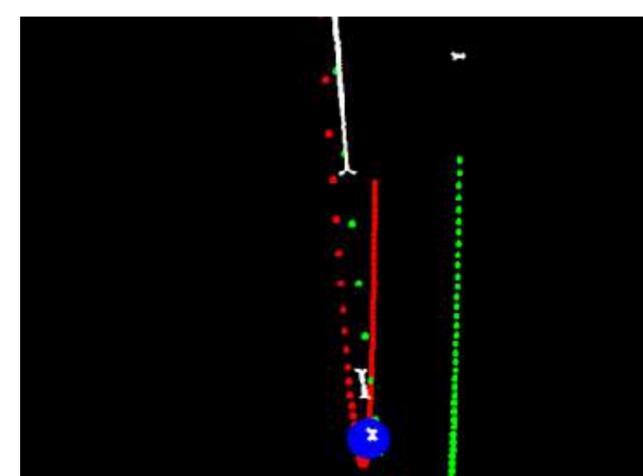
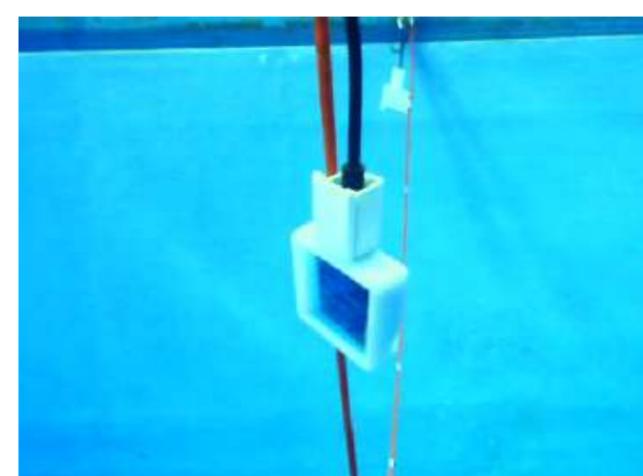
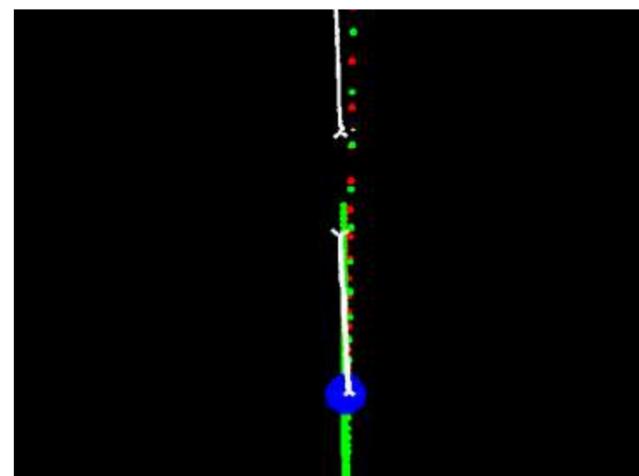
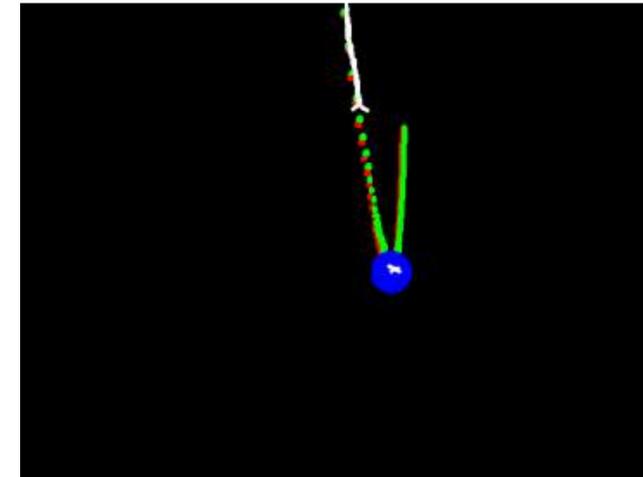
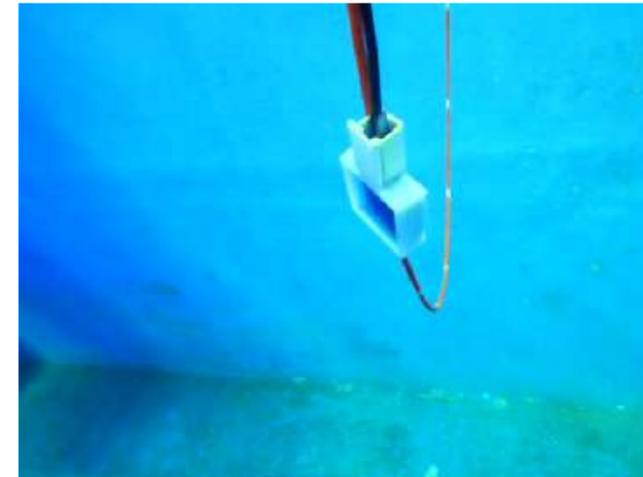
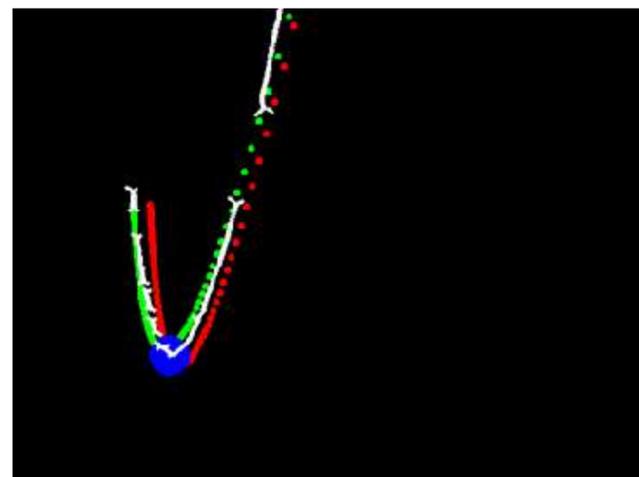
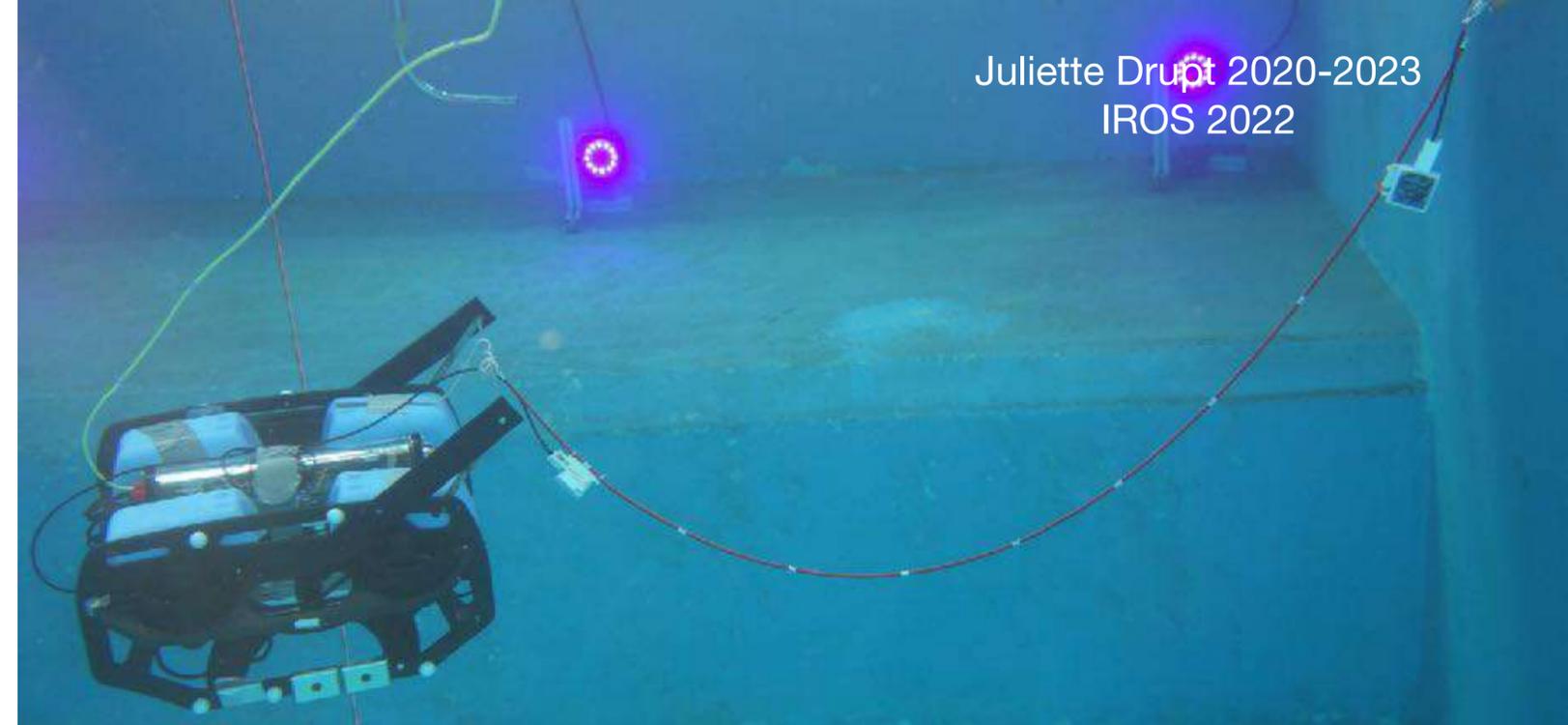
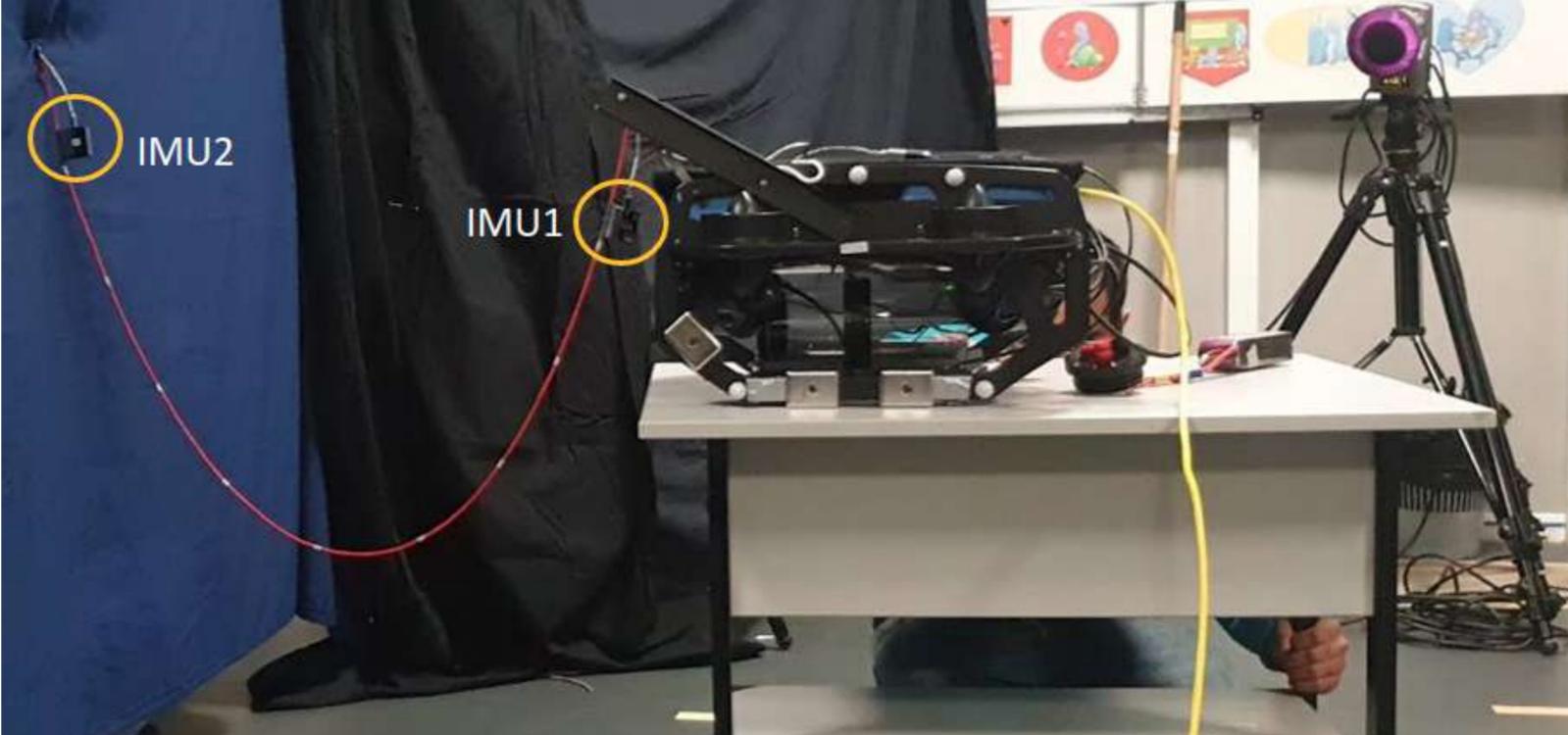
Model

Robot et chainette

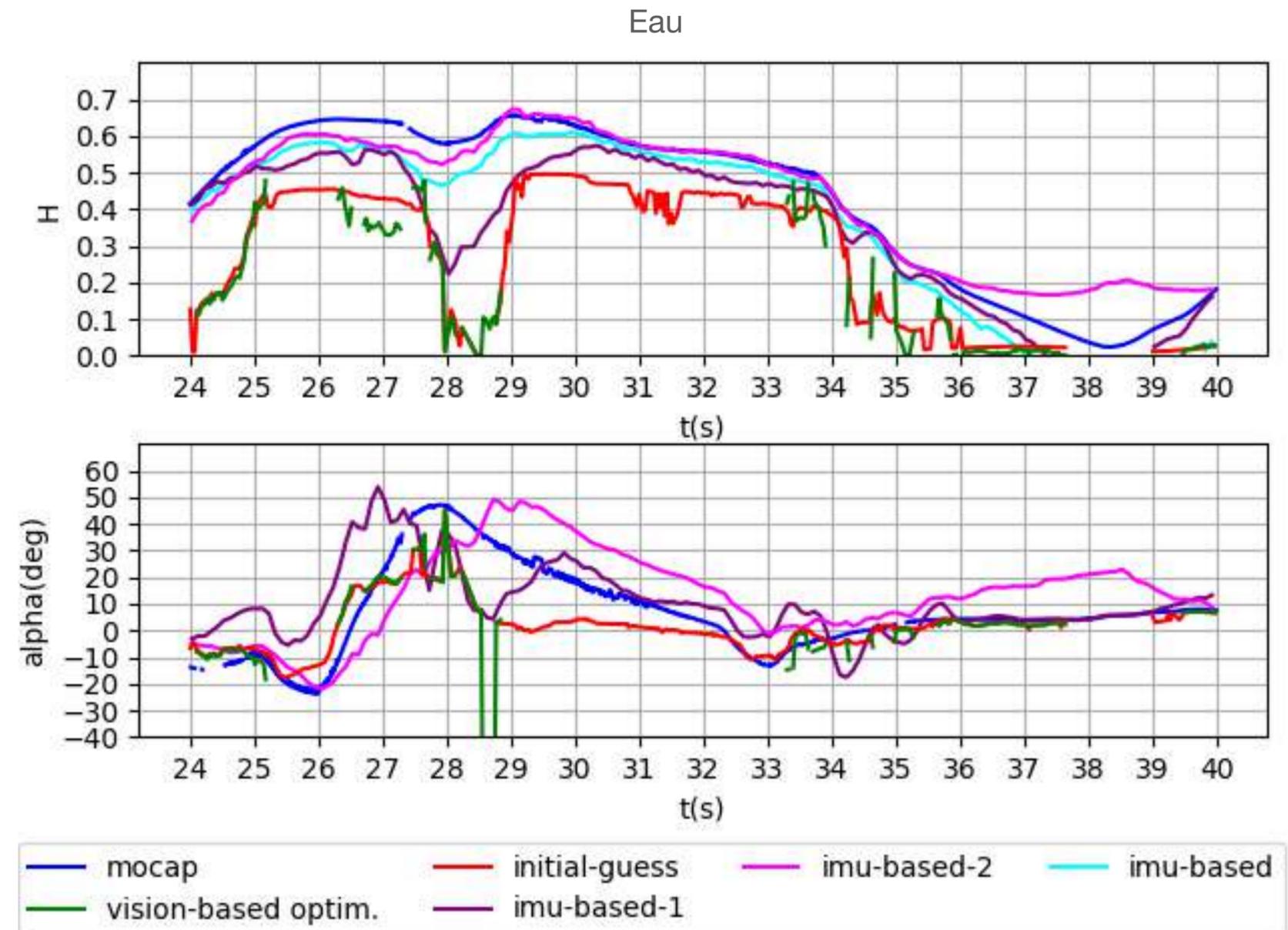
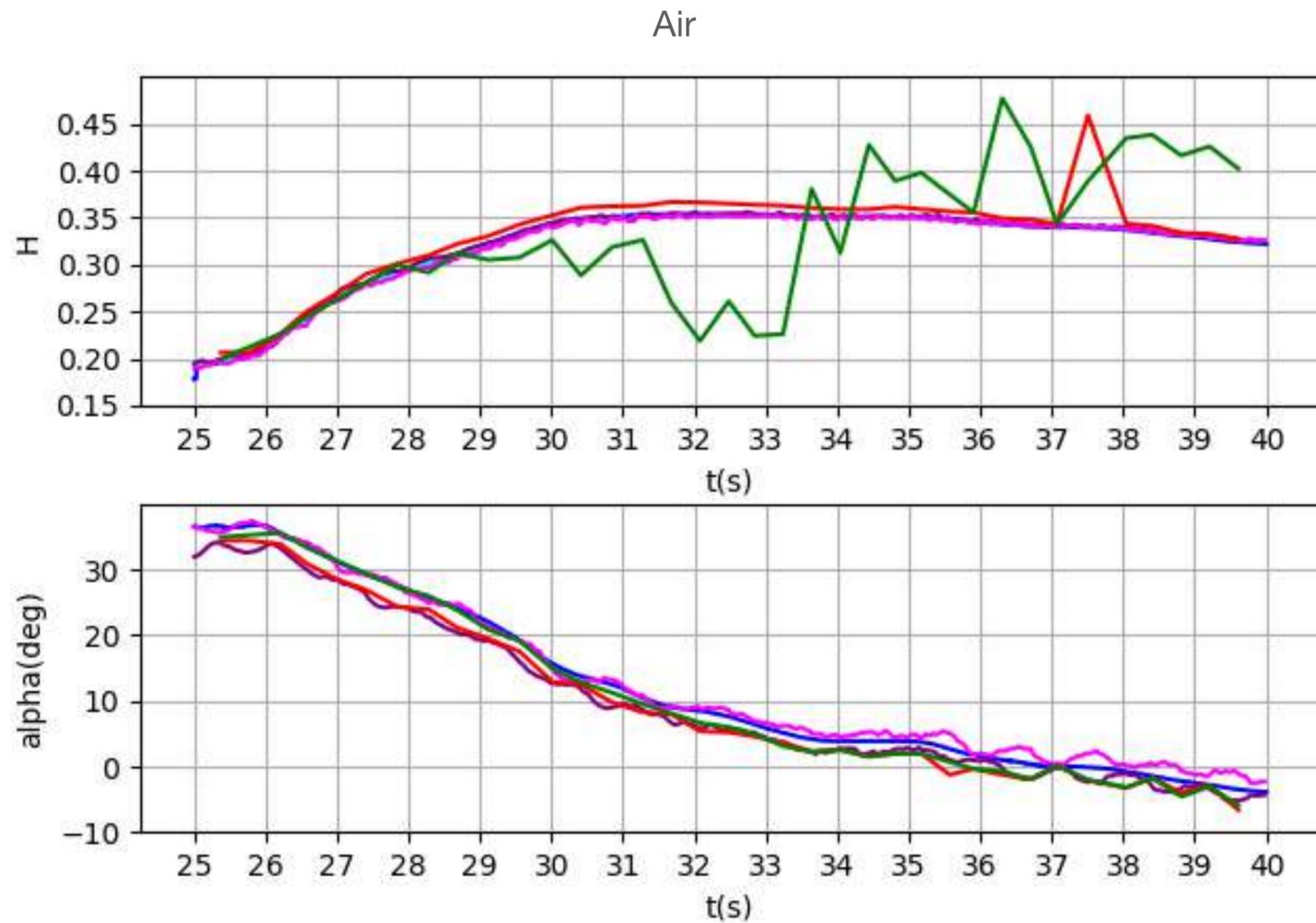
Modèle

Matheus Laranjeira 2016-2019
Juliette Drupt 2020-2023
Martin Filliung 2022-2025



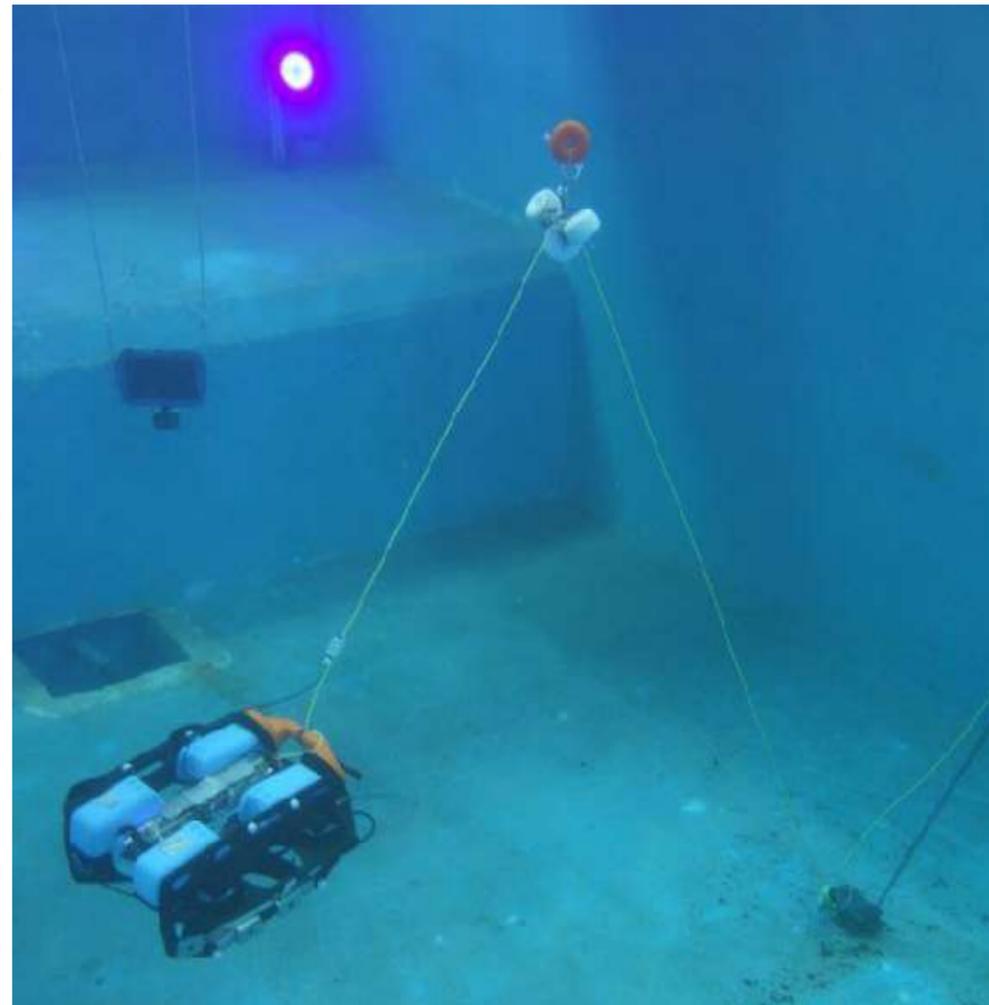
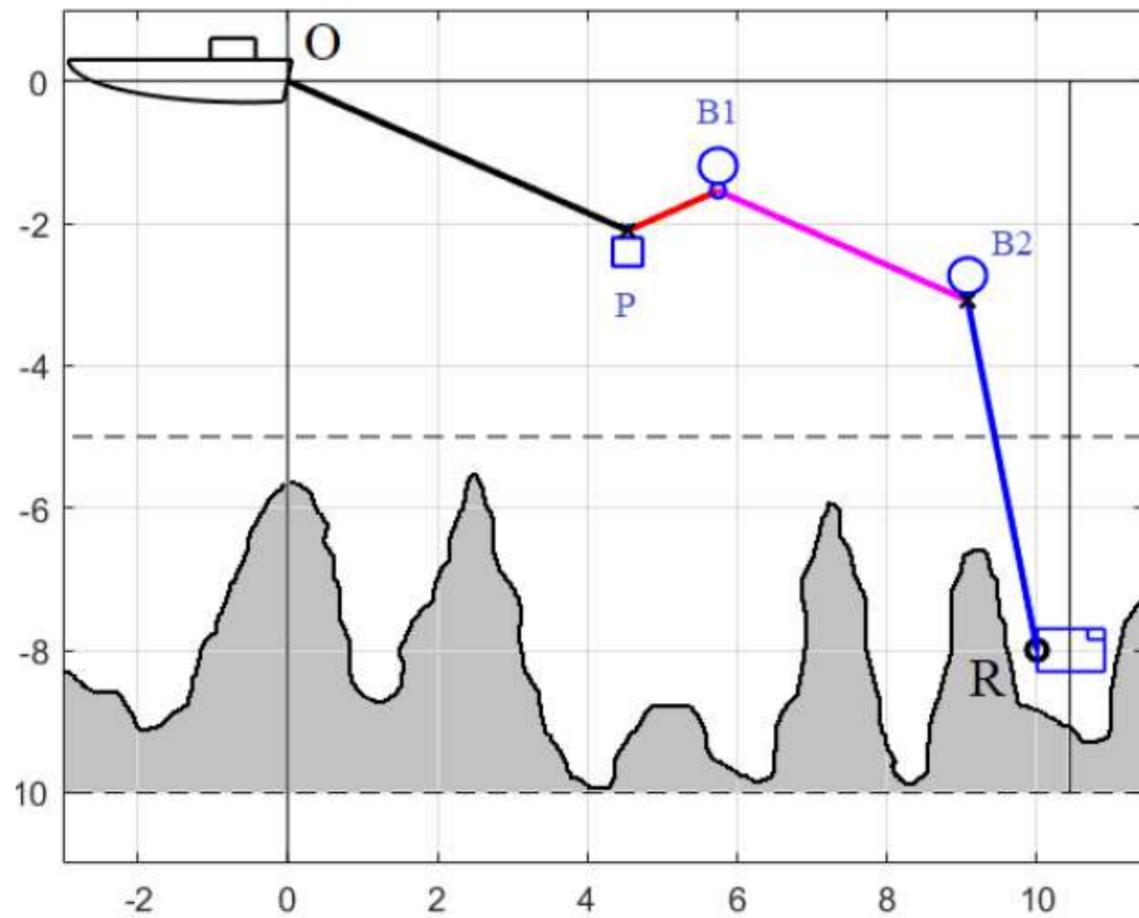


Estimation de H et alpha dans l'air et l'eau



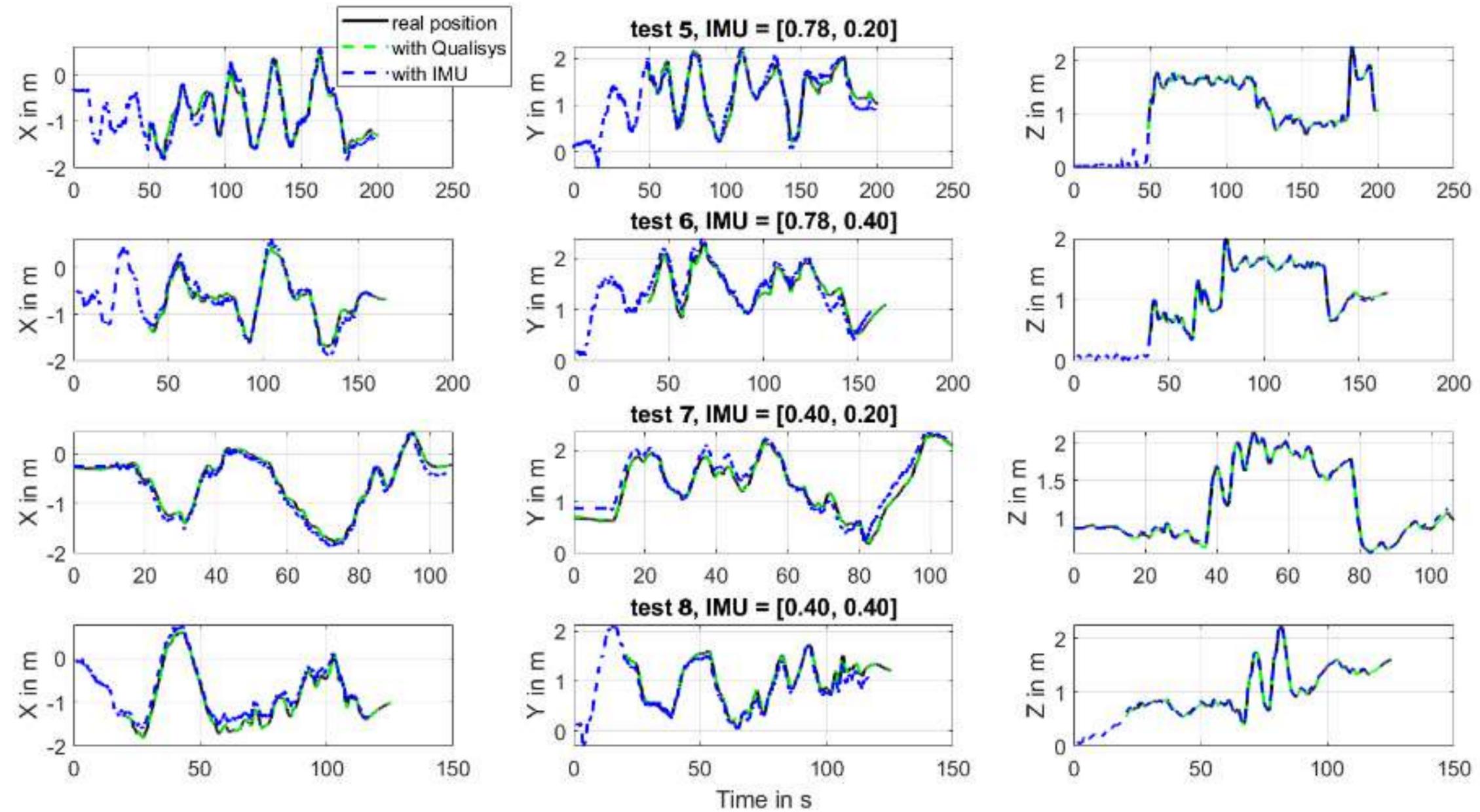
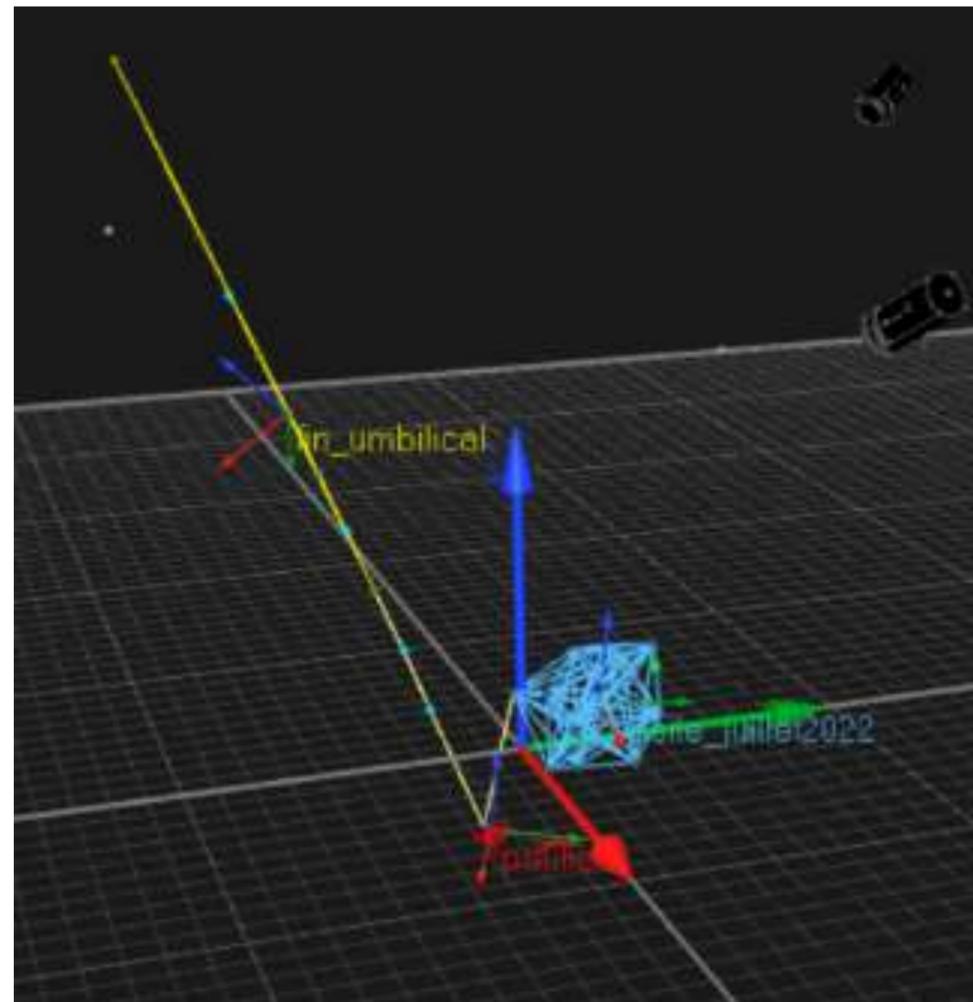
Modèle à lignes brisées

Estimation de la forme à partir de l'orientation locale



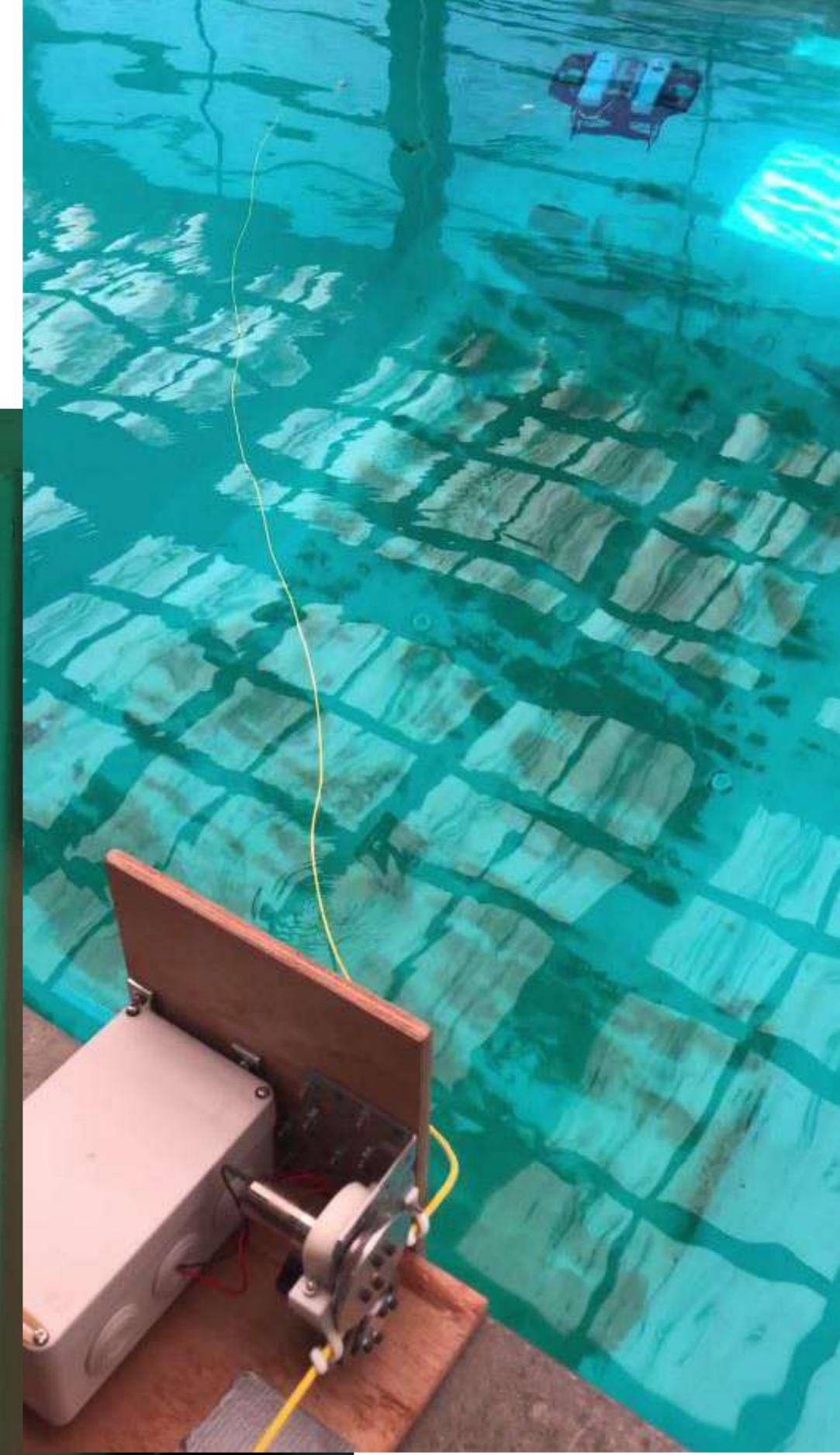
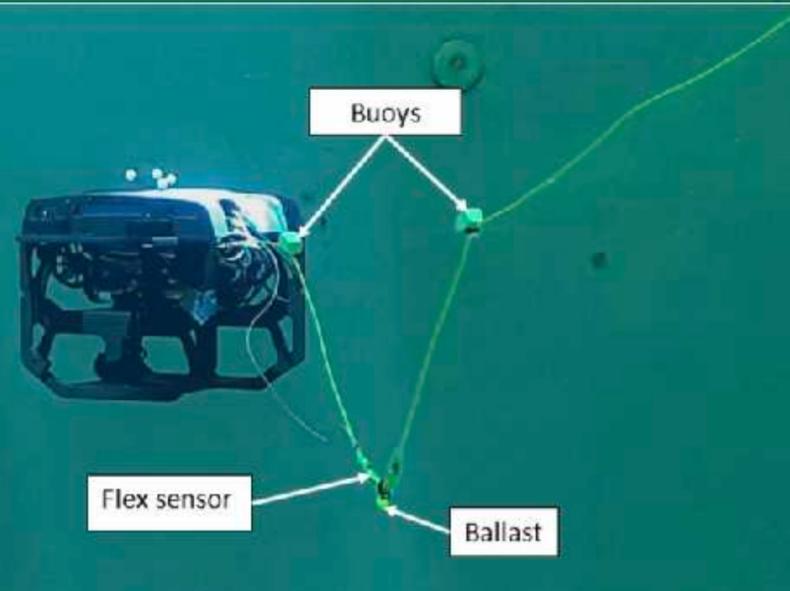
- J. Drupt, C. Viel et al. "ROV Localization using Ballasted Umbilical Equipped with IMUs", IEEE Journal of Oceanic Engineering, to appear in 2025
- C. Viel, J. Drupt, et al. "Self-management of the umbilical of a roV for underwater exploration," Ocean Engineering, vol. 248, p. 110695, Mar. 2022.
- C. Viel, "Self-management of ROV umbilical using sliding buoys and stop," IEEE Rob. and Autom. Letters, vol. 7, no. 3, pp. 8061–8068, Jul. 2022.

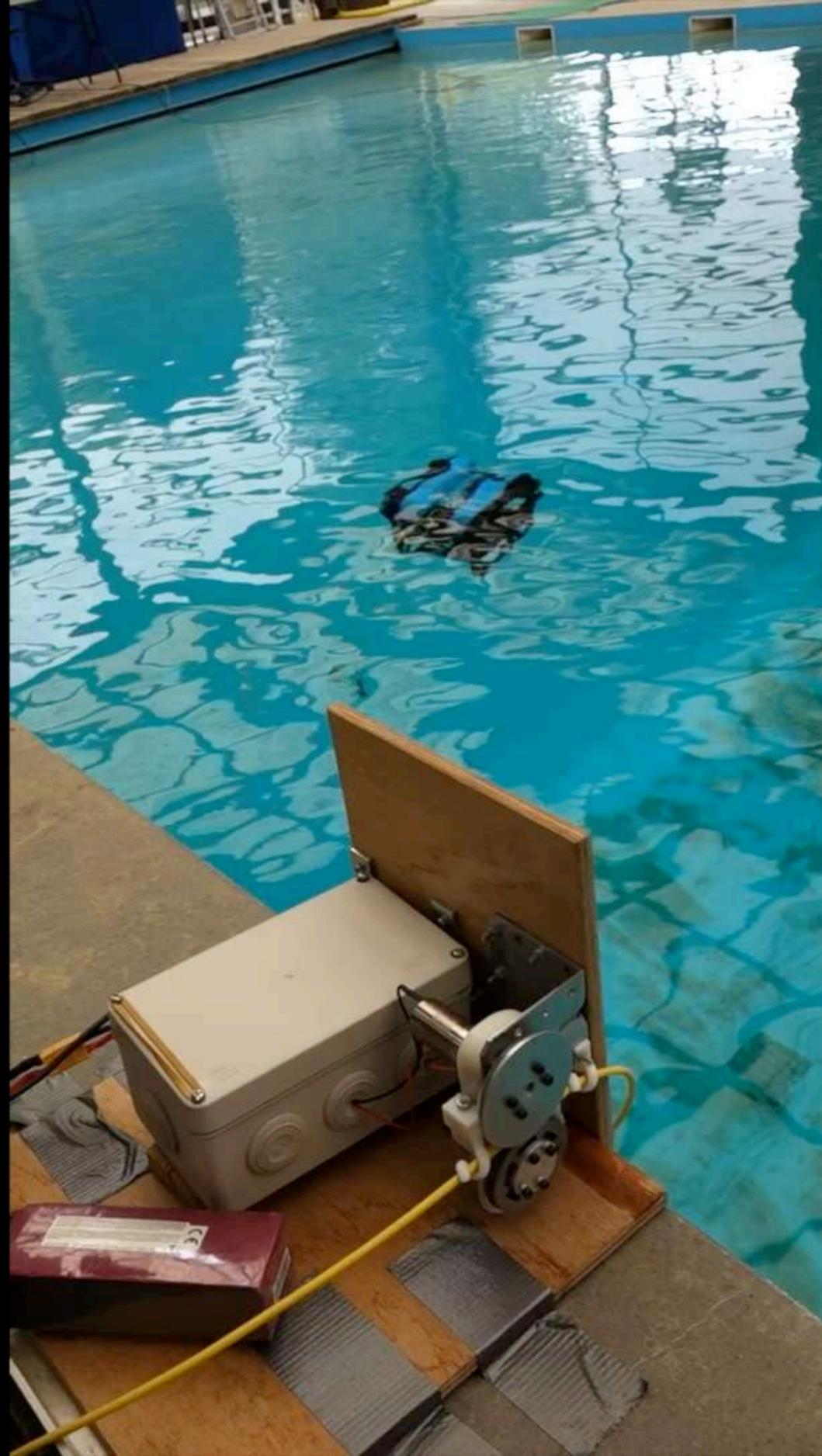
Résultat de la localisation par imu d'un cable en lignes brisées



Gestion du câble

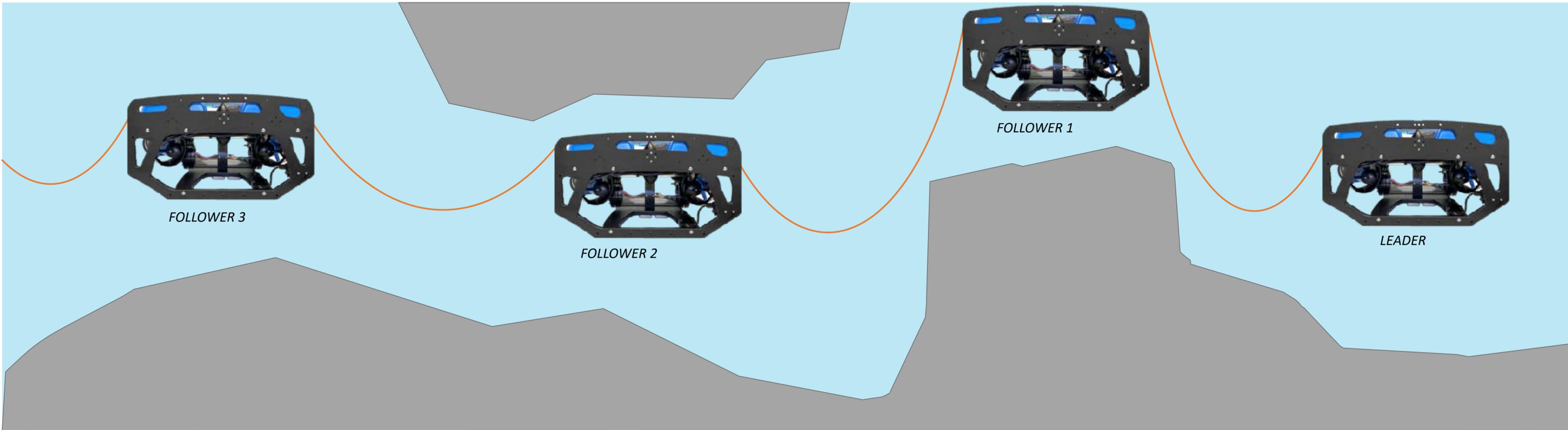
Stratégie active - enrouleur "intelligent"





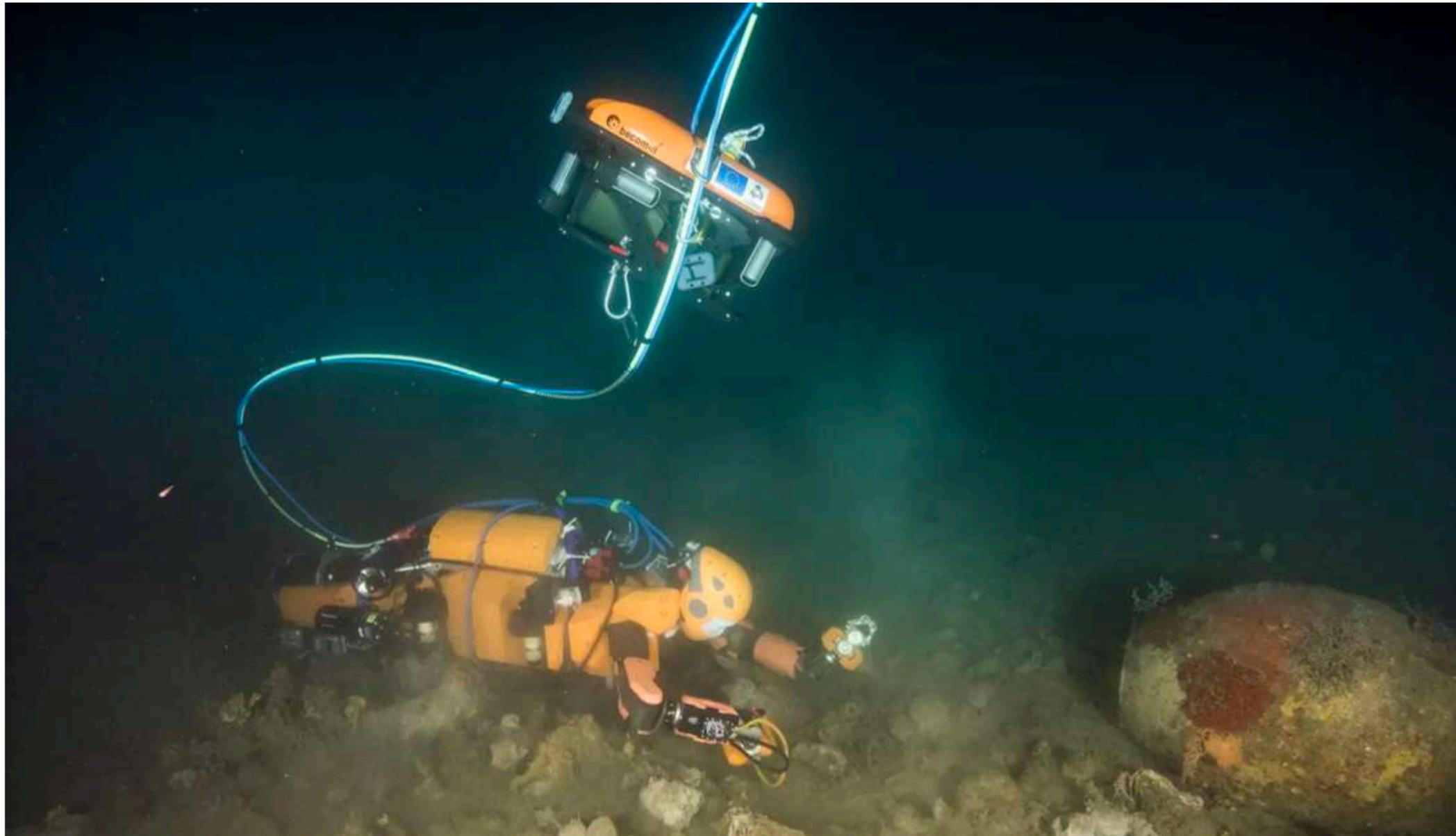
Le concept de cordée de rovs

Matheus Laranjeira 2016-2019
Juliette Drupt 2020-2023
Martin Filliung 2022-2025



Une cordée de robots

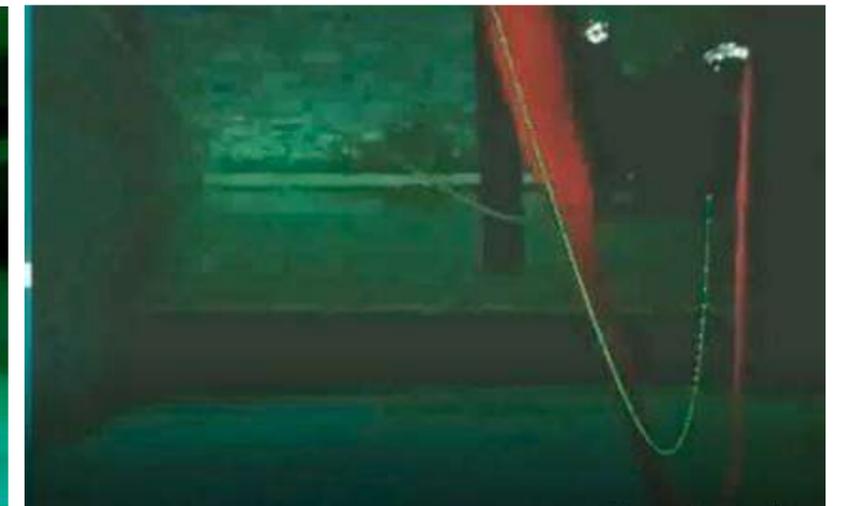
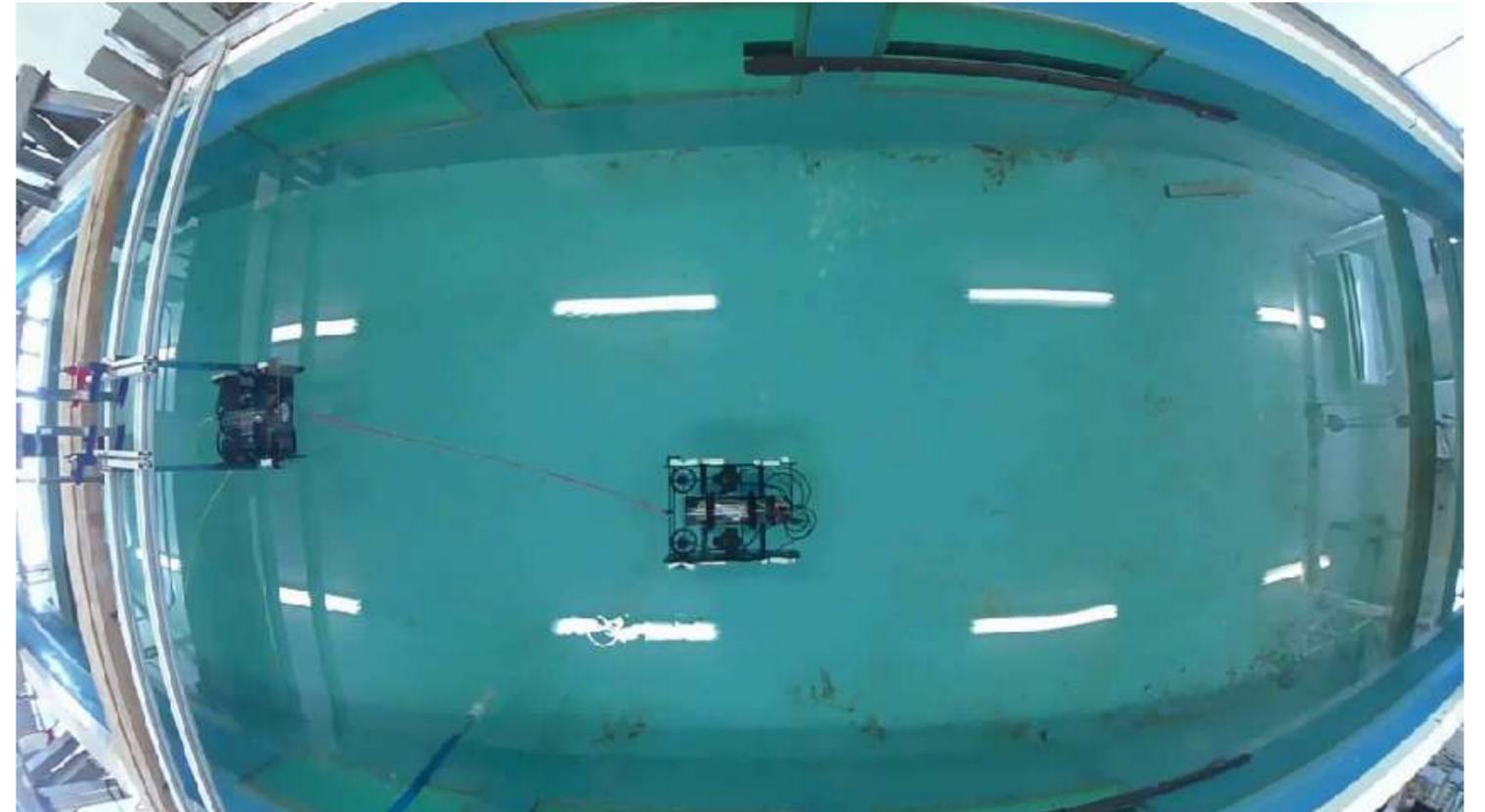
Ocean One et Leonard



Courtesy of V. Creuze CNRS LIRMM et O. Khatib Stanford University

Asservissement visuel

- Commander la cordée de proche en proche, par paire de ROVs
- Référence visuelle à proximité
- Matrice d'interaction pour un objet déformable paramétré

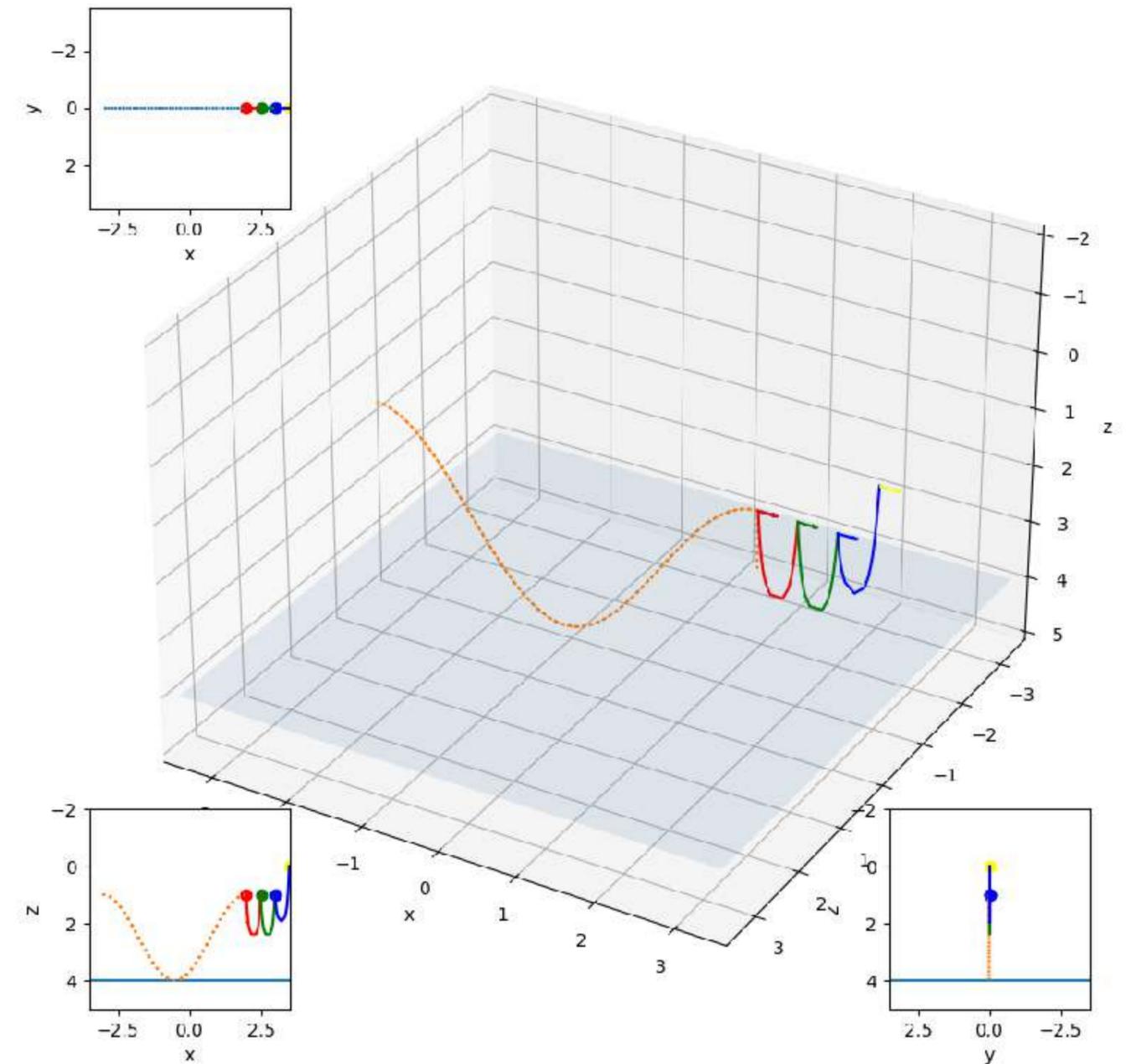
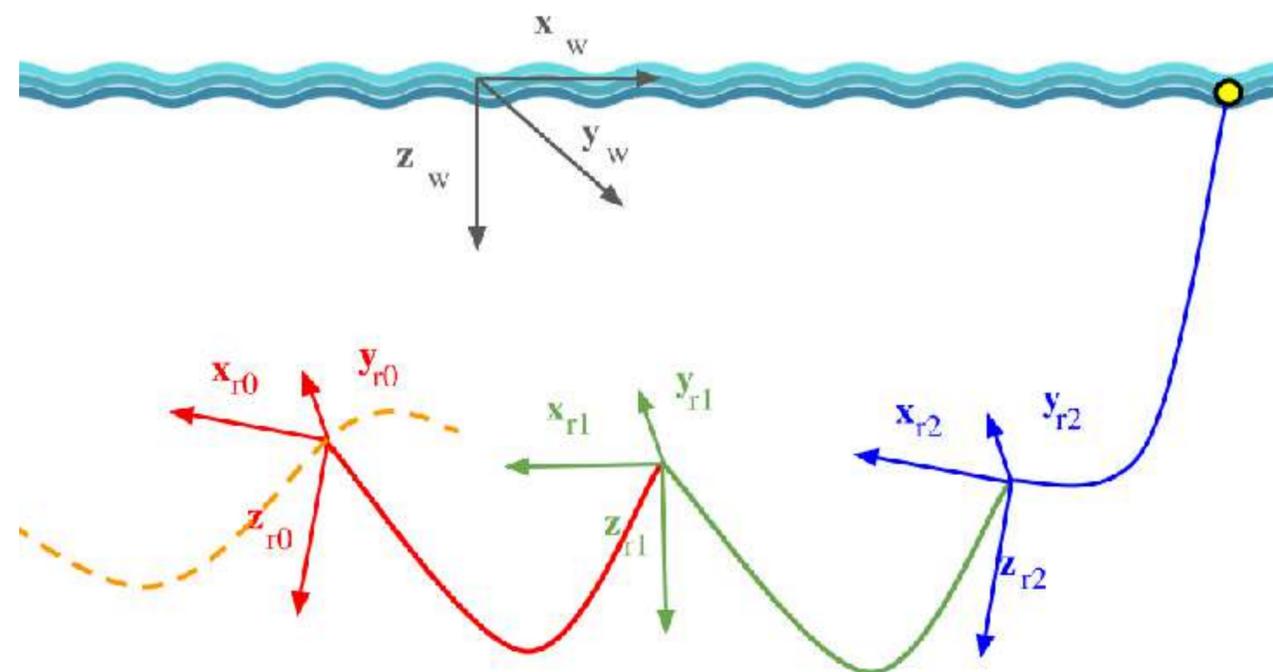




a mock tether is fixed to the Rov

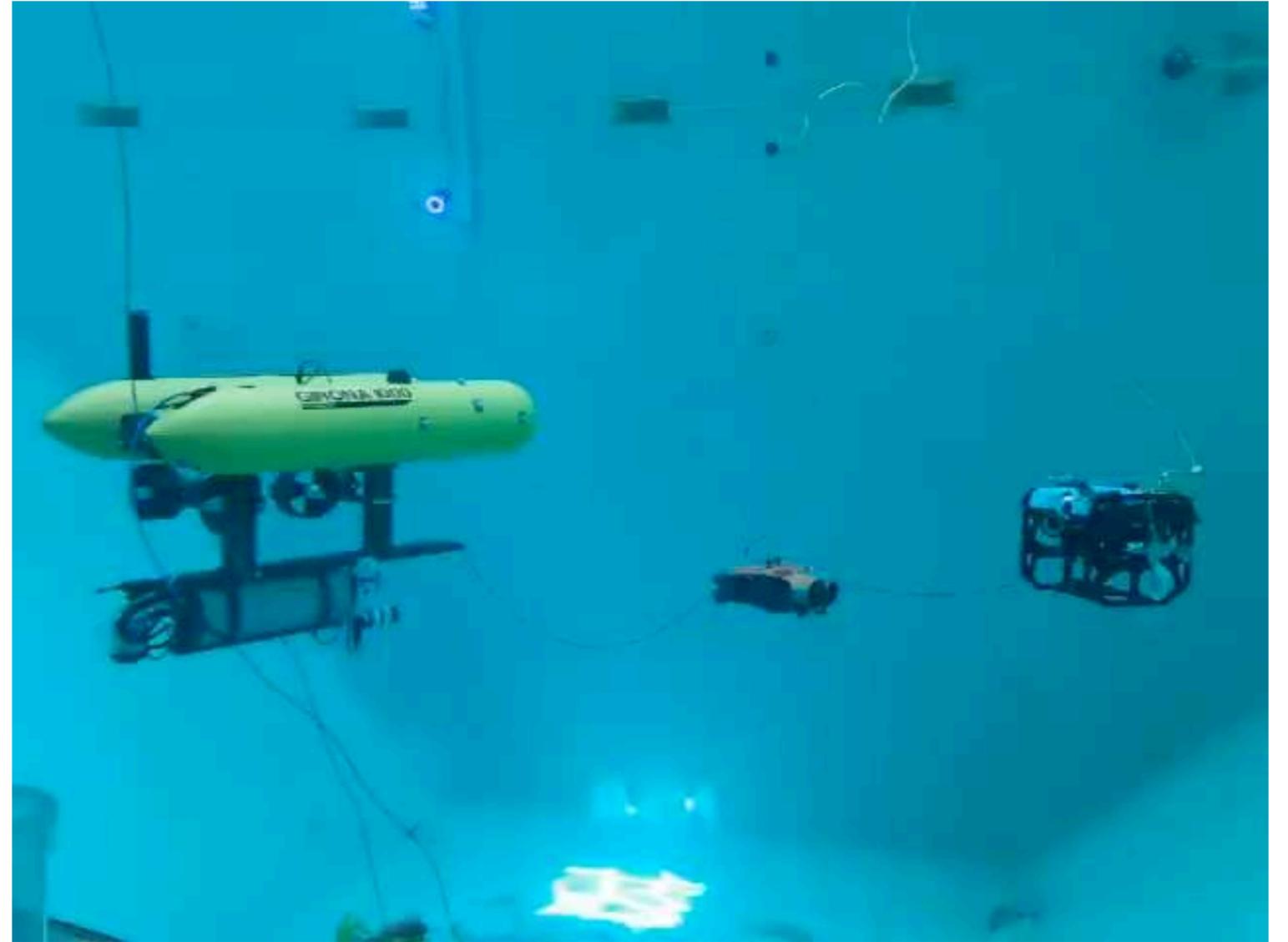
Commande prédictive de la cordée

- Commander la cordée entière
- Référence absolue donnée par un système de motion capture ou SLAM
- Commande MPC avec des contraintes sur la position du cable par rapport à l'environnement



Conclusions

- Le câble offre ***communication et localisation***
- On peut estimer la forme d'un câble pesant avec une équipement léger
- Contrôler la forme d'un câble pesant revient à asservir un objet réformable paramétré



- Quid de la détection dans les images ?
- Quid des câbles neutres ou flottants ?
- Prise en compte de l'hydrodynamique
- Faut il dupliquer le même rov dans la cordée ?