

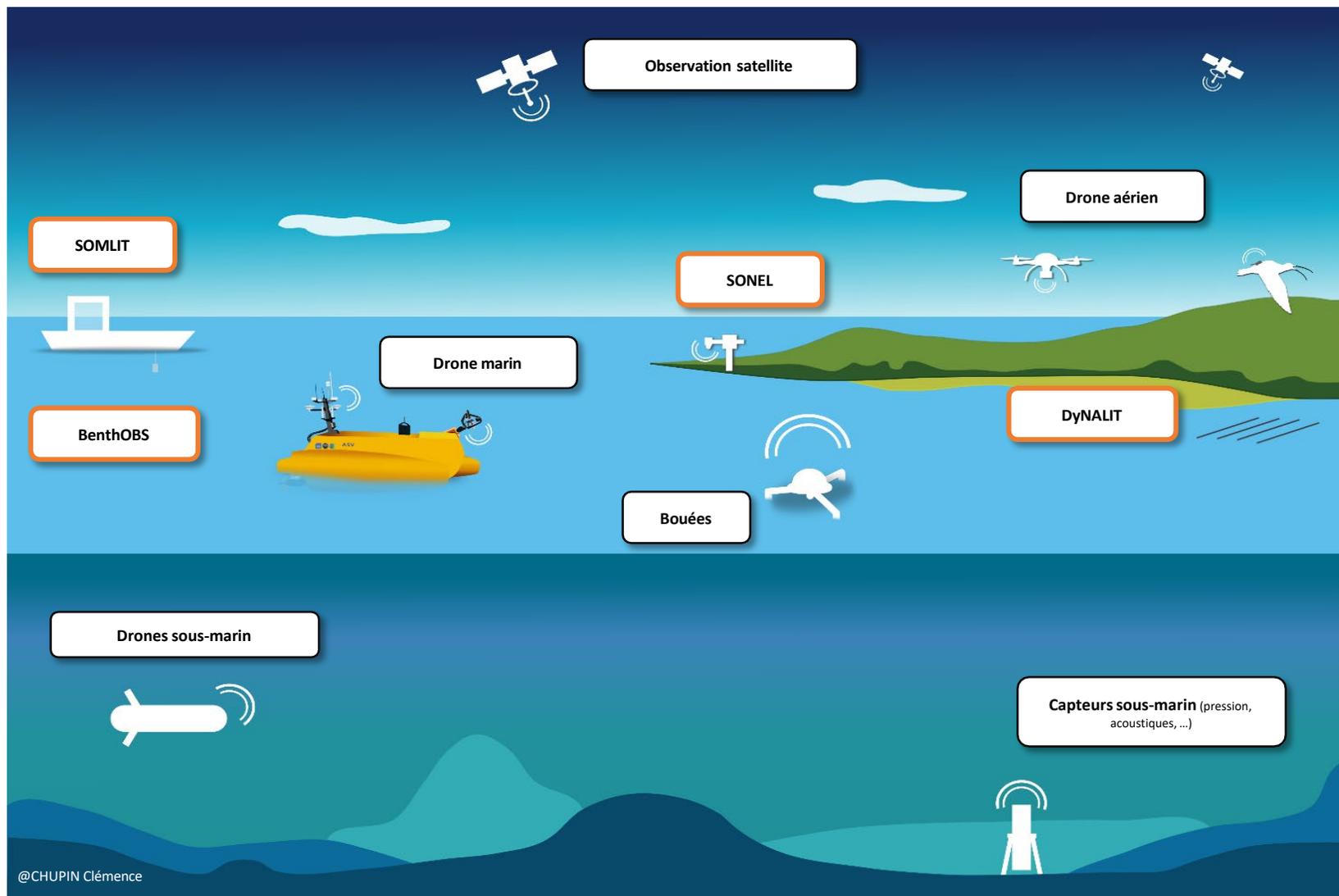
Plateforme Autonome Multicapteurs pour l'Exploration du Littoral



Valérie Ballu (LIENSs - Littoral ENvironnement et Sociétés - UMRi 7266) pour l'équipe PAMELi,
collaborateurs et financeurs...



Les drones, un complément aux systèmes d'observation dans les Pertuis



@CHUPIN Clémence



Système d'Observation
du Niveau des Eaux
Littorales



DYNAmiques
du Littoral et
du Trait de côte



Service d'Observation
en Milieu LITtoral



Observatoire Biodiversité
Faune-Flore
des Pertuis Charentais



Évolution des CÔtes
et des Pratiques

Pourquoi un projet de drone marin ?

- Identification de besoins pour des disciplines spécifiques (bruit, parcours ou instruments spécifiques...)
- Un possible levier pour le développement de l'interdisciplinarité
- Vers une vision systémique du socio-écosystème littoral
- En domaine côtier: nécessité de mutualisation et automatisation des procédés en termes d'acquisition de données, mais aussi d'archivage pérenne et documenté.

=> Etablissement d'un cahier des charges + marché public

Acquisition d'un vecteur :

C-CAT3 ASV Global



Longueur:3.02m

Largeur:1.55m

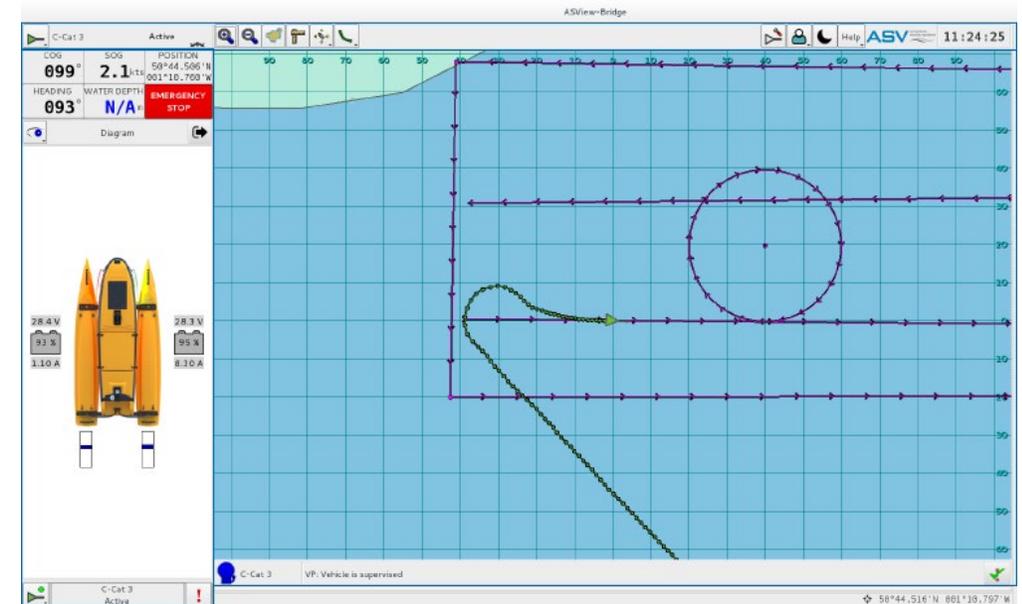
Hauteur:1.4m

Tirant d'eau : 0.39m à ~0.7m

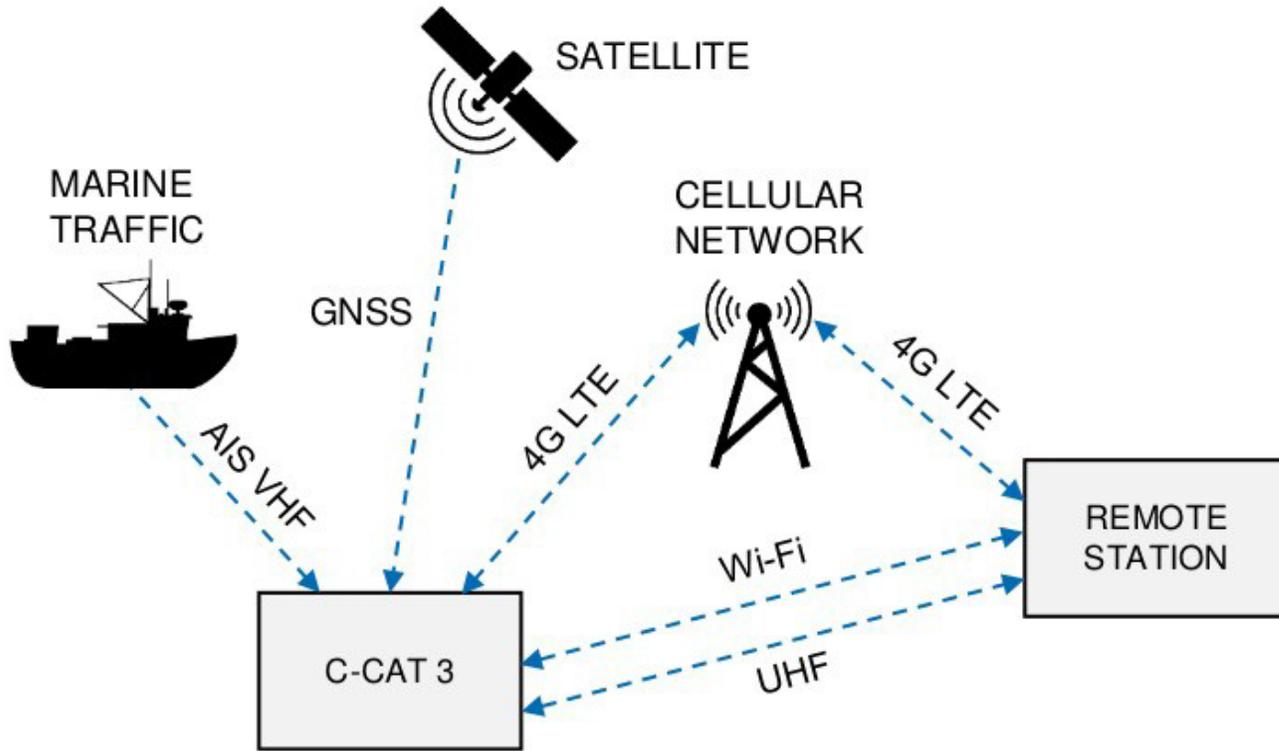
Déplacement : à vide 270kg, max chargé 340kg

Propulsion:2 moteurs électriques (torqueedo)

Vitesse :jusqu'à 8 Nd / Autonomie ~10h



Mise en œuvre : un système embarqué + station de base



Pas aussi léger qu'espéré ...



Remote Station

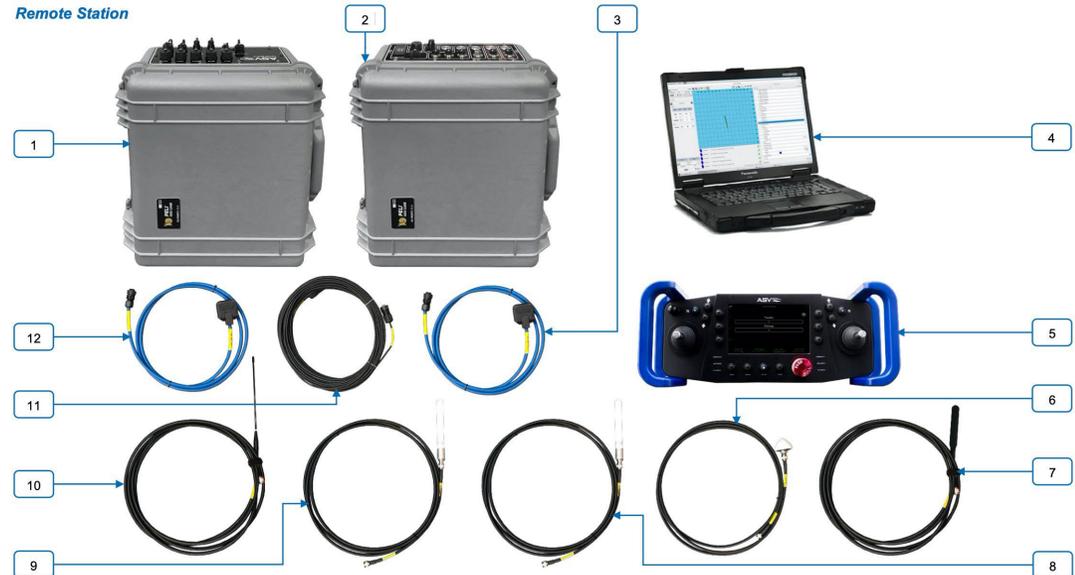
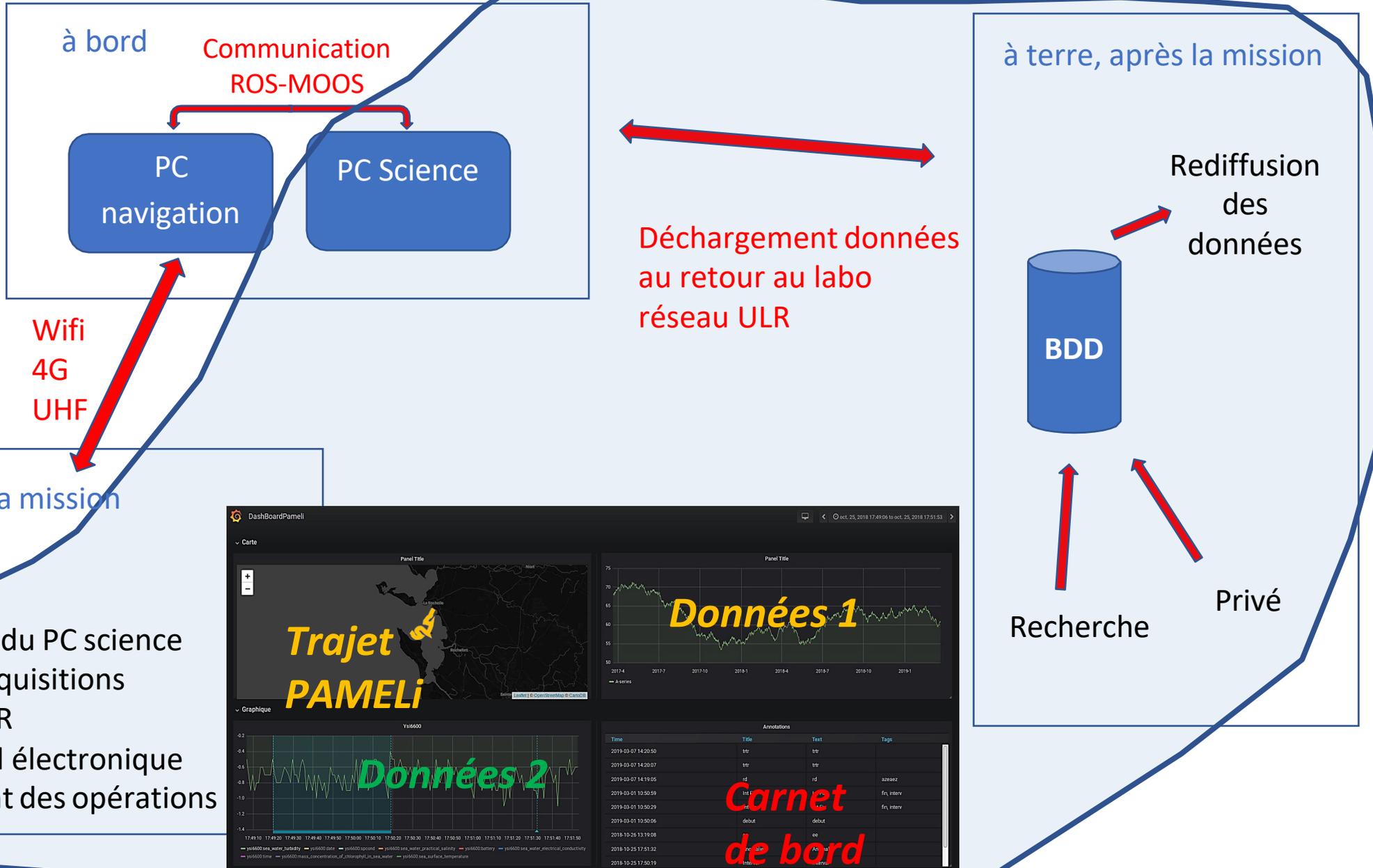


Figure 22 Remote Station Equipment

Architecture informatique du système

Ajout recherche





Déroulé d'une campagne PAMELi

Déclaration Affaires Maritimes
Diffusion fiche mission

Signalisation sémaphore

Surveillance mesures temps réel
+ bateau accompagnateur

svntt, .
ese m,ssion dron . PAMEL,
e rmar,n C-<:AT-3 : PAM19-os , mlssion du 2 27/06

Caractéristiques du drone

Of.NPAJw
MM.s ULESTIAN
1982270019
Cotornoron .
3.02;.a.55. électrique
10 lld m, 334/rg
sm o.X



PAMEL, est
domaine ltt::, drone ll'ann . st z *
favonsanr l' . . Cet ouv no., n z *
emerge mit un cquérir des données scientifiques en
caméras dest, . nce de nouv srstère, e d, n) satio-temporel
un SVsrém nes au Pilorag elles recner C1Je ormat, on satio-temporel
assurée PilA Nsp, et d'HF : sudeus, "Oqp; is e d'ron, PAMELi porte 2
ntrale météo, unication est

Le bateau accompagnateur

L'ESTRAN
MMSt: LR914782
2270095 20
Navire de ch 20
ll.13x.3_9Bmarge aluminium
22Scv essence



Pilotage du drone PAMELi depuis l'ESTRAN

Programme de la mission drone

date	heure	description
25- juin	09:00	mise à l'eau du PAMELi et du Tidalou, port des minimes
	13:00	Sortie PAMELi en mer (remorquage)
26- juin	17:00	récupération/retour port des Minimes
	08:00	Transit vers la zone d'étude
27- juin	10:00	largage du drone
	17:00	récupération/retour port des Minimes
	08:00	Transit vers la zone d'étude
	10:00	largage du drone
	17:00	récupération/retour port des Minimes
	18:00	Désarmement du drone

Zone d'étude

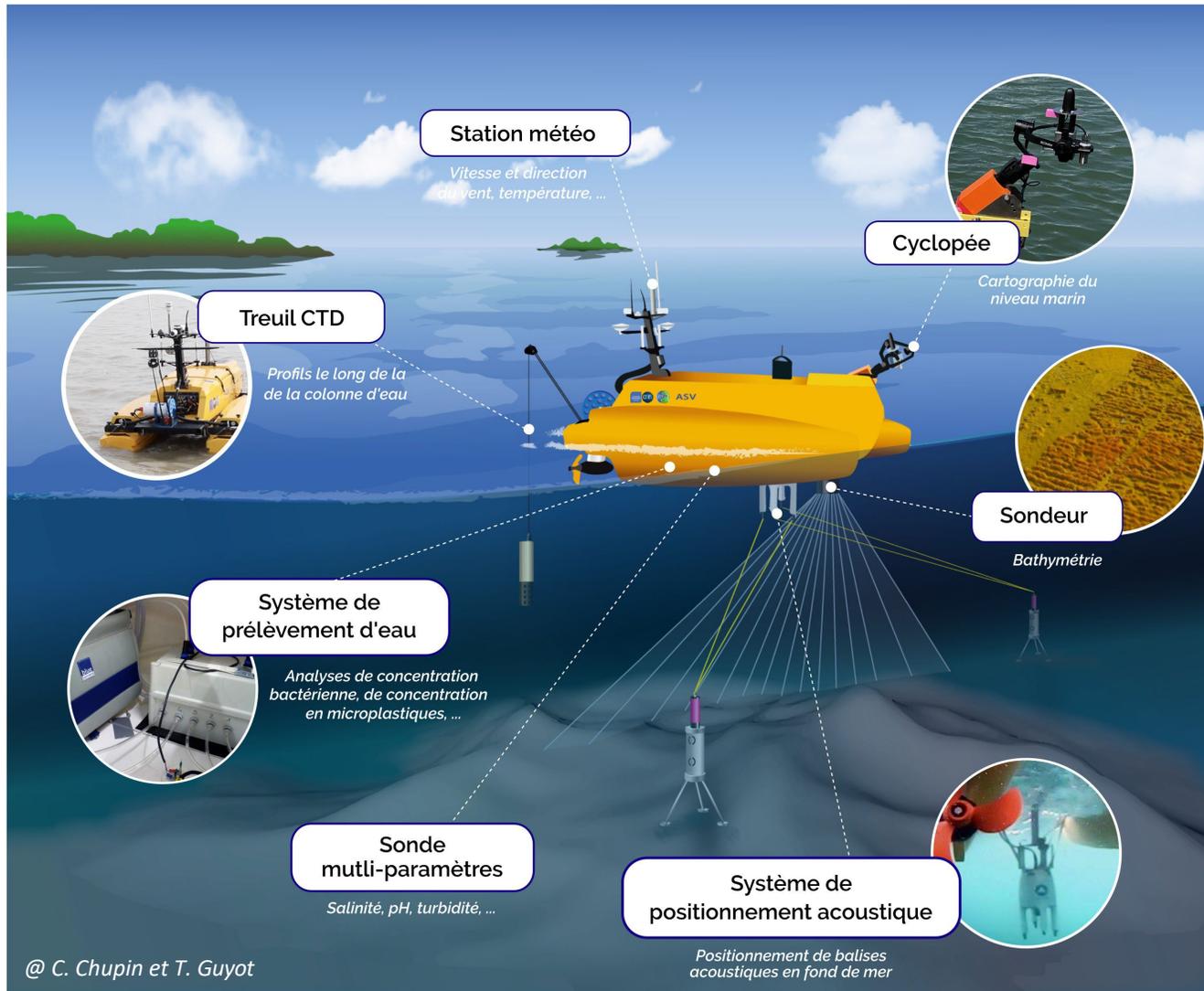
L'objeq; . Pfunc:
contrôl; . Ce Pal de la miss; n est d
qu, seraintégré ect, t comprend . e tester le drone
La Rochelle La eau système Cerc/fl lemerir le testd en conditions
sur Place, el; e s: one de mesures exam l mission est réalisé: la base de données
soentifiques Lesrachoisie en foncr, cte sera à détem; Par université de
s: lltio C1Je e Bre: : ct rs sé/ea: o I ; nr er des l, . Les acreurs
ilPhore deC zone det compr. 5d
hassiron Par V'lf' rava, r sera signalée ns les Pertuis
c aque jourau



Contact Université de La Rochelle : thibault.coulombier@univ-lr.fr 0750359226
Bateau accompagnateur : VHF 08 VHF 16
DDTM La Rochelle : Hélie Montane de la Roque 0516496482-0661938298
Sémaphore de Chassiron : 0546478543 VHF 16
CROSS Corsen : 0298893131 VHF 16



L'équipement du drone



Navigation

Capteurs sur étagère :

- Météo (Airmar)
- Sondeur mono-faisceau (Garmin)
- Sonde multi-paramètres (YSI-Exos2)
 - ▶ Température
 - ▶ Conductivité
 - ▶ Pression
 - ▶ Turbidité
 - ▶ O2 dissous
 - ▶ pH
 - ▶ ORP (potentiel Redox)
 - ▶ Chlorophylle

Suivant la mission:

- Sondeur multi-faisceaux (Norbit)
- GAPS (acoustique iXBlue)

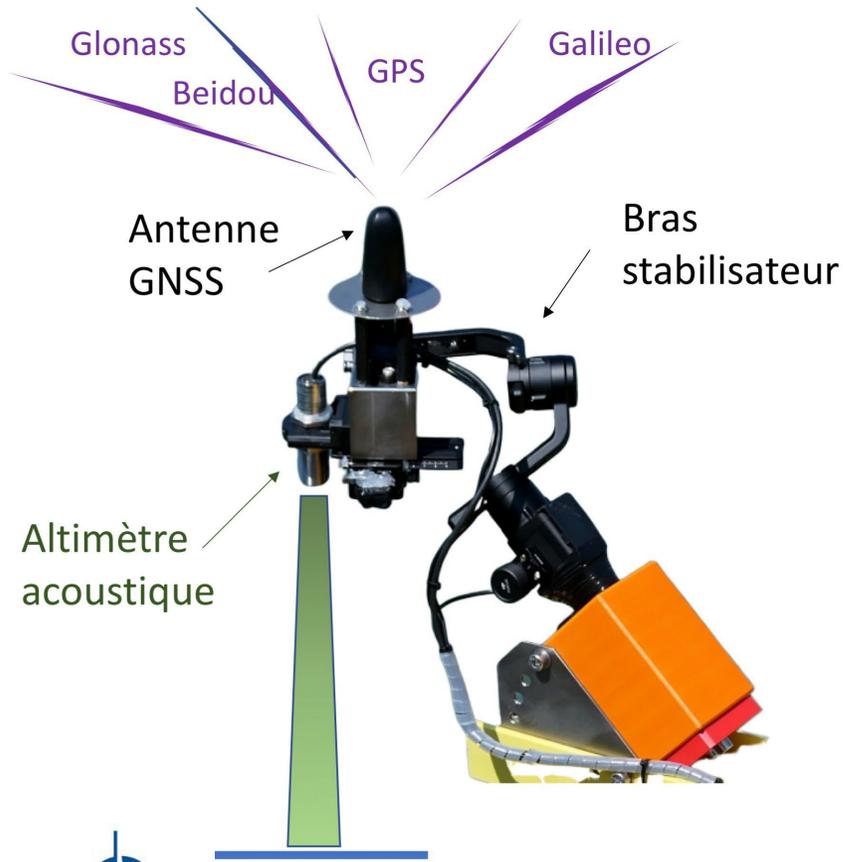
Collab. DT INSU

Développements spécifiques

- Mini-cyclopée (niveau marin)
- Treuil (+ sonde AML)
- Préleveur d'eau

Problématique 1 : cartographier le niveau marin

- Calibration/validation altimétrique
- modélisation hydrodynamique / problématique des surcotes



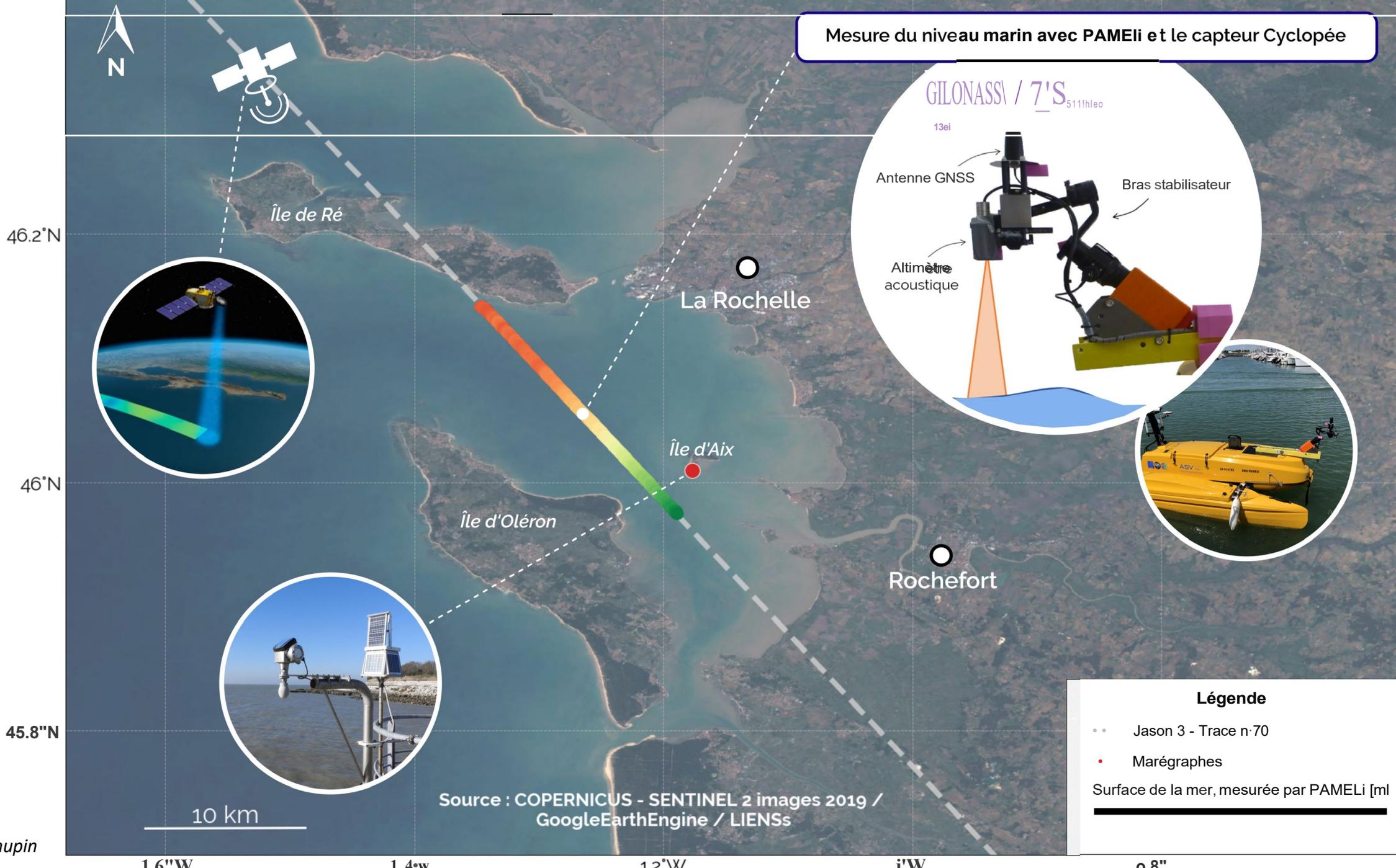
Mini-Cyclopée
Projet TOSCA-FOAM (CNES)



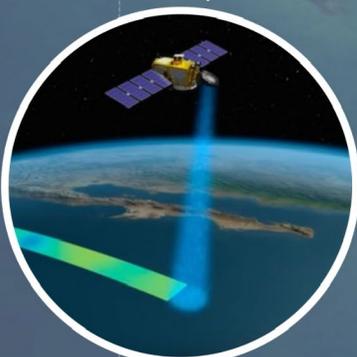
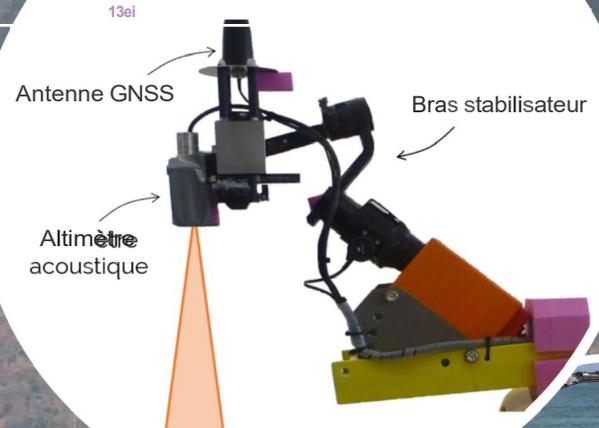
FOAM : projet TOSCA/CNES



Mesure du niveau marin avec PAMELi et le capteur Cyclopée



GILONASSI / 7'S_{511Hleo}

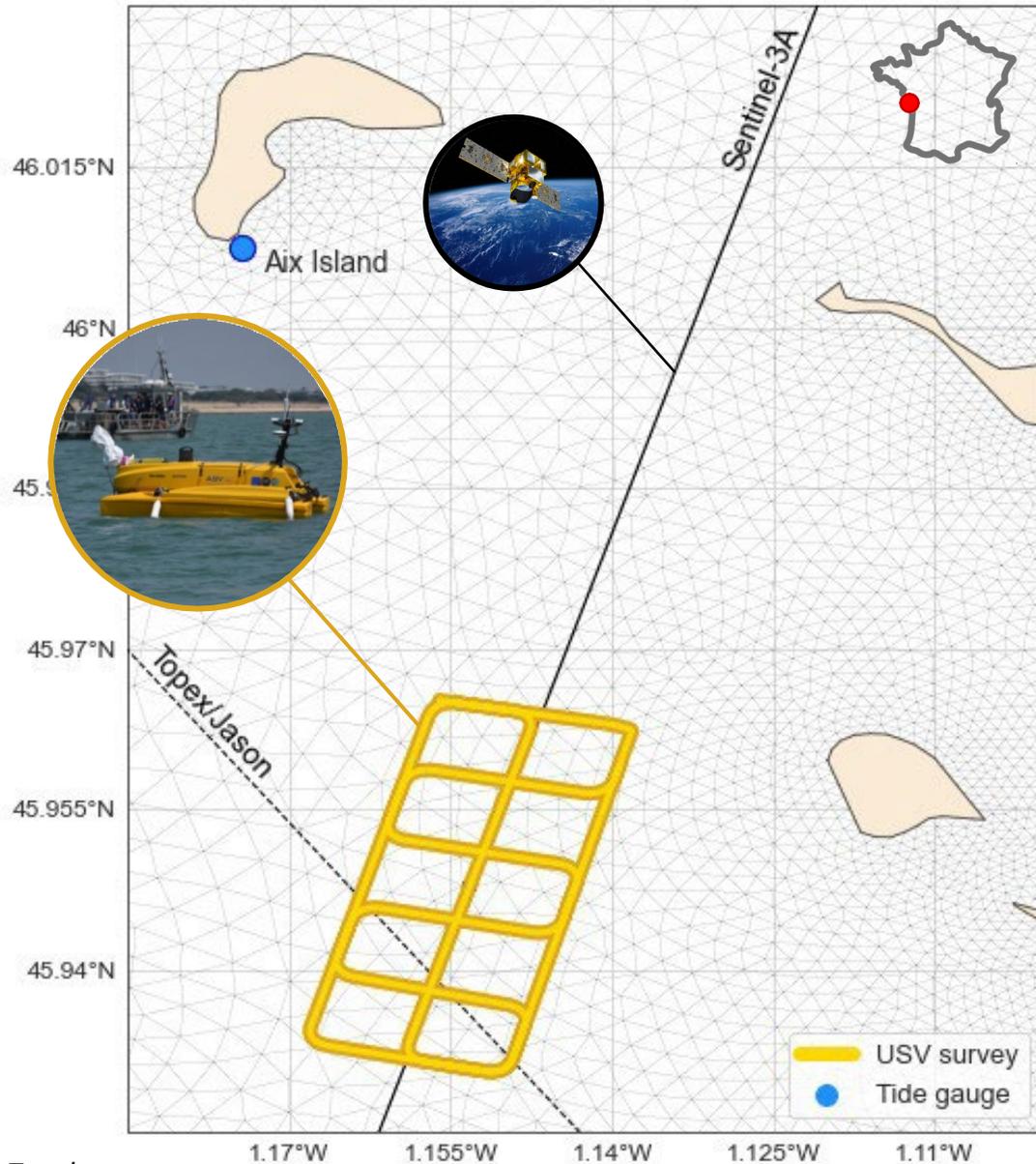


Légende

- Jason 3 - Trace n°70
- Marégraphe

Surface de la mer, mesurée par PAMELi [m]

Source : COPERNICUS - SENTINEL 2 images 2019 / GoogleEarthEngine / LIENSs



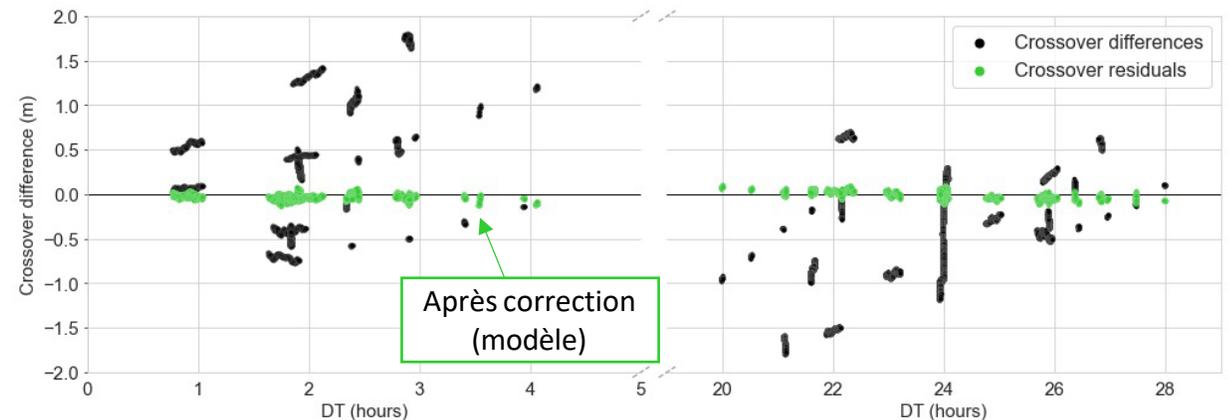
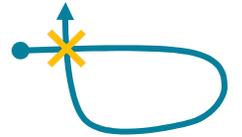
Objectifs

- Cartographie du géoïde marin
- Comparaison directe à la mesure altimétrique (mesure simultanée lors d'un passage Sentinel-3A).
- **Validation d'un modèle de marée sous la trace altimétrique**

CAL-VAL

Méthodologie

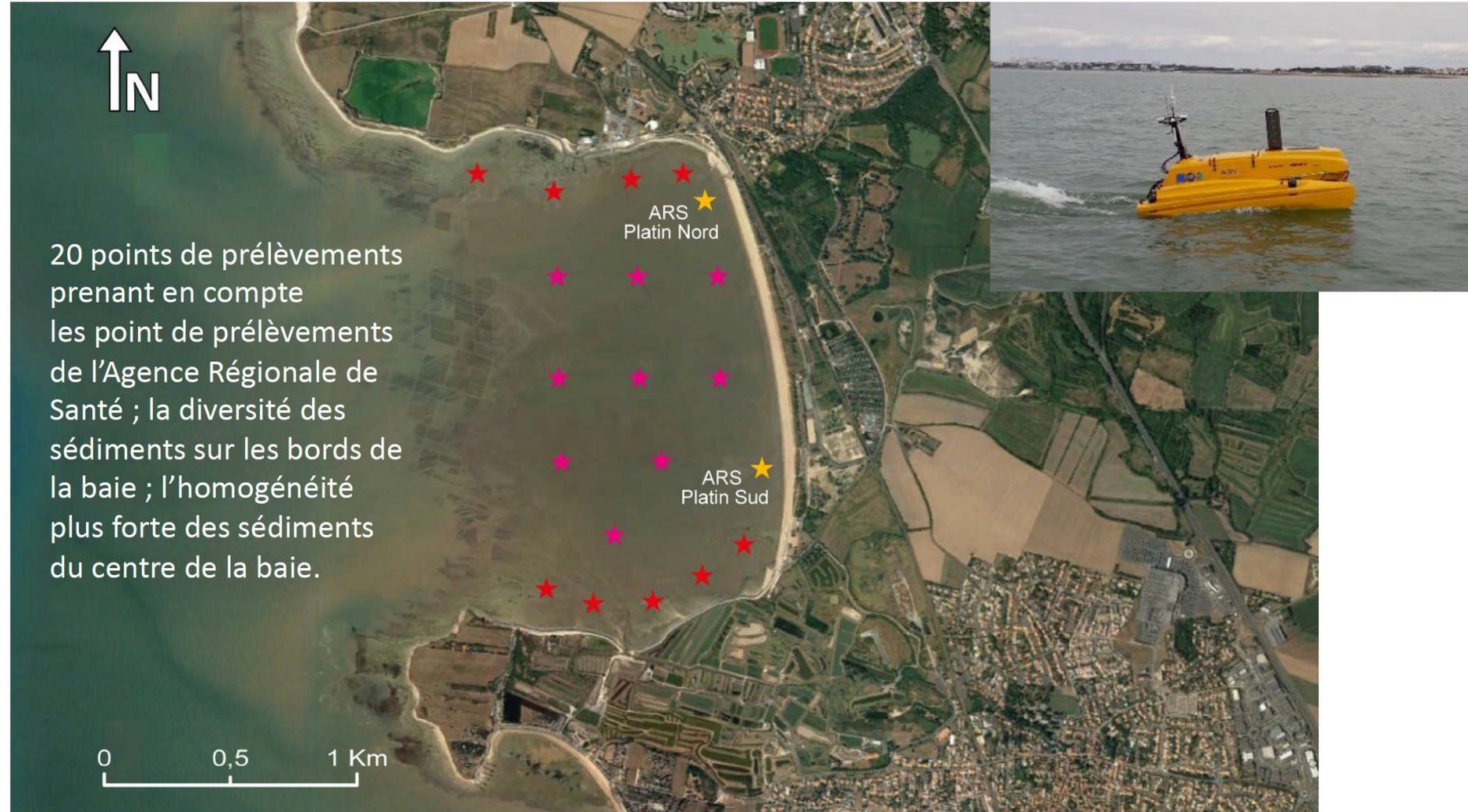
Analyse des différences de hauteurs d'eaux aux **points de croisements**.



La distribution des **hauteurs résiduelles** reflète alors directement la capacité du modèle à reproduire les variations de niveau d'eau aux points de croisements.

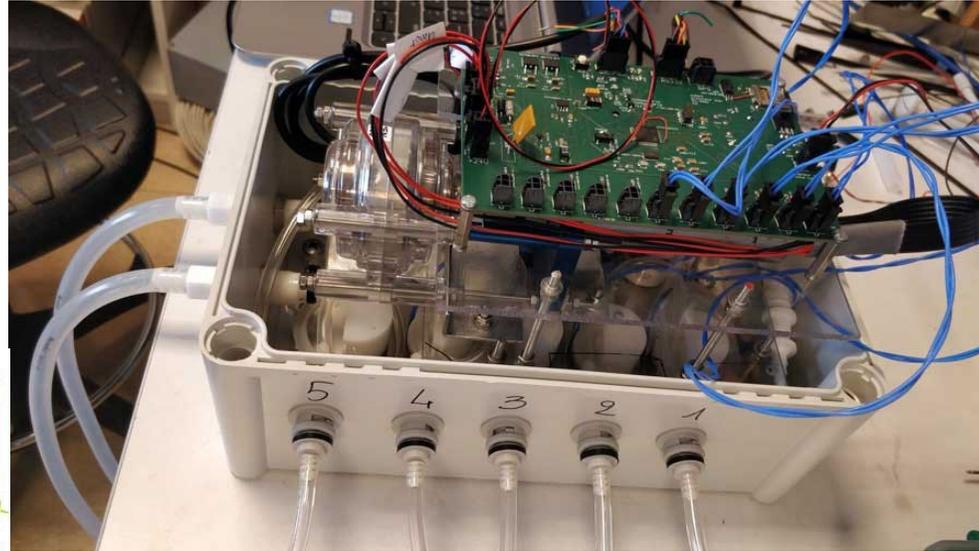
Problématique 2 : pollution de la Baie d'Aytré / fermeture plage 2018

- Origine contamination en germes fécaux reste inconnue :
- naturalisation des germes fécaux dans les sédiments ?
 - balayage par la marée de déjections aviaires ?



➤ Homogénéité des concentrations à l'échelle de la baie et lien avec la nature des sédiments

Un nouveau système de prélèvement d'eau de surface pour PAMELi



- échantillons dans des poches stériles (0.5 à 1l d'eau)
- profondeur ~30-40 cm sous la surface
- 12 échantillons, déclenchement à distance
- Géolocalisation/datation des échantillons
- Dans un environnement caractérisé par des profils multi-paramètres



Mesures des paramètres environnementaux



Points de prélèvement
manuels ou avec PAMELi



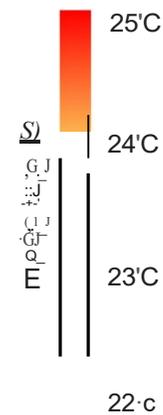
0 250 500 m

Source : QGIS / Google Earth / LIENSs - Mars 2021

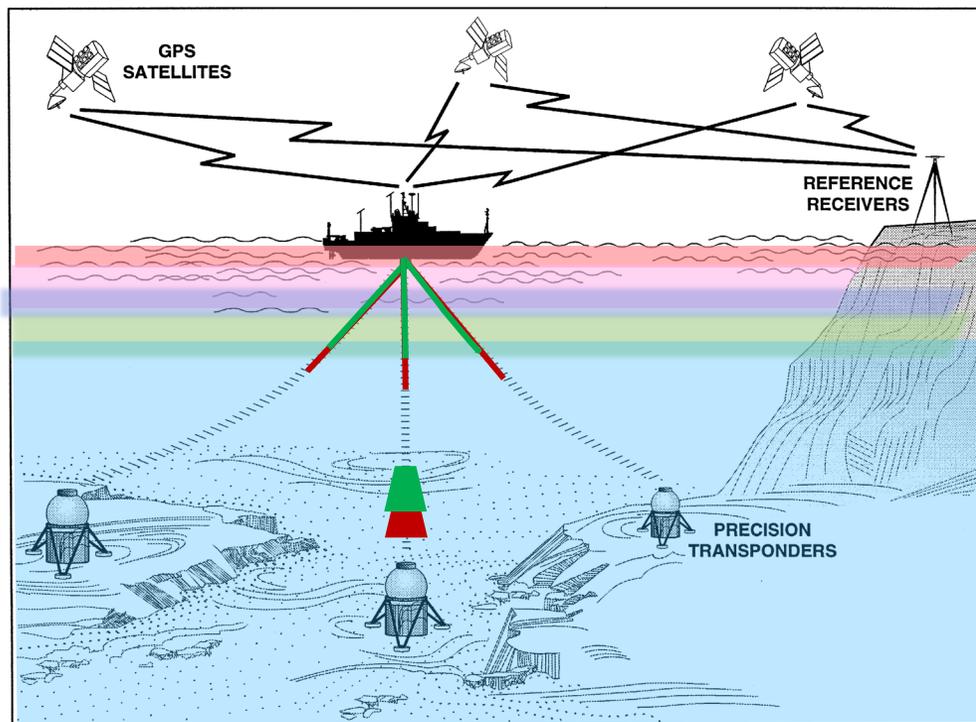


Légende

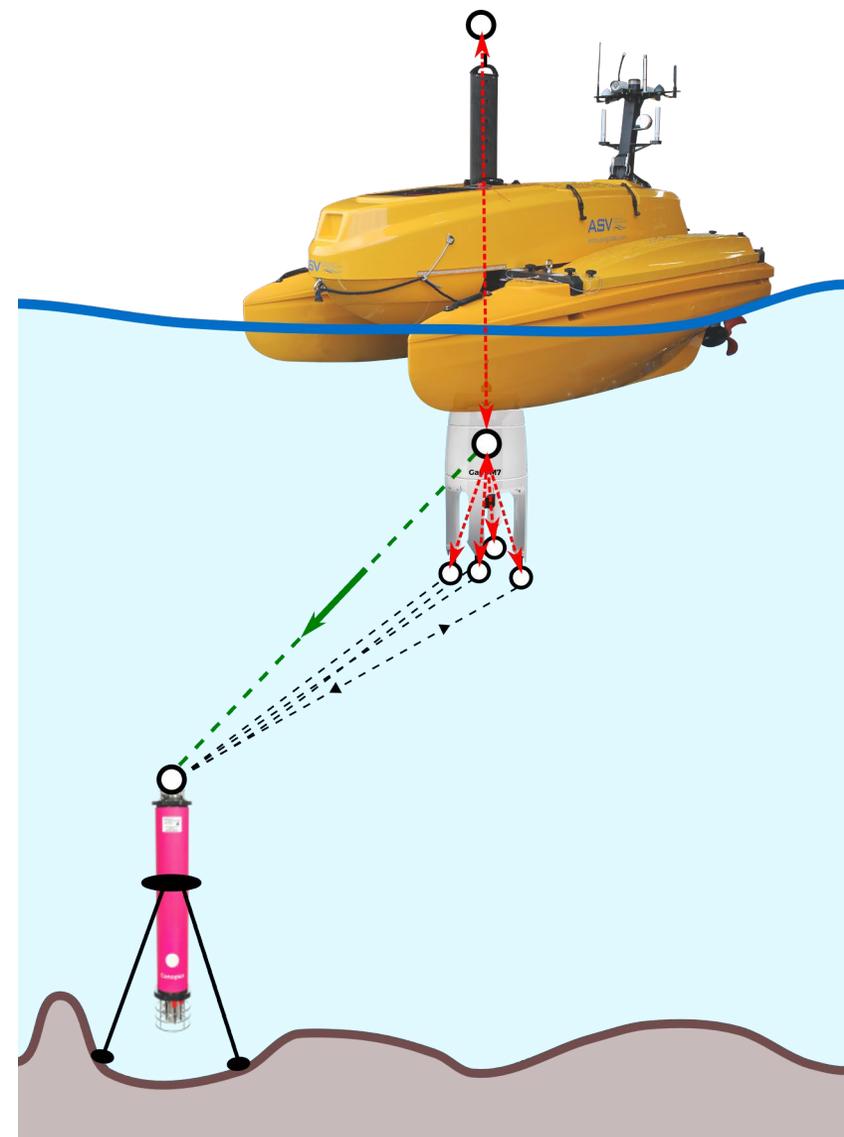
★ Points de prélèvement



Problématique 3 : géodésie sous-marine GNSS/A



Adapté d'après Spiess et al. 1998

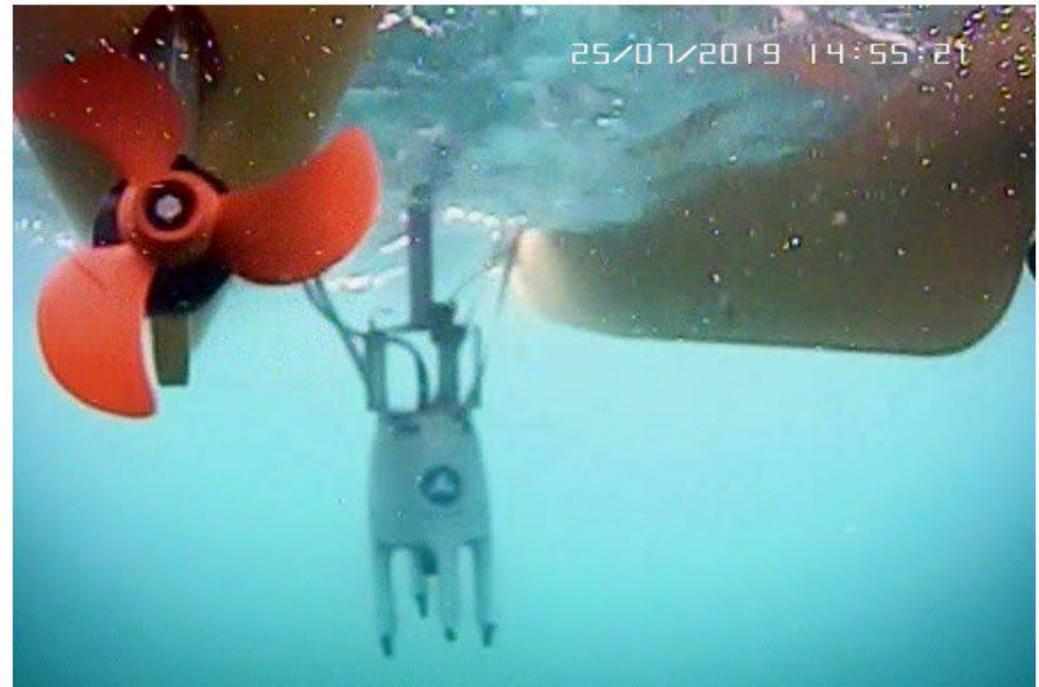
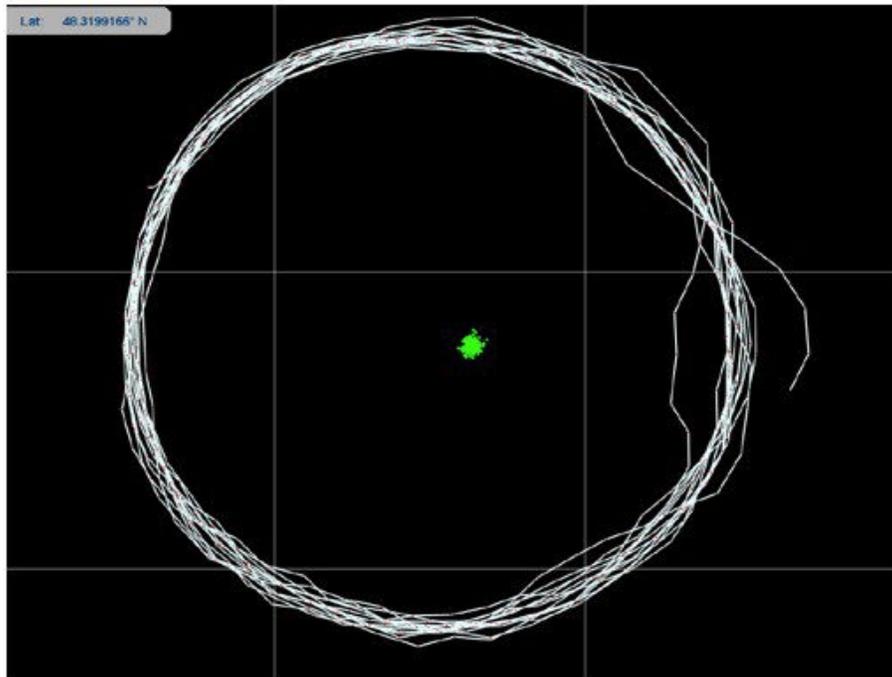
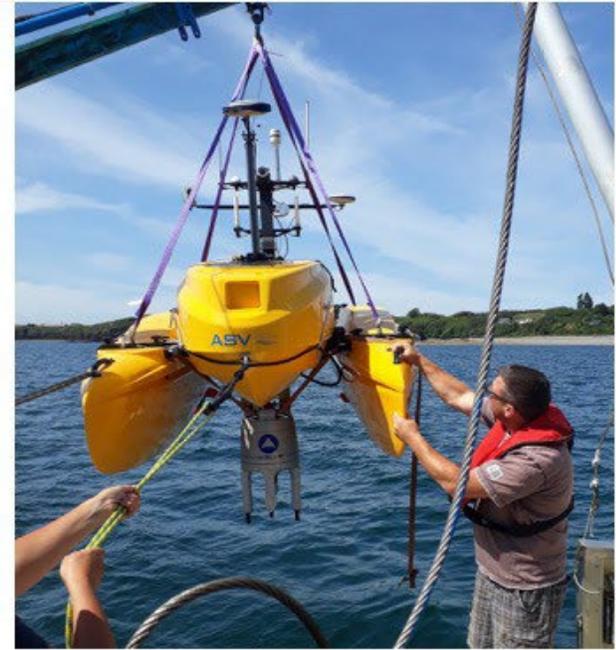


Sakic et al., 2021

Pourquoi un drone pour du GNSS/Acoustique?



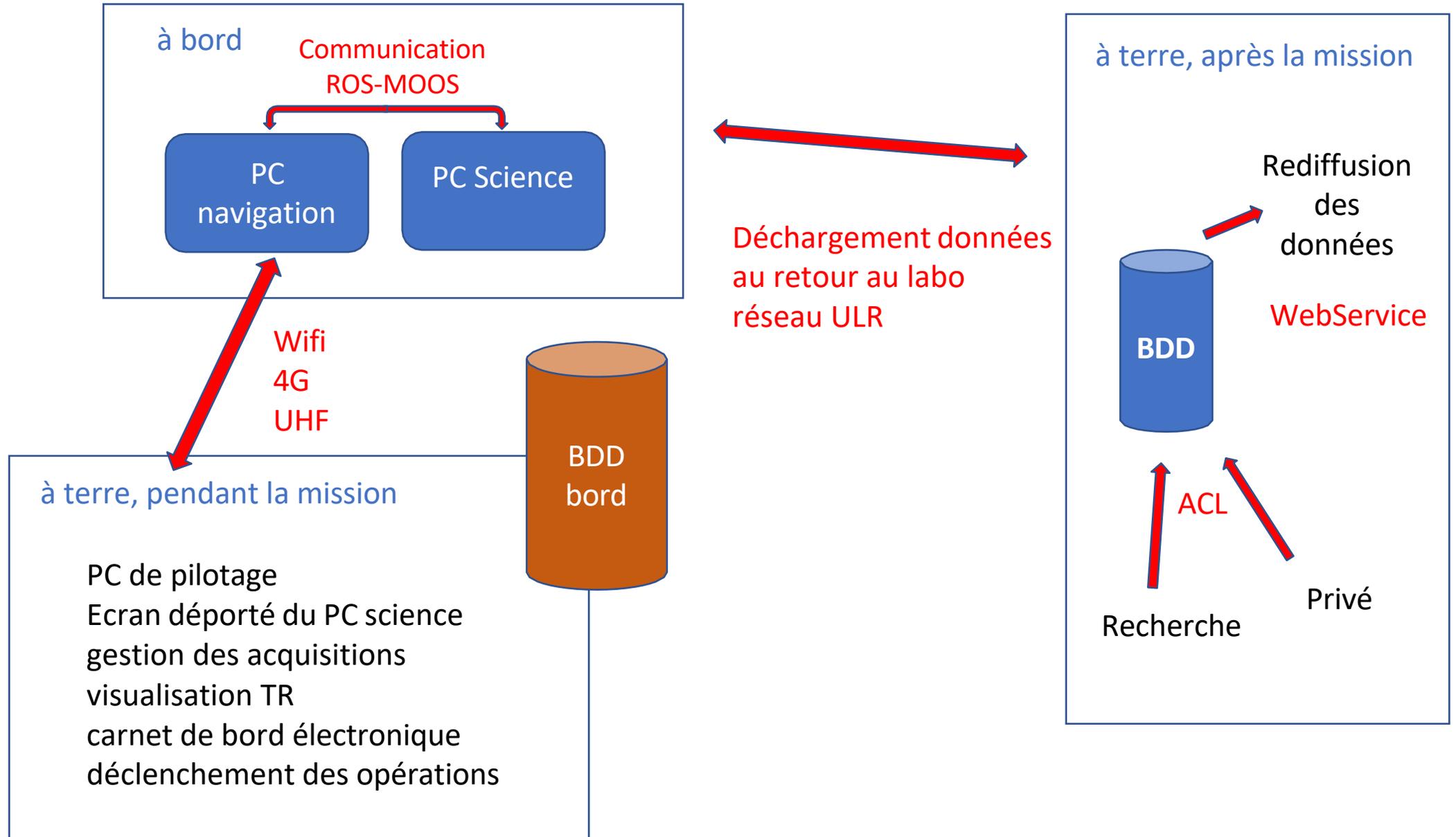
- Diminution des erreurs de mesure (bruit acoustique réduit, réduction des erreurs de rattachement en surface)
- Coût réduit par rapport à un navire pour des campagnes répétées
- définition de trajectoires à l'avance, répétition d'un trajet défini



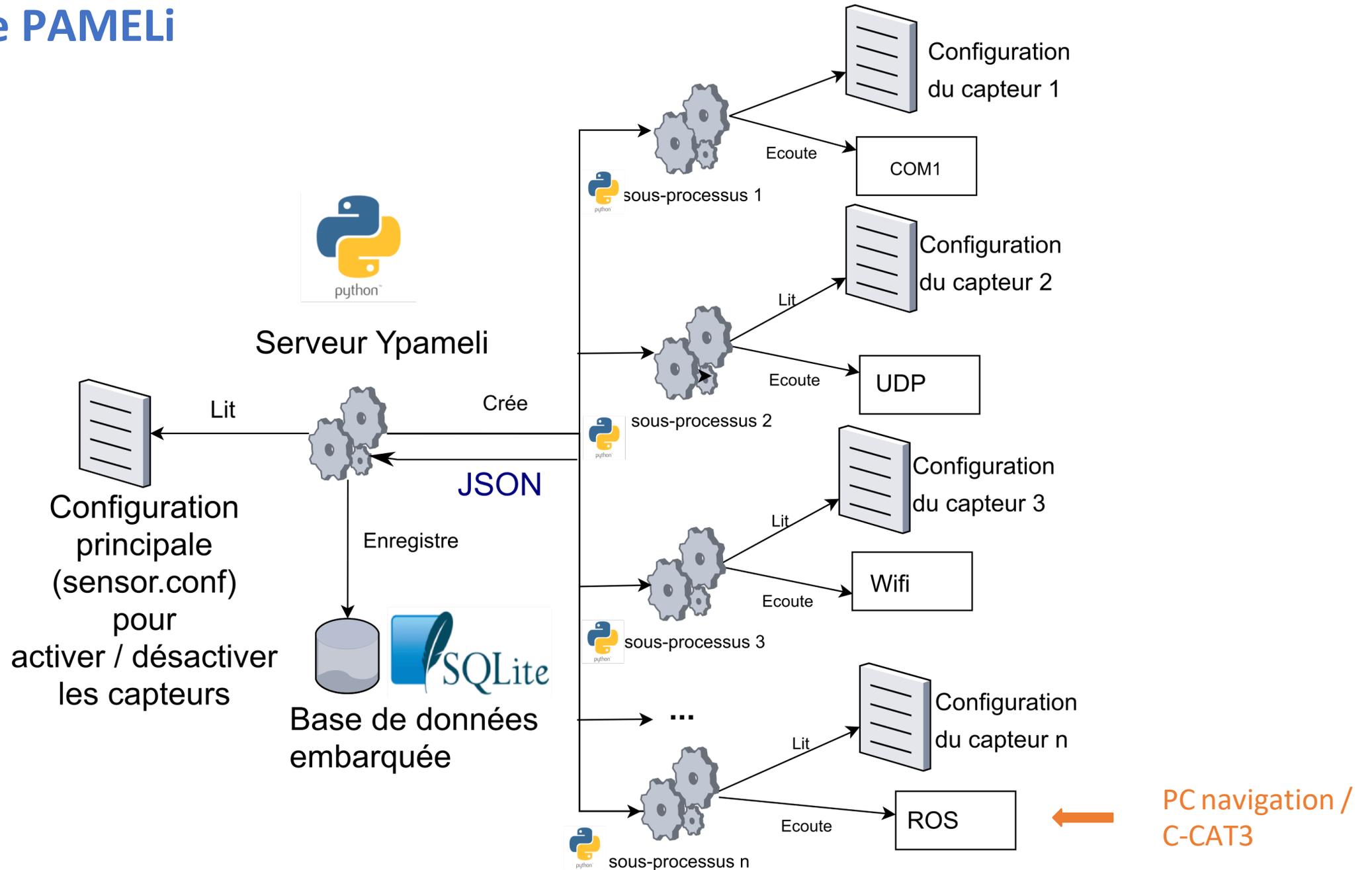
Au-delà du disciplinaire, un levier pour l'interdisciplinarité

- Besoin de croiser des données de différentes disciplines, colocalisées, synchrones
- Besoin de données documentées / métadonnées
- Archivage pérenne et accessibilité par une large communauté (FAIR)
- => développement d'une **BDD adaptée**

Les BDD

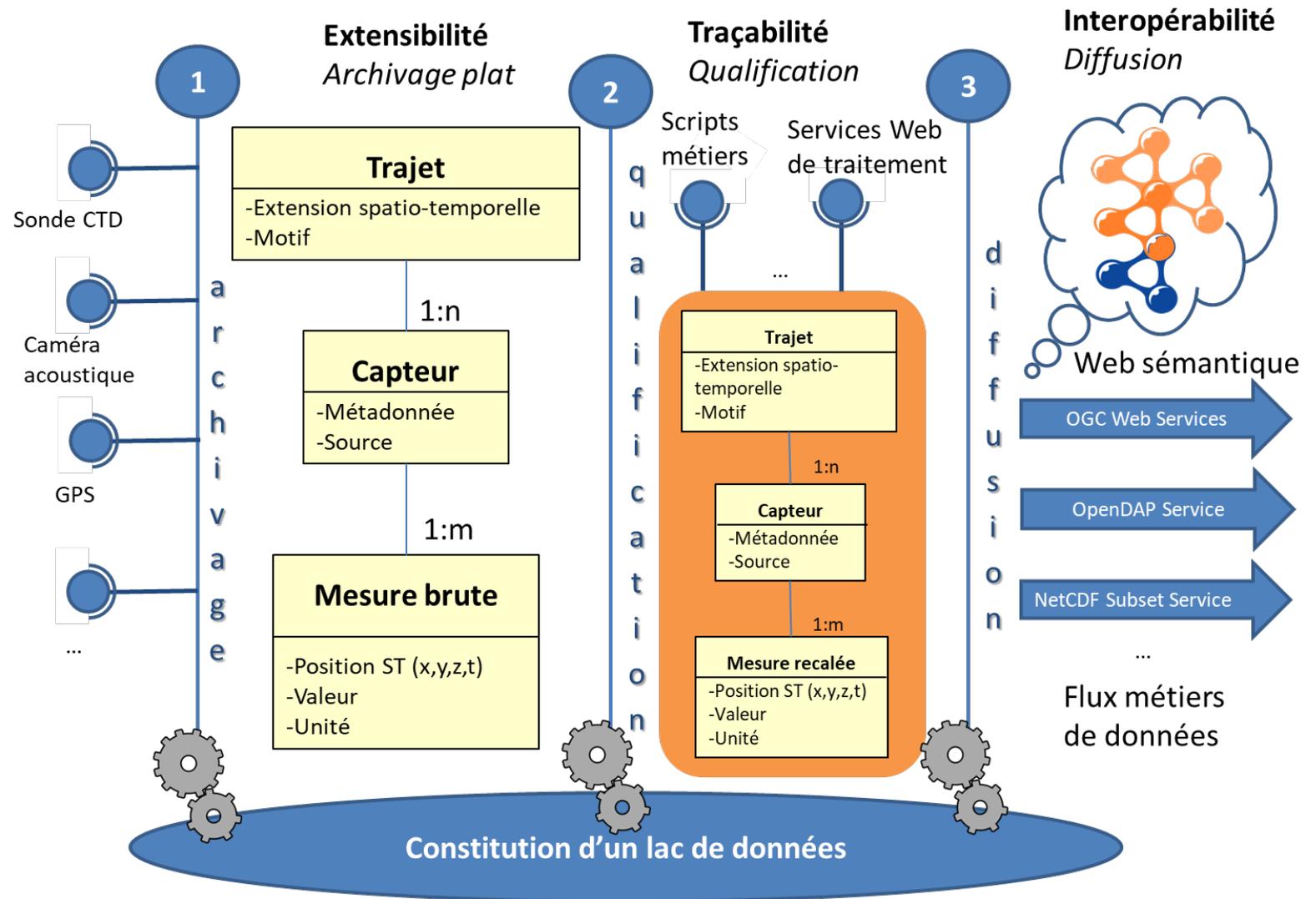


à bord de PAMELi



à terre, au retour de la mission

Base de données centrale hébergée au CeDONA (OASU)



PAMELi - Un drone marin autonome pour le suivi interdisciplinaire du littoral

Des enjeux sociétaux

- + Contexte de **changement climatique** et adaptation des milieux littoraux
- + Littoral connecté
- + Territoire zéro carbone



Des enjeux scientifiques

- + **Le littoral** - un système dynamique complexe nécessitant une approche interdisciplinaire
- + **L'interface terre/mer** - un socio-écosystème en équilibre

Des thématiques scientifiques variées

- + Géographie maritime
- + Ecologie
- + Géodésie
- + Qualité des eaux
- + Dynamique du littoral
- + Ecotoxicologie
- + Analyse d'images
- + Niveau marin
- + Transmission des ondes (...et bien d'autres !)

Un système innovant

- + Une plateforme autonome **multi-capteurs** avec une instrumentation de pointe



Une base de données 4D

- + Un système d'information géographique **spatio-temporel interdisciplinaire**
- + Permet l'archivage, la qualification et la diffusion des données acquises (Opendata, Web services, ...)



Une pédagogie innovante

- + **DroneEduc** - Utiliser les drones comme vecteur d'apprentissage
- + **Argonautica** - Développement de capteurs par des classes pour des missions tests en lien avec le CNES



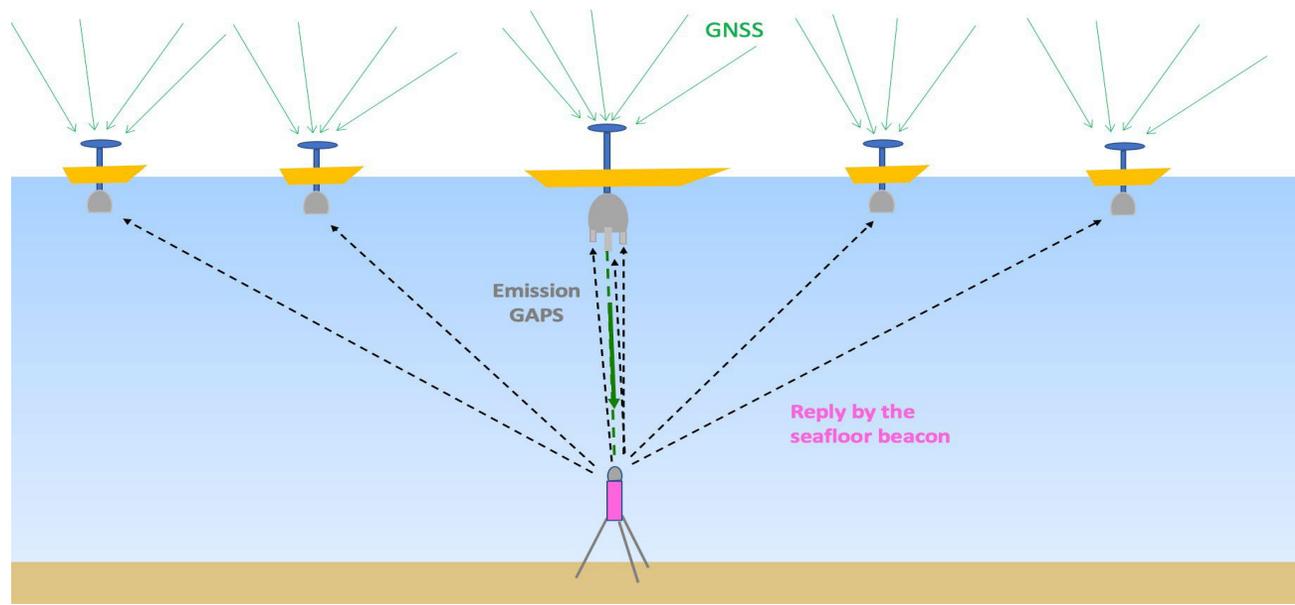


MARMOR PIA3-Equipex+ Equipement structurant pour la recherche

MARMOR

Marine Advanced geophysical Research equipment and
Mayotte multidisciplinary Observatory for research and Response
15.4 M€ / coordination Ifremer

5 volets, dont Volet 1 - Géodésie fond de mer
Incluant flottille de drones marins, à disposition de la communauté



REVOSIMA

Réseau de surveillance volcanologique
et sismologique de Mayotte



Jetskin L31 / IMSolutions



Pourquoi une flottille de drones?

- possibilités offertes par 1 drone dans différents domaines
- Possibilités offertes par les flotteurs GNSS low-cost

Si on combine les 2, de nouvelles possibilités s'offrent à nous en termes de stratégies d'observation.

plus de données, éventuellement variées, mieux réparties



Synergies à développer :

calval altimétrique, SWOT,

océanographie,

communauté littorale (ILICO)