

Appel d'offre campagnes
côtières 2022

C-SWOT-2023

DEMANDE DE CAMPAGNE A LA MER

GARREAU Pierre

Chef de mission principal



**FLOTTE
OCÉANOGRAPHIQUE
FRANÇAISE** par l'Ifremer

I- Informations préliminaires

II- Informations générales

Définition

Positions

Dates

Travaux

Série de campagnes

Programmes rattachés

Avis et signature des responsables

III- Résumé de la mission

IV- Informations financières

Frais

Financement

V- Projet scientifique

VI- Travaux

VII- Synthèse des opérations

VIII- Déroulement prévisionnel

IX- Zones des travaux

X- Moyen navals requis

XI- Matériel propre de l'équipe demandeuse

XII- Analyse et traitement

XIII- Equipes scientifiques et techniques

Equipe embarquée

Equipe de dépouillement

Campagnes auxquelles les membres de l'équipe demandeuse ont participé au cours des 10 dernières années

Références scientifiques de l'équipe demandeuse

Collaborations prévues

XIV- Aspects internationaux et engagements contractuels

XV - Informations juridiques



LA CAMPAGNE

ACRONYME DE LA CAMPAGNE

C-

SWOT-2023

NOM COMPLET DE LA CAMPAGNE

Coastal-SWOT-2023

APPEL D'OFFRES

Appel d'offre campagnes côtières 2022

NAVIRES DEMANDÉS

Téthys II, Antea

ÉQUIPE

RESPONSABLES DE CAMPAGNE [CHEFS DE MISSION]

GARREAU Pierre

+33(0)2 98 22 43 59

Pierre.Garreau@ifremer.fr

Ifremer LABORATOIRE D'OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE ET SPATIALE - UMR 6523

Centre Ifremer Bretagne

ZI Pointe du Diable

CS 10070

29280 Plouzané

PROPOSITION D'EXPERTS

joachim Tintore ; Rosemary Morrow ;

REFUS D'EXPERTS

RÉDACTEURS

GARREAU Pierre

+33(0)2 98 22 43 59

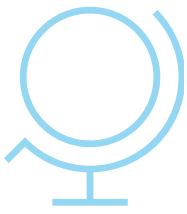
Pierre.Garreau@ifremer.fr

LABORATOIRE D'OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE ET SPATIALE - UMR 6523

Centre Ifremer Bretagne

PARTENAIRES





DÉFINITION

ANNÉE DEMANDÉE

2023

TYPE DE LA CAMPAGNE

Recherche scientifique côtière

THÈME DE LA CAMPAGNE

Observations en Méditerranée nord-Occidentale des petites échelles durant le cadre de la validation et de la phase à haute répétitive du satellite altimétrique SWOT

DISCIPLINES ÉTUDIÉES

| Code | Discipline |
|------|------------------------|
| PHYS | OCEANOGRAPHIE PHYSIQUE |

S'AGIT T-IL D'UNE PREMIÈRE DEMANDE ?

Oui

POSITIONS

PORT DE DÉPART

[MOBILISATION]

La Seyne-sur-Mer

PORT D'ARRIVÉE

[DÉMOBILISATION]

La Seyne-sur-Mer

DÉTAILS ZONE

GÉOGRAPHIQUE

Golfe du lion et Nord Baléares

ZONES GÉOGRAPHIQUES

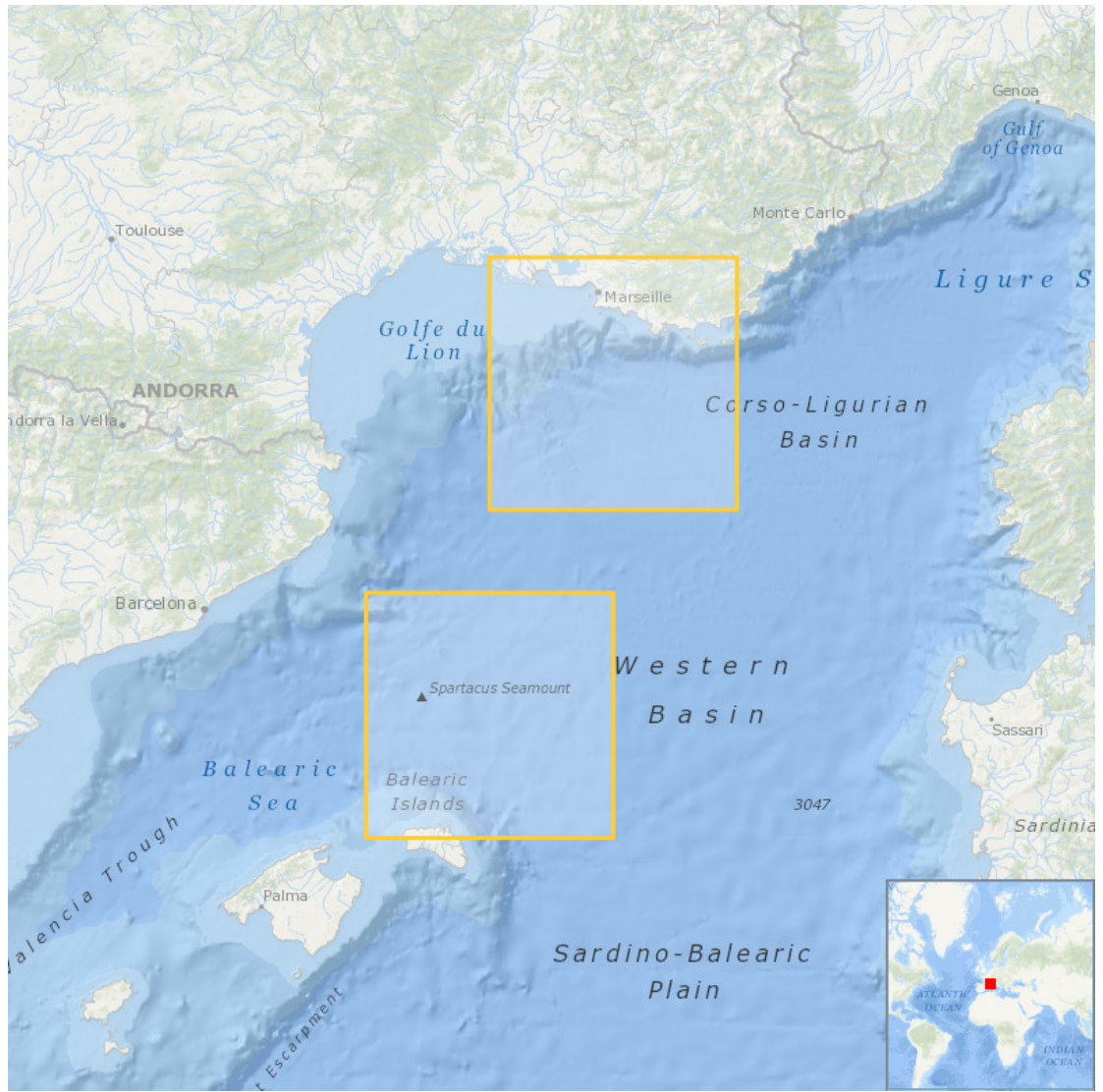
| Code | Zone |
|-------|--------------------------------|
| 3_1_1 | Méditerranée Bassin Occidental |

LIMITES GÉOGRAPHIQUES

| Nord | Sud | Est | Ouest |
|------|-----|-----|-------|
| 43.5 | 42 | 6.5 | 4.5 |
| 41.5 | 40 | 5.5 | 3.5 |

| | |
|--|---------|
| Mission en eaux internationales ? | Oui |
| Mission en eaux françaises ? | Oui |
| Mission en eaux étrangères ? | Oui |
| Pays dont les eaux territoriales sont concernées | ESPAGNE |
| Pays dont la zone économique est concernée | ESPAGNE |

II- Informations générales



DATES

DATE DE DÉBUT DE CAMPAGNE

2023-02-01

DATE DE FIN DE CAMPAGNE

2023-03-31

JUSTIFICATION DATE

La campagne doit avoir lieu impérativement :

- durant la phase de haute répétitivité de 3 mois de SWOT (Fast Sampling) qui est actuellement programmée de dec 2022 à février 2023. Ce calendrier est susceptible de glisser légèrement. Les dates exactes seront connues courant 2021.

- au mêmes dates que la campagne PROTEVS-SWOT du SHOM en cours d'instruction qui mobilisera un navire hauturier sur la même zone durant la même période (durée des travaux 20 jours)

2 legs de 7 jours de travaux à la mer sont demandés. S'ils sont contigus un transit entre la zone nord (au large de Toulon et Marseille) et la zone zone (au nord de Minorque) est à prévoir.

TEMPS MOYEN DE TRAVAIL À LA MER PAR

24 HEURES

12 h

TEMPS TOTAL DE TRANSIT [EN JOURS ET

HEURES]

DURÉE

14

DURÉE TOTALE ESTIMÉE

18 j

NOMBRE DE MISSIONS ATTENDUES :

1

TRAVAUX

TYPE DE TRAVAUX

Hydrologie par transect MVP 200 et profils. Courantométrie VMADCP. Lâcher de bouée dérivantes

| | |
|--|-----|
| Nécessité d'une campagne de récupération ? | Non |
| Nécessité d'un soutien du gestionnaire technique pour le traitement des acquisitions ? | Non |

SÉRIE DE CAMPAGNES

SÉRIE À LAQUELLE APPARTIENT LA CAMPAGNE

DOI

RESPONSABLES

OBJECTIFS

PROGRAMMES RATTACHÉS

AUTRES PROJETS DE RATTACHEMENT

SWOT

CONTRIBUTION DE CETTE CAMPAGNE À CE(S) PROGRAMME(S)

Cette campagne est menée en coordination avec le programme BIOSWOT-AdAC, "Bioswot adopt-a-crossover" (appel Tosca SWOT Science Team) et fera l'objet d'une tâche additionnelle dans la révision du projet à la prochaine échéance (avril 2021) en accord avec le porteur du projet, Francesco D'ovidio.

Cette campagne fait partie des engagements de l'Ifremer vis à vis de son soutien au programme SWOT. Deux lettres de soutien, l'une du CNES, l'autre de la direction d'Ifremer sont jointes en annexe de la demande dans les documents complémentaires

AVIS ET SIGNATURE DES RESPONSABLES


NOMBRE DE DOSSIERS PRÉSENTÉS PAR L'UNITÉ

3

PRIORITÉ

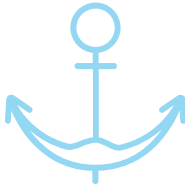
2

Avis et signatures des responsables campagne C-SWOT2023

| | Responsable hiérarchique du chef de mission principal* |
|---|--|
| Nom et Prénom | PAILLET Jérôme |
| Titre | Directeur d'Unité |
| Unité | LOPS UMR 6523 CNRS/IFREMER/IRD/UBO |
| Organisme | IFREMER |
| Adresse | 1625, route de Ste Anne, 29280 Plouzané |
| Tel | 02 90 91 55 20 |
| Fax | 02 98 22 44 96 |
| E-mail | Jerome.Paillet@ifremer.fr |
| Nombre de dossiers présentés par l'unité | 3 |
| Avis - Priorité (Obligatoire) | Avis favorable, priorité n°2 |
| Date et signature des responsables | 26/01/2021  |

* Suivant l'organisme dont dépend le chef de mission principal le responsable hiérarchique qui doit signer le dossier est :

- pour l'Ifremer le directeur de département
 - pour les laboratoires universitaires et/ou CNRS le directeur du laboratoire (UMR ...)
- pour l'IRD le directeur du laboratoire (UMR ...).



III- Résumé de la mission

FR

Mots-clés SWOT, Fines Echelles, Méditerranée nord-occidentale, Front Des Baléares , Courant Nord , Altimétrie

Cette mission vise à accompagner le lancement prochain de l'altimètre de nouvelle génération SWOT (NASA/CNES). Ce satellite fournira une mesure de l'élévation de surface de la mer avec une couverture spatio-temporelle inégalée, en particulier lors de sa phase d'observation intensive. Nous proposons à cette occasion de revisiter les principaux aspects de la circulation océanique connus du bassin nord-occidental de la Méditerranée et de participer activement à la phase de calibration et de validation de SWOT en zone côtière. Le gyre cyclonique qui occupe l'essentiel du bassin nord (cf figure 1) présente sur ces flancs nord (courant Liguro-Provençal) et sud (front des Baléares) des conditions dynamiques très différentes. L'originalité du projet est la mobilisation de deux navires qui navigueront de conserve pour mesurer les caractéristiques instantanées et statistiques de l'océan (vorticité, étirement, divergence). Ces caractéristiques sont rarement accessibles dans les observations à fine échelle. Elles viendront compléter de manière originale les données collectées par SWOT et participeront à l'observation des fines échelles.

EN

Mots-clés SWOT, Fines Scales, NorthWestern Mediterranean Basin, North Balearic Front, North Current, Altimetry

This field experiment aims to support the scheduled launch of the new-generation SWOT altimeter (NASA/CNES). This satellite will provide a measurement of sea surface elevation with unequalled space-time coverage, particularly during its intensive observation phase. It is an opportunity to revisit the main known aspects of the ocean circulation in the northern Mediterranean sub-basin and to contribute actively to the SWOT calibration and validation phase in the coastal zone. The cyclonic gyre which extends over most of the northern basin (see figure 1) exhibits very different dynamical aspects on its northern (Liguro-Provençal current) and southern (Balearic front) sides. The originality of the project is the mobilization of two vessels that will sail along together to explore statistics of the surface ocean dynamics (vorticity, stretching, divergence) that are seldomly accessible in fine scale observations. They will complement in an original way the data collected by SWOT and will participate in the observation of fine scales.

Campagne “C-SWOT2023”

Projet scientifique

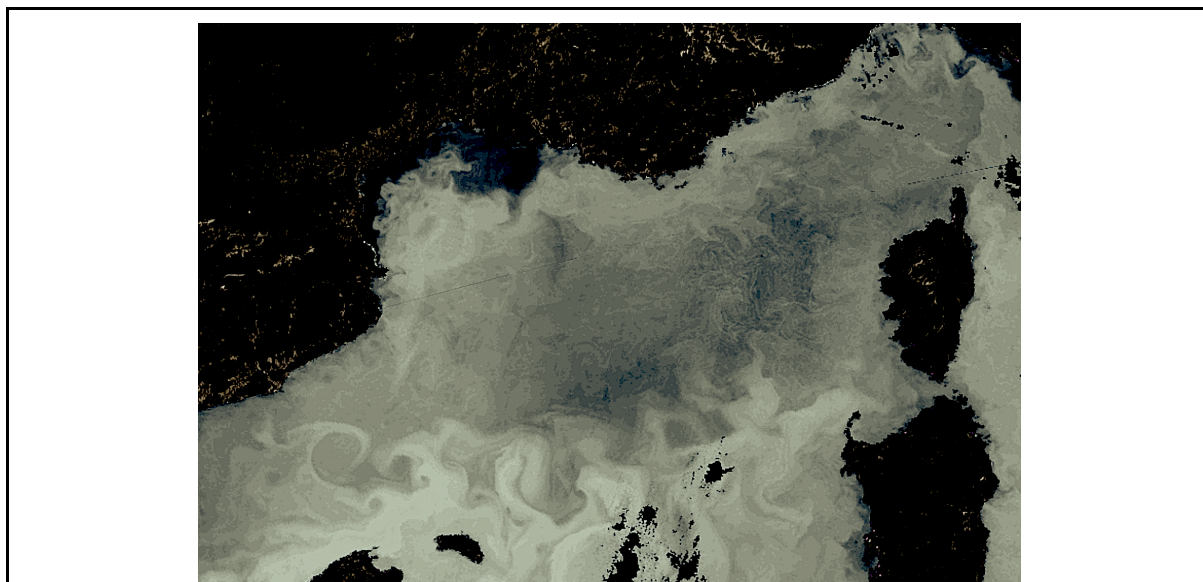


Figure 1 : Scène de température de surface de la mer typique du bassin nord Méditerranéen en fin d'hiver.

Introduction

Cette demande de campagne s'inscrit dans le cadre de l'étude des processus à méso-échelle et sous-méso-échelle en Méditerranée Nord-Occidentale et de leurs interactions avec la circulation générale engagée par la communauté (Bosse et al., 2015, Petrenko et al., 2017, Margirier et al., 2017, Testor et al., 2018) et les auteurs de cette proposition (Schaeffer et al., 2011, Garreau et al., 2018). La circulation générale en Méditerranée Nord-Occidentale est assez bien définie : une circulation cyclonique, parfois appelée le gyre nord, occupe l'ensemble du bassin Liguro-Provençal-Catalan. Cette circulation est composée du Courant Nord qui longe le talus continental de la Ligurie à la Catalogne et d'un retour moins cohérent et toujours discuté au sud entre les îles de Minorque et de la Corse. A la variabilité saisonnière de la dynamique de cette zone, s'ajoute une dynamique méso-échelle et sous-méso-échelle dont l'importance pour l'activité biologique a été démontrée (Lévy et al., 2012). Cette activité méso-échelle est maximale en fin d'hiver (Robinson, 2010). Du point de vue de la physique, les observations récentes (glider/ seasoar / MVP) ont mis en évidence que les fines échelles étaient plus que de simples perturbations autour d'une circulation moyenne mais qu'elles contribuaient à son organisation, à son maintien et à la redistribution des masses d'eau (McWilliams 2016). Si les processus méso-échelle et sous-méso-échelle font l'objet de nombreuses études numériques et conceptuelles, leur observation *in situ* reste un défi parce qu'elles sont de petites tailles, en mouvement et à durée de vie limitée.

Ce projet de campagne tire parti de l'opportunité unique de la phase d'échantillonnage rapide de la mission spatiale SWOT pour mieux cerner l'apport de ses instruments en zone côtière afin d'en extraire une information sur la variabilité spatiale et temporelle du courant Nord et du front Nord Baléares. Les capteurs altimétriques (à fauchée et Nadir) du satellite SWOT, lancé en fin d'année 2022, devraient capturer la signature sur la surface libre d'une partie de ces structures qui échappent à l'altimétrie Nadir. Avec deux fauchées de 50km exploitables de part et d'autre du nadir, SWOT est conçu pour d'obtenir une information bidimensionnelle et devrait également fournir une donnée utilisable au plus près des côtes. Le simulateur de données Swot (https://github.com/CNES/swot_simulator) a été mis en œuvre sur des simulations numériques à haute résolution dans la zone ciblée par la campagne (figure 2). Après une période initiale de mise au point technique du satellite et de ses instruments, une période d'échantillonnage rapide de trois mois est programmée, entre

l'automne 2022 et le printemps 2023, avec une revisite quotidienne d'orbites particulières. Une de ces orbites coupe le gyre nord de Minorque à Marseille, échantillonnant successivement le front des Baléares, la zone de convection hivernale et le Courant Nord (fig.2), tous susceptibles à cette période de l'année d'être le siège d'une activité meso et sous-mesoéchelle forte du fait de la profondeur et de l'intensité des fronts. C'est une occasion rare d'évaluer et valoriser les mesures de SWOT par une campagne à la mer. Une lettre de soutien du CNES (membre du consortium SWOT) est jointe à cette demande.

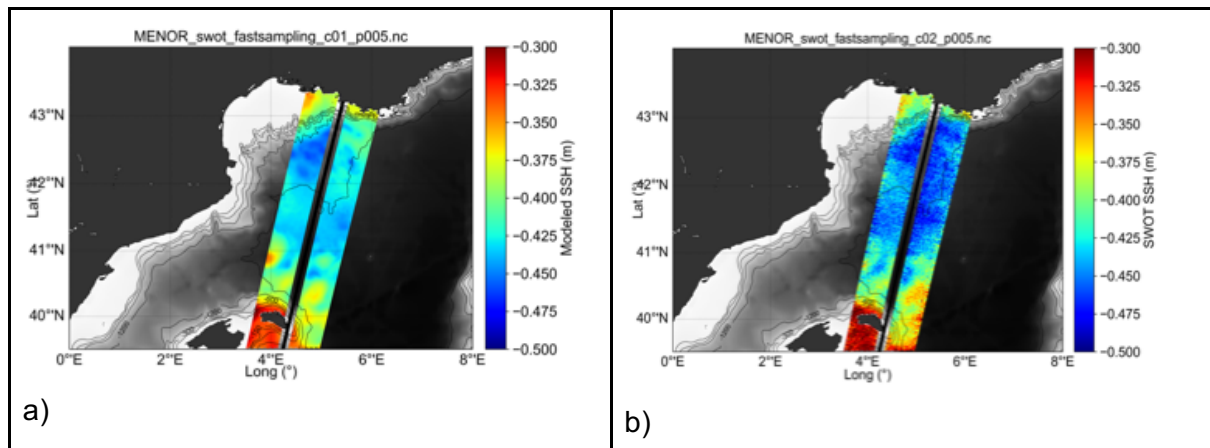


Figure 2 : Visualisation des fauchées de SWOT dans la zone d'étude en utilisant le simulateur d'erreur dédié (Gaultier et al., 2017) sur une hauteur d'eau issue d'une modélisation numérique (a). Les résultats attendus pour la SSH (b) sont entachés d'erreurs plus ou moins importantes (roulis, phase, horloge, états de mer etc...) et nécessiteront un apprentissage des procédures de traitements.

Enfin, cette campagne a été conçue en synergie entre le SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine) et le LOPS. Le SHOM mobilisera ses propres moyens nautiques (un navire hauturier) et humains dans le cadre d'une campagne appelée "PROTEVS SWOT2023" tandis que le LOPS souhaite mobiliser simultanément un navire côtier. Deux legs communs sont demandés, l'un dans le Courant Nord et au large de Marseille et Toulon, l'autre au nord de Minorque dans le front des Baléares afin de réaliser des observations simultanées de haute résolution. Une déclaration d'engagement du SHOM et de l'intérêt qu'il porte à cette opération est jointe à cette demande.

Cette campagne dans la lignée de ce qui avait été imaginé aux prémices de SWOT (Nencioli et al. 2013) est à l'intersection de trois objectifs :

- **Un objectif d'océanographie physique :**

Observation de la variabilité de la dynamique du Courant Nord.

A l'entrée du golfe du Lion, le Courant Nord peut bifurquer transitoirement dans le Golfe du Lion (Casella et al., 2020), continuer sa route le long de la pente continentale, "retrofléter", émettre des filaments, être instable... Tous ces comportements sont observés sur les thermographies infrarouges, les images en couleur de l'océan, les données *in-situ*, l'altimétrie (Meloni et al., 2019, Carret et al., 2019) ou les simulations numériques. La phase d'échantillonnage rapide de SWOT fournira une trace altimétrique quotidienne classique au nadir et une vue synoptique de la SSH dans une zone allant de Toulon à Marseille, une zone où les comportements précités du Courant Nord ont été observés. Les acquisitions *in situ* proposées durant la campagne apporteront une vérité terrain qui contribueront à la qualification des données SWOT sur une région bien connue et dont la signature altimétrique des processus a été quantifiée et devrait sortir (peut-être pas par tous les états de mer) significativement du bruit de mesure de SWOT. Les sections hydrologiques haute résolution observées et les champs de courants mesurés seront traduits en termes de hauteur dynamique, de courants géostrophiques et comparés aux résultats de l'altimétrie. Des simulations numériques à haute résolution de la zone seront mise en oeuvre pour identifier les processus physiques susceptibles de mettre en défaut l'hypothèse géostrophique qui relie les courants de surface à la pente de la surface libre (non stationnarité, non-

linéarité (cyclo-géostrophie), inertie, forçage atmosphérique, poids des termes frictionnels...). Les données altimétriques de SWOT aideront en temps différé à une interprétation dynamique de ces processus.

Observations des petites échelles

Les observations à très hautes résolutions comme celles des campagnes PROTEVS-MED (Garreau et al., 2019) donnent en Méditerranée l'image d'un océan très « patchy », brassé, structuré en couches fines pas forcément horizontales. Une partie de ces structures peut être interprétée comme la conséquence d'un étirement purement cinématique de masses d'eau sous l'effet de courant dont les gradients ne coïncident pas exactement avec les isothermes, les isohalines et les isopycnes. Les échanges océan - atmosphère, marqués par des événements intenses comme le Mistral et la Tramontane, interagissent avec les structures méso-échelles, les fronts et les courants permanents. Ils génèrent des sources ou des puits de vorticités et créent ainsi une dynamique agéostrophique (Giordani et al., 2006; Giordani et al., 2017). Cette dynamique se traduit par des vitesses verticales dans le cœur et à la périphérie des tourbillons (Brannigan, 2016) et plus généralement dans les fronts. Des transects hydrologiques et dynamiques menés simultanément par deux bateaux nous permettront de préciser dans ces zones la nature des instabilités et d'estimer l'ordre de grandeur des vitesses verticales.

- Une participation à l'effort de calibration, validation (CALVAL) de SWOT :

Cette campagne doit être programmée durant la phase d'échantillonnage rapide de SWOT. L'acquisition altimétrique et les courants géostrophiques qui en seront dérivés, seront systématiquement comparées aux observations sous la trace et en plusieurs endroits des fauchées. Les campagnes PROTEVS ont montré la validité de l'hypothèse géostrophique jusqu'à des échelles de l'ordre du rayon de déformation (Garreau et al., 2018). L'observabilité des structures méso et sous-méso-échelle par SWOT sera évaluée dans deux zones contrastées. Au nord (leg 1) sera examinée la variation de la pente liée à un courant de bord intense quasi permanent et plaqué à la côte ; au sud (leg2) la "soupe" tourbillonnaire présente à cette période dans le front des Baléares sera explorée. Le bilan d'erreurs (Esteban Fernandez et al., 2014) qui impactent l'instrument Karin (l'altimètre à large fauchée en bande Ka embarqué sur SWOT) tel qu'il est perçu à l'heure actuelle laisse présager une hétérogénéité de la qualité de la donnée au sein de chaque fauchée et une sensibilité importante à l'état de mer (Hs et asymétrie des vagues). Deux bouées dérivantes (de type SPOON) mesurant les caractéristiques de l'état de mer seront déployées. Le SHOM envisage par ailleurs le déploiement temporaire de marégraphes côtiers pour suivre les variations absolues du niveau marin entre les deux fauchées. Enfin des progrès récents sur la connaissance du géoïde en mer Méditerranée et dans la région en particulier (Barzaghi et al., 2018 et Tziavos, I. N. 2020) sont aussi un atout pour la connaissance du bilan des erreurs de la mesure altimétrique

- Un objectif méthodologique :

Au cours de cette campagne, nous nous proposons de mettre en œuvre des stratégies d'observations innovantes (et) ou rarement déployées. Un retour d'expérience sur les méthodologies employées est donc attendu.

Shcherbina et al. (2013) ont montré les limites importantes de l'évaluation de moments d'ordre élevé de la dynamique (vorticités, divergence, déformation) à partir d'un seul porteur d'instruments. Cela se manifeste notamment par une distorsion de la distribution de la vorticités de surface observée, une sous-estimation de sa variance à grande échelle qui sont autant d'obstacles à la validations in situ des prédictions de modèles théoriques conceptuels. Le type d'acquisition à deux bateaux conduite dans l'expérience LATMIX (rapporté par Shcherbina et al., 2013) est très rare : nous proposons de mettre en œuvre une telle stratégie d'échantillonnage à l'occasion de l'acquisition en échantillonnage rapide de SWOT pour conforter ce point de vue et mettre en regard les statistiques des vorticités de surface déduites de la fauchée de Swot et celles déduites des observations *in situ* à deux porteurs ; on réalisera pour cela simultanément deux transects parallèles enregistrant les paramètres hydrologiques dans la

couche de surface (0-400m) et les courants par VMADCP. Au-delà des contraintes nautiques et de sécurité nous évaluerons ces moments à différentes échelles en suivant des routes parallèles espacées de différentes distances. Les précautions de calibrations seront prises et l'acquisition sera croisée de façon à détecter d'éventuels biais instrumentaux.

La zone d'étude est une zone fréquentée par la navigation de commerce. L'utilisation des messages AIS pour déduire de la dérive des bateaux les courants marins a progressé. Elle permettra une connaissance régionale des courants de surface avant et pendant la campagne par la réception par le bord des messages AIS à pleine résolution temporelle (i.e. un message toutes les 10 secondes) ; le traitement en temps réel des routes des navires a été expérimenté avec succès lors de la campagne Protevs-Gibraltar 2020 montrant même la possibilité de capturer correctement des courants de marée et une estimation de leur divergence commensurable avec des mesures de VMADCP (Le Goff et al., 2021).

Météo permettant, une acquisition par l'Aéronef Léger pour Télédétection Aéroportée du Milieu Marin (ALTAMM) du LOPS est envisagée au-dessus du front du Courant Nord. Une caméra thermique très haute résolution sera embarquée et fournira une vue de toutes petites échelles (de l'ordre de quelques dizaines de mètres) présentes dans le front.

Enfin, le LOPS développe dans le cadre du projet COGNAC une stratégie de déploiement de flotteurs autonomes pour l'étude de la circulation sous-meso-échelle intérieure (jusqu'à 500m de profondeur) en combinaison avec des approches traditionnelles (MVP, ADCP de coque). Ces flotteurs sont positionnés en trois dimensions par acoustique à partir de sources positionnées par GPS. Cette campagne sera l'occasion d'un essai grandeur nature du dispositif. Il sera déployé à partir du navire hauturier.

Contexte Scientifique

Cette campagne est menée en coordination avec le programme BIOSWOT-AdAC, "Bioswot adopt-a-crossover" (appel Tosca SWOT Science Team) et fera l'objet d'une tâche additionnelle dans la révision du projet à la prochaine échéance (avril 2021) en accord avec le porteur du projet, Francesco D'ovidio. Elle est complémentaire des approches de la campagne BIOSWOT-MED qui se focalise sur l'impact des fines échelles sur la biogéochimie et prolonge les campagnes d'observation haute résolution menées en Méditerranée (Campagnes Protevs du SHOM, Campagnes Seaquest (Ross et al., 2016), OSCAHR, FUMSECK etc.) par une stratégie innovante.

Ces approches haute résolution sont complémentaires des objectifs du réseau MOOSE qui mise davantage sur la résolution temporelle (observatoires aux points fixes) et les évolutions pluriannuelles (réseau régulier de CTD-Rosette).

Objectifs et période demandés

La campagne demandée doit se dérouler durant la période d'échantillonnage rapide de la mission SWOT au cours de laquelle un nombre restreint de traces seront répétées quotidiennement, offrant une capacité d'observation par l'altimétrie décuplée à la fois en résolution spatiale (du fait des fauchées, au total de 100 km de large) et temporelle (répétitivité quotidienne). A l'heure actuelle, le calendrier de la mission donne un lancement du satellite au mois d'août 2022 et une période d'échantillonnage rapide qui s'étendra de décembre 2022 à février 2023. **La période ciblée est fin février 2023** compte tenu de l'intensité croissante des processus (et de leur signature altimétrique) du fait de l'approfondissement général des fronts. En cas de glissement du calendrier SWOT toujours possible à ce stade, les mois de mars et d'avril restent favorables.

Résultats attendus et plan d'exploitation des données.

Données de campagnes

L'échantillonnage in-situ permettra l'observation du Courant Nord et des structures méso-échelles associées au Courant Nord et au front des Baléares.

La première tâche d'exploitation consistera à inter-calibrer les instruments exploités à partir des mesures dédiées (J1 de chaque leg) et à chaque point d'observation croisée entre les deux navires.

La seconde tâche visera à estimer la composante géostrophique de la vitesse déduite des champs hydrologiques. Par comparaison aux courants totaux mesurés à l'aide des profileurs de coque, les composantes agéostrophiques du courant seront évaluées. Les composantes d'Ekman et inertielle du courant seront estimées à l'aide des données de flotteurs dérivant puis filtrées. Enfin, une estimation de la correction cyclo-géostrophique (au sein des structures tourbillonnaires les plus intenses) sur le niveau de surface sera faite (cf Ioannou et al., 2019).

La troisième tâche consistera à calculer la hauteur dynamique pour la comparer aux hauteurs de mer restituées par SWOT. Cette évaluation sera faite à l'aide des données des engins oscillants dans la couche de surface, des stations CTD et des profileurs standards (Arvor) ou profonds (Deep Argo) pour la partie inférieure de la colonne d'eau.

Le quadrillage des deux navires fournira des observations quasi simultanées des variations spatiales des champs hydrologiques et de courant. Dès lors la caractérisation des structures sera étendue (position et intensité du Courant Nord, position du cœur des tourbillons et de leur vitesse radiale maximale ainsi que leurs extensions spatiale et verticale).

Les statistiques de vorticité, de déformation et de divergence en surface seront établies à partir des observations des profileurs de courant. Elles seront notamment mises en regard des expériences de la littérature et des prédiction des modèles théoriques.

Enfin, la consistance des observations SWOT sera évaluée par rapport aux observations in-situ :

- quelles échelles spatiales sont correctement appréhendées ?
- La position des fronts (Courant Nord en particulier) et tourbillons du front des Bal aires peut-elle être monitorée par SWOT et avec quelle précision ?
- quelles structures peuvent être restituées par ces mesures satellite ?

Données de modélisation numérique

Des simulations numériques (avec / sans assimilation ou nudging) seront mises en œuvre dès 2021 dans le cadre du projet COTA3COT ; ces simulations numériques auront des résolutions de 4-5 km à l'échelle régionale jusqu'à 80 m au plus fin localement. Elles permettront d'avoir à disposition des analyses en temps réel pour guider l'exploration de la zone d'étude.

Données ancillaires

Sur la zone, il existe des acquisitions de données complémentaires. Une proposition de collaboration active avec les équipes engagées sera menée. Un séminaire ouvert sera organisé après la phase de dépouillement pour présenter les mesures acquises et envisager des voies d'exploitations conjointes. Les données suivantes ont été recensées :

- le radar HF au large de Toulon (contact Céline Quentin et Bruno Zakardjian, MIO),
- le courantomètre au point Julio à l'entrée est du Golfe du Lion (Contact Anne Petrenko, MIO)
- les dispositifs courantométriques accompagnant ANTARES (contacts Bruno Zakardjian et Dominique Lefèvre, MIO)
- le réseau marégraphique du SHOM (contacts Ga l André, Shom/STM)
- Enfin les données altimétriques, infra-rouge, SAR disponibles seront exploitées (contacts Lucile Gaultier, ODL, Stéphane Saux-Picard, Météo France)

Calendrier prévisionnel

| | | | | | | | | |
|--|----------|--------|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| | année -1 | mois 1 | mois 1->3 | mois 4-> 6 | mois 7->12 | mois -> 12 | mois 12-24 | mois 24-> |
|--|----------|--------|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|

| | | | | | | | | |
|------------------------|--|-----------|--|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---|--|
| Swot | | lancement | test | période de fast sampling | | | | |
| Campagne | | | préparation | déroulement | | | | |
| Données | | | | Acquisition | Dépouillement Traitement | Séminaire ouvert de restitution | bancarisation | |
| Modélisation numérique | exploration numérique des processus attendus | | modélisation opérationnelle durant la campagne | | | | Soutien à l'interprétation | |
| Valorisation | | | | | | | Exploitations Participations à congrès et workshop | Publications Participations à congrès et workshop |

Risques

Les protocoles et engins de mesures déployés sont éprouvés (VMADCP, MVP, U-CTD, SEASOAR, Rapidcast). La principale difficulté sera la coordination des travaux sur deux navires. Par ailleurs, la zone du Courant Nord est connue pour les difficultés d'autorisation de travaux (les zonex). En cas de difficulté persistante, les travaux se focaliseront sur la fauchée ouest située en dehors des zones de restrictions fortes.

En cas de décalage important du lancement du satellite SWOT ou de de la période d'échantillonnage rapide vers l'été, une partie de la stratégie de mesure pourrait se redéployer vers les fronts d'upwelling interne au Courant Nord qui se développent entre Toulon et Marseille. Nous envisagerions alors une réorientation de la demande. En cas d'absence complète de données SWOT ou de retard trop conséquent, les mesures haute résolution réalisées conjointement par les deux bateaux restent d'actualité et l'altimétrie "classique" sera alors exploitée.

Synthèse des opérations

Le navire côtier réalisera essentiellement des profils hydrologiques à l'aide du MVP 200 (température, pression et conductivité) entre 0 et 400 m de profondeur, accompagné d'acquisition de profil de vitesse par le VMADCP du bord. La longueur typique des radiales est estimée à 40 nautiques (soit 10h d'acquisition à 4 nautiques). Des lâchers et des récupérations de bouées dérivantes seront effectués. Une U-CTD sera déployée pour effectuer des profils température/salinité en route. Hormis le fonctionnement en routine du fluorimètre, il n'est pas prévu dans ce projet initial de prélèvement de bio-géochimie ou de microplastiques à bord du navire côtier. Les proposant sont ouverts à des mesures en routines de paramètres biogéochimiques. Les capteurs de bases : fluorimétrie, oxygène dissous, turbidité, nitrates seront déployés sur le navire hauturier.

Le Navire hauturier travaillera lui 24/24 et effectuera, en sus pu programme commun présenté ici, des profils CTD-ROSETTE-LADCP jusqu'au fond, des transects hydrologiques et courantométriques au nadir et une prospection de la zone pour repérer une structure petite échelle active (tourbillon, SCV, filaments) à investiguer à deux bateaux en fin de campagne. il mettra également à l'eau des profileurs dérivant du type ARGO et des bouées dérivantes Carthe et déploiera des mesures de profil de turbulence (VMP).

Les horaires de passage (potentiellement de nuit) du satellite SWOT ne seront connus que tardivement. Une synchronisation avec leurs survols serait préférable. La priorité pour le navire côtier est l'acquisition "longue" et continue (des transects de 10h à 4 noeuds).

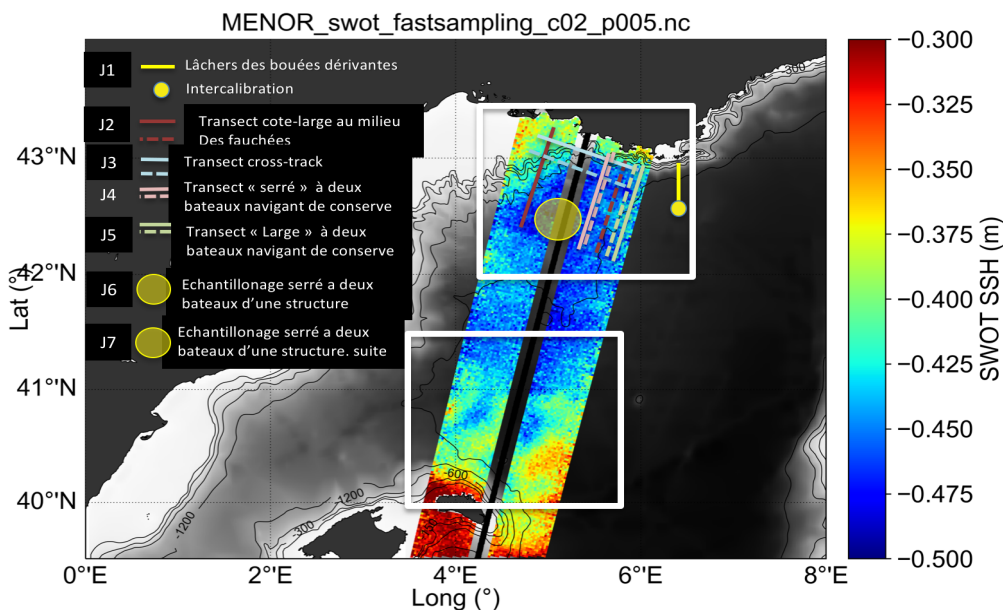


figure 3 : Synopsis du leg 1 de la campagne C-SWOT. Les travaux demandés au bateau côtier sont en traits pleins. Les traits discontinus représentent les travaux réalisés au même moment par la navire hauturier du SHOM. La chronologie et les positions exactes sont indicatives et dépendront des aléas météorologiques et des autorisations de travailler en zonex.

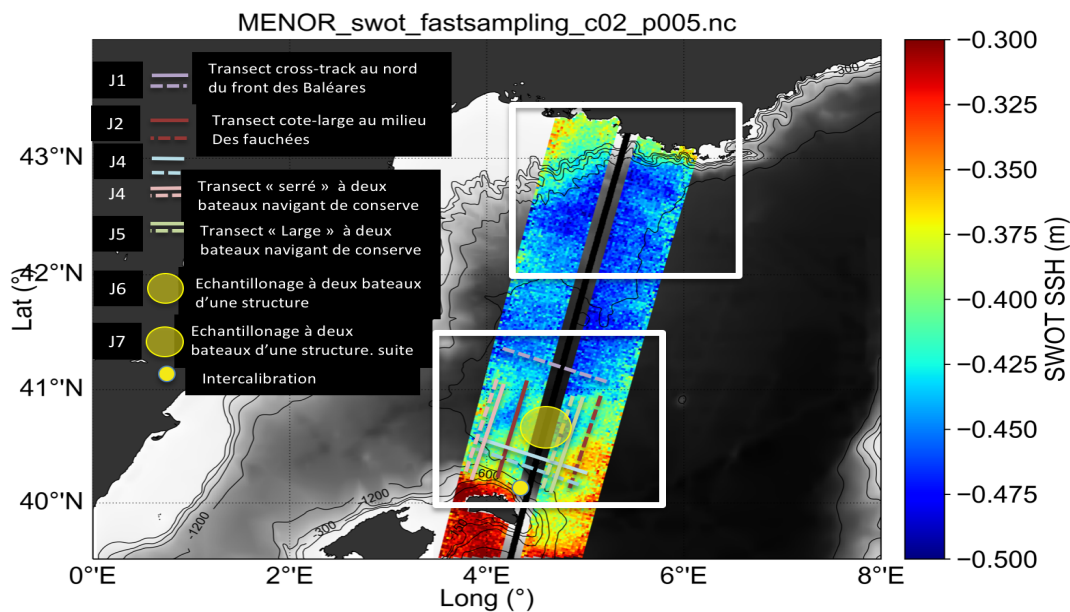


figure 4 : Synopsis du leg 2 de la campagne C-SWOT. Les travaux demandés au bateau côtier sont en traits pleins. Les traits discontinus représentent les travaux réalisés au même moment par la navire hauturier du SHOM. La chronologie et les positions exactes sont indicatives et dépendront des aléas météorologiques.

Déroulement prévisionnel

La campagne sera composée de deux legs. La demande à la CNFC concerne deux legs de 7 jours de travaux à la mer pour le navire côtier (soit 14 jours au total). Le navire hauturier sera mobilisé sur la totalité de ces deux legs mais pour une durée totale de 20 jours de travaux. L'un des legs sera consacré à l'étude de la partie nord de la zone. L'autre leg concernera les structures du front des Baléares. Une acquisition d'un transect hydrologique et courantométrique au nadir à l'aller et au retour sera réalisée par le navire hauturier. La campagne nécessite d'être planifiée pendant la mission fast sampling de SWOT et en même temps que celle du navire hauturier.

LEG 1 (Zone "Courant Nord"; figure 3)

Jour 1 : Reconnaissance de la zone / test des instruments / calibration

Navire Côtier : Lâcher en amont de la zone de travaux de bouées dérivantes SVP le long d'une radiale côte large. Ces bouées dérivantes transiteront dans la zone d'étude durant les travaux; elles permettront une connaissance grossière de la dynamique de la zone et donneront une idée de l'intensité éventuelle des ondes d'inertie.

Inter-calibration au point fixe des capteurs (MVP en mode CTD, U-CTD, CTD).

Calibration du VMADCP

Navire hauturier : Reconnaissance rapide de l'hydrologie et de la dynamique de la zone avec le Seasoar à 9 noeuds, premier repérage des situations frontales.

Inter-calibration des capteurs (Seasor, RapidCast, CTD).

Jour 2 : Transects along track (dans chacune des fauchées)

Navire côtier : Transect MVP et VMADCP depuis Marseille vers le large au milieu de la fauchée ouest de SWOT (40 nautiques à 4 noeuds environ).

Retour sur le transect et utilisation en route de l'UCTD sur la plaine abyssale afin de connaître la situation hydrologique sur l'ensemble de la colonne d'eau.

Navire hauturier : Transect Seasoar et VMADCP depuis Toulon vers le large au milieu de la fauchée est de SWOT. Retour sur le transect pour faire de la CTD + rosette + LADCP afin de connaître la situation hydrologique sur l'ensemble de la colonne d'eau.

Jour 3 : Transects Cross Track

Navire côtier : Transect MVP et VMADCP entre Marseille et Toulon à l'intérieur du Courant Nord (40 nautiques à 4 noeuds environ).

Navire hauturier : Transect MVP et Seasoar entre Toulon et Marseille sur le bord externe du Courant Nord (40 nautiques à 8 noeuds environ).

Jour 4 : Transects "serrés" sous-meso-échelle dans le front du Courant Nord.

Les deux bateaux naviguent de conserve, en parallèle à une distance inférieure à 1 nautique si possible. Une procédure de croisement de trajectoire sera réalisée en début et en fin de transect pour permettre une intercalibration.

Navire côtier : Transect MVP et VMADCP de 40 nautiques à 4 noeuds environ.

Navire hauturier : Transect Rapidcast et VMADCP de 40 nautiques à 4 noeuds environ. Retour sur le transect commun et stations CTD.

Jour 5 : Transects "larges" sous-meso-échelle dans le front du Courant Nord.

Les deux bateaux naviguent de conserve, en parallèle à une distance de l'ordre de 2 nautiques. Une procédure de croisement de trajectoire sera réalisée en début et en fin de transect pour permettre une intercalibration.

Navire côtier : Transect MVP et VMADCP de 40 nautiques à 4 noeuds environ.

Navire hauturier : Transect Rapidcast et VMADCP de 40 nautiques à 4 noeuds environ. Retour sur le transect commun et stations CTD.

Jour 6 : Investigation synoptique d'une structure "sous-meso-échelle"

La stratégie d'échantillonnage (papillon, quadrillage, radial, etc.) sera adaptée à la structure observée, la base restant des transects MVP ou Seasoar)

Navire côtier : Transects MVP et VMADCP de 40 nautiques à 4 noeuds environ

Navire hauturier : Transects seasoar et VMADCP de 40 nautiques à 8 noeuds environ

Jour 7 : Investigation synoptique d'une structure "sous-meso-échelle".

La stratégie d'échantillonnage (papillon, quadrillage, radial, etc.) sera adaptée à la structure observée. la base restant des transects MVP ou Seasoar)

Navire côtier : Transects MVP et VMADCP de 40 nautiques à 4 noeuds environ.

Navire hauturier : Transects Seasoar et VMADCP de 40 nautiques à 8 noeuds environ. CTD

LEG 2 (zone "Front des Baléares"; figure 4)

Jour 1 : Reconnaissance de la zone

Navire Côtier : Lâcher au milieu de la zone de travaux de bouées dérivantes SVP. Ces bouées dérivantes transiteront dans la zone d'étude durant les travaux, permettront une connaissance grossière de la dynamique de la zone et donneront une idée de l'intensité éventuelle des ondes d'inertie.

Navire hauturier : Reconnaissance rapide de l'hydrologie et de la dynamique de la zone avec le Seasoar à 8 noeuds, premier repérage des situations frontales.

Jour 2 : Transects along track (dans chacune des fauchées)

Navire côtier : Transect MVP et VMADCP au milieu de la fauchée ouest de SWOT.

Retour sur le transect et utilisation en route de l'UCTD sur la plaine abyssale afin de connaître la situation hydrologique sur l'ensemble de la colonne d'eau.

Navire hauturier : Transect Seasoar et VMADCP au milieu de la fauchée est de SWOT. Retour sur le transect pour faire de la CTD + rosette + LADCP afin de connaître la situation hydrologique sur l'ensemble de la colonne d'eau.

Jour 3 : Transects Cross Track

Navire côtier : Transect MVP et VMADCP près de Minorque (40 nautiques à 4 noeuds)

Navire hauturier : Transect MVP et Seasoar plus au large de Minorque

Jour 4 : Transects "serrés" sous-méso-échelle dans une structure frontale du front des Baléares.

Les deux bateaux naviguent de conserve, en parallèle à une distance inférieure à 1 nautique si possible. Une procédure de croisement de trajectoire sera réalisée en début et en fin de transect pour permettre une intercalibration.

Navire côtier : Transect MVP et VMADCP de 40 nautiques à 4 noeuds environ.

Navire hauturier : Transect Rapidcast et VMADCP de 40 nautiques à 4 noeuds environ.

Jour 5 : Transects "larges" sous-méso-échelle dans dans une structure frontale du front des Baléares.

Les deux bateaux naviguent de conserve, en parallèle à une distance de l'ordre de 2 nautiques. Une procédure de croisement de trajectoire sera réalisée en début et en fin de transect pour permettre une intercalibration.

Navire côtier : Transect MVP et VMADCP de 40 nautiques à 4 noeuds environ.

Navire hauturier : Transect Rapidcast et VMADCP de 40 nautiques à 4 noeuds environ.

Jour 6 : Investigation synoptique d'une structure "sous-méso-échelle"

La stratégie d'échantillonnage (papillon, quadrillage, radiale, etc.) sera adaptée à la structure observée, avec par défaut des transects MVP ou Seasoar.

Navire côtier : Transect MVP et VMADCP de 40 nautiques à 4 noeuds environ

Navire hauturier : Transect Rapidcast et VMADCP de 40 nautiques à 4 noeuds environ

Jour 7 : Investigation synoptique d'une structure «sous-méso-échelle».

La stratégie d'échantillonnage (papillon, quadrillage, radial, etc.) sera adaptée à la structure observée, avec par défaut des transects MVP ou Seasoar.

Navire côtier : Transect MVP et VMADCP de 40 nautiques à 4 noeuds environ

Navire hauturier : Transect Rapidcast et VMADCP de 40 nautiques à 4 noeuds environ

Exploitation des données :

| Responsables | Tâches |
|--|---|
| Pierre Garreau (Ifremer-LOPS) Franck Dumas (SHOM) | Rapport de campagnes |
| Ivane Pairaud (IFREMER LOPS) Franck Dumas (SHOM) | Organisation d'un séminaire ouvert post-dépouillement ; Présentations des résultats bruts. Proposition d'une stratégie de valorisation scientifique. |
| Jean François le Roux (IFREMER LOPS) X ingénieur hydrographe (SHOM) Y ingénieur hydrographe (SHOM) | Dépouillement Bancaisation |
| Ivane Pairaud (IFREMER LOPS) | Traitement des données courantométriques |
| Valérie Garnier (IFREMER LOPS) | Interprétation scientifique des données altimétriques en regard des données in-situ |
| Valérie Garnier (IFREMER LOPS) | Modélisation haute résolution de la zone. Diagnostics |

| | |
|--|--|
| | opérationnels temps réel à partir de simulation numérique. Analyse des perturbations à la géostrophie. |
| Céline Quentin (MIO) Bruno Zakardjian (MIO) | Traitement et interprétation des mesures en lien avec les observations radar HF |
| Louis Marie | Exploitation des traces et fauchées altimétriques. Analyse des images issues de la caméra thermique très haute résolution embarquée sur ALTAMM |
| Aurélien Ponte | Analyse de la dérive des flotteurs autonomes Analyse des fines échelles |

Références de l'équipe (Sélection)

Barceló-Llull, B., Pascual, A., Día-Barroso, L., Sánchez-Román, A., Casas, B., Muñoz, C., **Dumas, F.**, D'ovidio F., Doglioli A, **Garreau P.**, ...& Toomey, T. (2018). PRE-SWOT Cruise Report. Mesoscale and sub-mesoscale vertical exchanges from multi-platform experiments and supporting modeling simulations: anticipating SWOT launch (CTM2016-78607-P).

Doglioli, A. M., Grégori, G., d'Ovidio, F., Petrenko, A. A., Barrillon, S., Fuda, J. L., **Dumas F.**, **Garreau P.**, Pascual A., Carlotti, F. (2020, May). Combining remote sensing and in situ observations to study the physical-biological coupling at fine scale: recent Mediterranean campaigns and outlook. In *EGU General Assembly Conference Abstracts*

Garreau, P., **Dumas, F.**, Louazel, S., Stegner, A., & Le Vu, B. (2018). High-Resolution Observations and Tracking of a Dual-Core Anticyclonic Eddy in the Algerian Basin. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 123(12), 9320-9339.

Garreau, P., **Dumas, F.**, Louazel, S., Correard, S., Fercocq, S., Le Menn, M., ... & Gregori, G. (2020). PROTEVS-MED field experiments: very high resolution hydrographic surveys in the Western Mediterranean Sea. *Earth System Science Data*, 12(1), 441-456.

Garreau, P., **Garnier, V.**, Schaeffer, A. (2011). Eddy resolving modelling of the Gulf of Lions and Catalan Sea. *Ocean Dynamics*, 61(7), 991-1003.

Ioannou, A., Stegner, A., Tuel, A., Levu, B., **Dumas, F.**, Speich, S. (2019). Cyclostrophic corrections of AVISO/DUACS surface velocities and its application to mesoscale eddies in the Mediterranean Sea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(12), 8913-8932.

Ioannou, A., Stegner, A., **Dumas, F.**, Le Vu, B. (2020). Three-dimensional evolution of mesoscale anticyclones in the lee of Crete. *Frontiers in Marine Science*, 7, 1019.

Lopez, G., Bennis, A. C., Barbin, Y., Sentchev, A., Benoît, L., **Marié, L.** (2020). Surface currents in the Alderney Race from high-frequency radar measurements and three-dimensional modelling. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 378(2178), 20190494.

Mikolajczak, G., Estournel, C., Ulses, C., Marsaleix, P., Bourrin, F., Martin, J., **Pairaud, I.**, Puig, P., Leredde, Y., Many, G., Seyfried, L., Durrieu de Madron, X., 2020. Impact of storms on residence times and export of coastal waters during a mild autumn/winter period in the Gulf of Lion. *Continental Shelf Research* 207, 104192. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2020.104192>

Marié, L., Collard, F., Nouguier, F., Pineau-Guillou, L., Hauser, D., Boy, F., Méric, S., Sutherland, P., Peureux, C., Monnier, G., Chapron, B., Martin, A., Dubois, P., Donlon, C., Casal, T., Arduin, F., 2020. Measuring ocean total surface current velocity with the KuROS and KaRADOc airborne near-nadir Doppler radars: a multi-scale analysis in preparation for the SKIM mission. *Ocean Science* 16, 1399-1429. <https://doi.org/10.5194/os-16-1399-2020>

Rasclé, N., Chapron, B., Molemaker, J., Nouguier, F., Ocampo-Torres, F. J., Osuna Cañedo, J. P., **Marié, L.**, Horstmann, J. (2020). Monitoring Intense Oceanic Fronts Using Sea Surface Roughness: Satellite, Airplane, and In Situ Comparison. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125(8), e2019JC015704.

Schaeffer, A., Molcard, A., Forget, P., Fraunié, P., **Garreau, P.** (2011). Generation mechanisms for mesoscale eddies in the Gulf of Lions: radar observation and modeling. *Ocean Dynamics*, 61(10), 1587-1609.

Tzortzis, R., Doglioli, A. M., Barrillon, S., Petrenko, A., d'Ovidio, F., Izard, L., **Dumas F.**, Grégori, G. (2020, May). A Lagrangian strategy for in situ sampling the physical-biological coupling at fine scale: the PROTEVS-MED-SWOT 2018 cruise. EGU2020 : Session NP6.1

Autres références

Archer, M., Schaeffer, A., Keating, S., Roughan, M., Holmes, R., & Siegelman, L. (2020). Observations of Submesoscale Variability and Frontal Subduction within the Mesoscale Eddy Field of the Tasman Sea. *Journal of Physical Oceanography*, 50(5), 1509-1529.

Aulicino, G., Cotroneo, Y., Ruiz, S., Román, A. S., Pascual, A., Fusco, G., ... & Budillon, G. (2018). Monitoring the Algerian Basin through glider observations, satellite altimetry and numerical simulations along a SARAL/AltiKa track. *Journal of Marine Systems*, 179, 55-71.

Barzaghi, R., Carrion, D., Vergos, G. S., Tziavos, I. N., Grigoriadis, V. N., Natsiopoulou, D. A., ... & Rio, M. H. (2018). GEOMED2: high-resolution geoid of the mediterranean. In *International Symposium on Advancing Geodesy in a Changing World* (pp. 43-49). Springer, Cham.

- Bosse, A., Testor, P., Mortier, L., Prieur, L., Taillandier, V., d'Ortenzio, F., & Coppola, L. (2015). Spreading of Levantine Intermediate Waters by submesoscale coherent vortices in the northwestern Mediterranean Sea as observed with gliders. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 120(3), 1599-1622.
- Casella, D., Meloni, M., Petrenko, A. A., Doglioli, A. M., & Bouffard, J. (2020). Coastal Current Intrusions from Satellite Altimetry. *Remote Sensing*, 12(22), 3686.
- Carret, A., Birol, F., Estournel, C., Zakardjian, B., & Testor, P. (2019). Synergy between in situ and altimetry data to observe and study Northern Current variations (NW Mediterranean Sea). *Ocean Science*, 15(2), 269-290.
- Esteban Fernandez, D., Pollard, B., Vaze, P., & Abelson, R. (2017). SWOT Project mission performance and error budget. *Jet Propulsion Laboratory Document D-79084* 83.
- Gaultier, L., Ubelmann, C., & Fu, L. L. (2017). SWOT simulator documentation. *Rapp. tech. JPL, NASA*.
- Giordani, H., L. Prieur, and G. Caniaux (2006), Advanced insights into sources of vertical velocity in the ocean, *Ocean Dyn.*, 56(5), 513–524, doi:10.1007/s10,236-005-0050-1
- Giordani, H., C. Lebeauin-Brossier, F. L eger, and G. Caniaux (2017), A PV-approach for dense water formation along fronts: Application to the Northwestern Mediterranean, *J. Geophys. Res. Oceans*, 122, 995–1015, doi:10.1002/2016JC012019.
- Lévy, M., Ferrari, R., Franks, P. J., Martin, A. P., & Rivière, P. (2012). Bringing physics to life at the submesoscale. *Geophysical Research Letters*, 39(14).
- Margirier, F., Bosse, A., Testor, P., l'Hévéder, B., Mortier, L., & Smeed, D. (2017). Characterization of convective plumes associated with oceanic deep convection in the northwestern Mediterranean from high-resolution in situ data collected by gliders. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 122(12), 9814-9826
- Meloni, M., Bouffard, J., Doglioli, A. M., Petrenko, A. A., & Valladeau, G. (2019). Toward science-oriented validations of coastal altimetry: Application to the Ligurian Sea. *Remote Sensing of Environment*, 224, 275-288.
- Nencioli, F., d'Ovidio, F., Doglioli, A., Petrenko, A., & Bouffard, J. (2013, October). SeaGoLSWOT: an oceanographic campaign in support of the AirSWOT mission in the Northwestern Mediterranean. In *OCEAN SURFACE TOPOGRAPHY SCIENCE TEAM (OSTST) MEETING*.
- Nencioli, F., d'Ovidio, F., Doglioli, A., Petrenko, A., & Bouffard, J. (2014, February). Linking sea surface height to (sub) mesoscale ocean dynamics: the SeaGoLSWOT campaign in the NW Mediterranean (Fall 2014).
- Petrenko, A. A., Doglioli, A. M., Nencioli, F., Kersalé, M., Hu, Z., & d'Ovidio, F. (2017). A review of the LATEX project: mesoscale to submesoscale processes in a coastal environment. *Ocean Dynamics*, 67(3-4), 513-533.
- Robinson, I. S. (2010). *Discovering the Ocean from Space : The unique applications of satellite oceanography*. Springer, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-68322-3>
- Ross, O. N., Doglioli, A. M., Guillemain, D., Klun, K., Rousselet, L., Talaber, I., ... & Yohia, C. (2016). SeaQUEST oceanographic campaign. *Meso*, 6, 10.
- Shcherbina, A. Y., D'Asaro, E. A., Lee, C. M., Klymak, J. M., Molemaker, M. J., & McWilliams, J. C. (2013). Statistics of vertical vorticity, divergence, and strain in a developed submesoscale turbulence field. *Geophysical Research Letters*, 40(17), 4706-4711.
- Testor, P., Bosse, A., Houpert, L., Margirier, F., Mortier, L., Legoff, H., ... & Conan, P. (2018). Multiscale observations of deep convection in the northwestern Mediterranean Sea during winter 2012–2013 using multiple platforms. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 123(3), 1745-1776.
- Tziavos, I. N. (2020). Gravity and geoid in the Mediterranean Sea: the GEOMED project. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 1-15.



VI- Travaux

STRATÉGIE ET MÉTHODOLOGIE DÉTAILLÉE POUR ATTEINDRE LES RÉSULTATS ESCOMPTÉS*

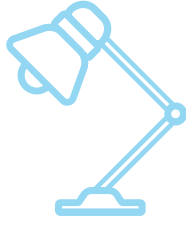
* Voir dossier projet Stratégie et méthodologie détaillée ci-dessous

TRAVAUX EFFECTUÉS À PARTIR DU BORD

| | |
|----------------------|---|
| Travaux en station ? | Oui 2 stations (1 par leg) sont prévues pour une inter-calibration des capteurs (MVP200 en mode contrôlé, U-CTD en mode contrôlé, CTD autonome classique dans la couche 0-400m). Durée estimée : 2 heures chacune. |
| Travaux en route ? | Oui 12 transects hydrologiques (MVP 200 - poisson IFREMER SSFFF) et dynamique (VMADCP) de 40 nautiques à 4 noeuds sont demandés. Profondeurs nominale des transects : 400m. 25 profils en route par U-CTD (vitesse fonction de la sonde souhaitée) Acquisition de routine TSG, Fluorimétrie, VMADCP durant l'ensemble de la campagne. |

TRAVAUX EFFECTUÉS AVEC LES ENGINS SUBMERSIBLES HABITÉS [NAUTILE] OU NON HABITÉS [AUV, SAR, SCAMPI, VICTOR, HROV ARIANE]

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Travaux avec engins submersibles? | Non |
| Plongeur ? | Non |



VII- Synthèse des opérations

LISTE DES OPÉRATIONS

| Nom de l'opération | Nombre demandé |
|---------------------------------|----------------|
| Transect MVP 200 | 12 |
| Déploiement flotteurs dérivants | 10 |
| Hydrologie - CTD | 2 |
| Profils en route U-CTD | 24 |



VIII- Déroutement prévisionnel

| Jours | Activité | Vitesse | Zone | Zone d'activité |
|---------|------------------------------------|----------|---|-----------------|
| 7 jours | Travaux Transect MVP 200 | 4 noeuds | Leg 1 Courant Nord Latitudes : 43.5/42.0 Longitudes : 4.5/6.5 | |
| 7 jours | Travaux transect MVP 200 | 4 noeuds | Front des baléares Latitudes : 41.5/40.0 Longitudes : 3.5/5.5 | |



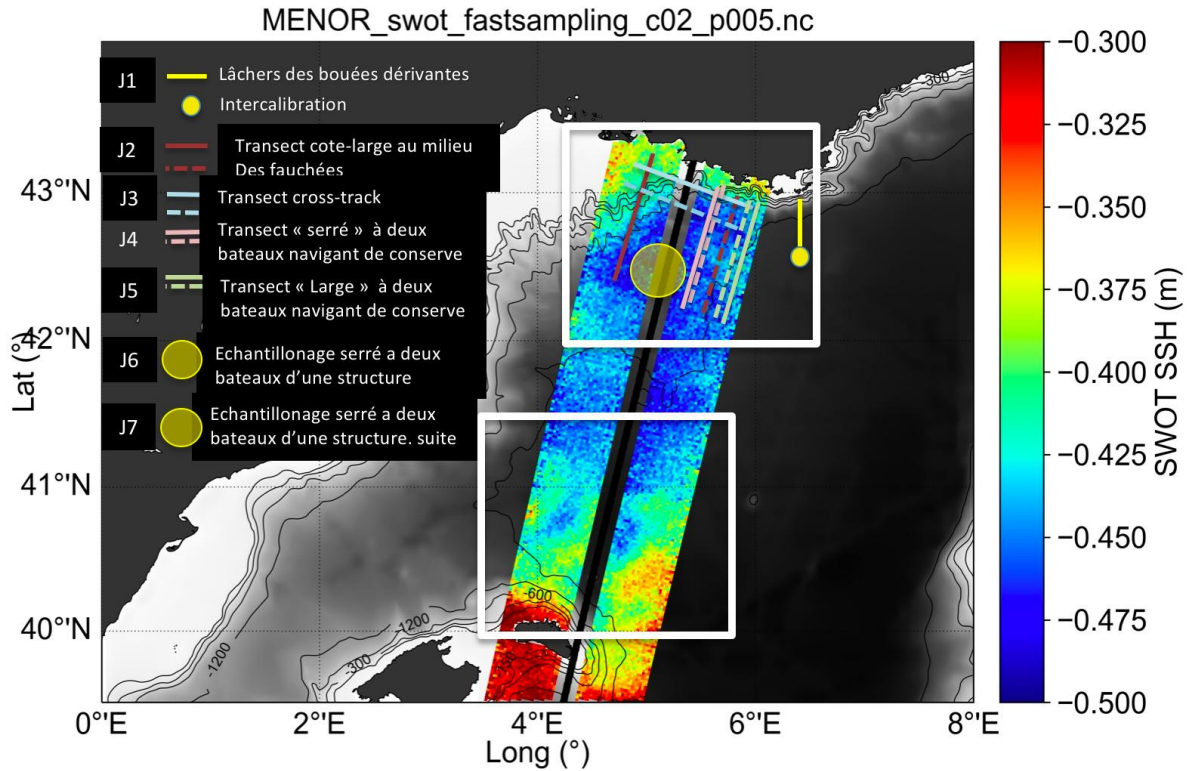
| | |
|--|-----|
| DISTANCE PORT D'ESCALE - DÉBUT DES TRAVAUX | 50 |
| DISTANCE FIN DES TRAVAUX - PORT D'ESCALE | 200 |

POSITION DES ZONES ET DES STATIONS DE TRAVAIL

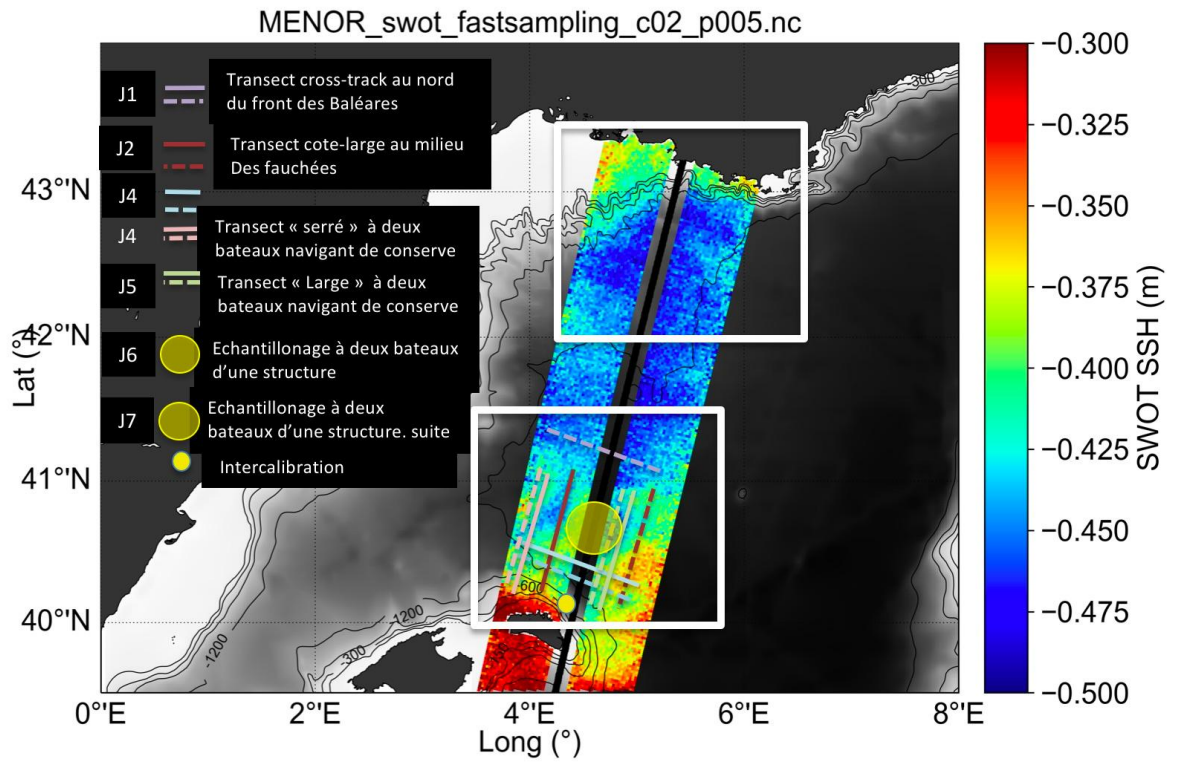
| Nom | Nord | Sud | Ouest | Est | Profondeur (sonde) |
|----------------|------|-----|-------|-----|--------------------|
| Courant Nord | 43.5 | 42 | 4.5 | 6.5 | 2,500 |
| Front Baléares | 41.5 | 40 | 3.5 | 5.5 | 2,500 |

CARTE(S) DE LA OU DES ZONES DE TRAVAIL

IX- Zone des travaux



IX- Zone des travaux





NAVIRES [PAR ORDRE DE PRÉFÉRENCE]

| Choix | Navire |
|-------|-----------|
| 1 | Téthys II |
| 2 | Antea |

JUSTIFICATION DU CHOIX DE NAVIRES

La disponibilité d'un ADCP de coque et d'un profileur en continu est requise, le Tethys II ou l'Antea armé avec le MVP 200 sont ciblés pour cette demande. Un tangon pour la mise à l'eau d'un ADCP tracté sur un poisson pourrait être nécessaire (pour la mesure des courants proche de la surface).

EQUIPEMENTS FIXES DU NAVIRE

| Nom | Commentaire | Quantité | Indispensable | Requis à la mission |
|--------------------------------------|-------------|----------|---------------|---------------------|
| Courantomètre Doppler - ADCP 75 kHz | | | Oui | |
| Fluorimètre - Débitmètre | | | Non | |
| Hydrologie - thermosalinomètre SBE21 | | | Oui | |

EQUIPEMENTS MOBILES DU NAVIRE

| Nom | Commentaire | Quantité | Indispensable | Requis à la mission |
|-----------------|--|----------|---------------|---------------------|
| Treuil "propre" | Utile en cas d'usage en spare d'une CTD autonome | | Non | |

ENGINS

| Nom |
|-----|
|-----|

EQUIPEMENTS MOBILES D'ENGINS

| Nom | Commentaire | Quantité | Indispensable | Requis à la mission |
|--|-------------|----------|---------------|---------------------|
| MVP - Poisson SSFFF (Single Sensor Fish) | | | Oui | |

NÉCESSITÉ D'UN SOUTIEN DU GESTIONNAIRE TECHNIQUE POUR LE TRAITEMENT DES ACQUISITIONS ?

Non

EQUIPEMENT MOBILE DES PARCS NATIONAUX

TYPES DE LABORATOIRE ET OUTILS INFORMATIQUES DEMANDÉS



XI- Matériel propre à l'équipe demandeuse

MATÉRIEL PROPRE À L'ÉQUIPE DEMANDEUSE

| Nom | Origine | Mise en oeuvre du matériel | Détails équipement | | | | | |
|--|---------|--|--------------------|------------|-------------|-----------------------|-------------|---|
| | | | Nombre | Poids (Kg) | Volume (M3) | Equipement à risques? | | |
| U-CTD (UnderWay CTD) du constructeur Teledyne. | LOPS | Equipement non mis en oeuvre par un engin submersible, mis en oeuvre du bord | Nombre | 1 | Poids (Kg) | 0 | Volume (M3) | 0 |
| | | | A acquérir | | Non | Equipement à risques? | Non | |
| | | | Date début | | | Date fin | | |
| | | | Port début | | | Port fin | | |
| Bouées dérivantes SVP | SHOM | Equipement non mis en oeuvre par un engin submersible, mis en oeuvre du bord | Nombre | 10 | Poids (Kg) | 0 | Volume (M3) | 0 |
| | | | A acquérir | | Non | Equipement à risques? | Non | |
| | | | Date début | | | Date fin | | |
| | | | Port début | | | Port fin | | |
| CTD SBE 25 | LOPS | Equipement non mis en oeuvre par un engin submersible, mis en oeuvre du bord | Nombre | 0 | Poids (Kg) | 25 | Volume (M3) | 0 |
| | | | A acquérir | | Non | Equipement à risques? | Non | |
| | | | Date début | | | Date fin | | |
| | | | Port début | | | Port fin | | |

INTERFAÇAGE

LISTE DES PRODUITS CHIMIQUES EMBARQUÉS

LISTE DES PRODUITS RADIOACTIFS EMBARQUÉS

LISTE DES AUTRES PRODUITS EMBARQUÉS

MOYENS TERRESTRES À METTRE EN OEUVRE

STOCKAGE FROID SUPPLÉMENTAIRE POUR CAROTTES (REEFER)

LOGICIELS ET MOYENS DE TRAITEMENTS



XIII- Equipes scientifiques et techniques

EQUIPE EMBARQUÉE

GARREAU Pierre

✉ Pierre.Garreau@ifremer.fr

Spécialité
OCEA

Parties
Chef de Mission

Lab.
UMR 6523 LOPS

PAIRAUD Ivane

✉ Ivane.Pairaud@ifremer.fr

Spécialité
OCEA

Parties
Chef de mission adjointe

Lab.
UMR 6523 LOPS

GARNIER Valérie

✉ valerie.garnier@ifremer.fr

Spécialité
OCEA

Parties
chercheuse

Lab.
UMR 6523 LOPS

MARIE Louis

✉ Louis.Marie@ifremer.fr

Spécialité
OCEA

Parties
chercheur

Lab.
UMR 6523 LOPS

LEIZOUR Stéphane

✉ Stephane.Leizour@ifremer.fr

Spécialité
AUTR

Parties
Technicien instrumentation

Lab.
UMR 6523

EQUIPE DE DÉPOUILLEMENT

LE ROUX Jean-François

✉ Jean.Francois.Le.Roux@ifremer.fr

Spécialité
INFO

Parties

Lab.
UMR 6523 LOPS

ZAKARDJIAN Bruno

✉ bruno.zakardjian@univ-tln.fr

Spécialité
OCEA

Parties

Lab.
MIO

PONTE Aurélien

✉ Aurelien.Ponte@ifremer.fr

Spécialité
OCEA

Parties

Lab.

XIII- Equipes scientifiques et techniques

Quentin celine

✉ celine.quentin@mio.osupytheas.fr

Spécialité
OCEA

Parties

Lab.
MIO

Direction des Opérations de la production et des Services
Division Sciences et Techniques Marines
Département Recherche en Océanographie physique

Commission Nationale de la Flotte Côtière.

Dossier suivi par l'ASC Franck Dumas.

Tél. +33 (0) 2 56 31 23 97

Mail: franck.dumas@shom.fr

BREST, le 25 janvier 2021

N° *u* Shom/DOPS/STM/REC/NP

Objet : Lettre de soutien à la proposition de campagne C-SWOT2023 de l'UMR LOPS.

Référence : Appel d'offres scientifiques relatif aux navires côtiers pour l'année 2022.

Pour valoir ce que de droit

Madame, Monsieur,

Le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (Shom) est un acteur historique de l'océanographie physique opérationnelle française, mission qu'il exerce en soutien aux forces navales françaises et de diverses politiques publiques de la mer et du littoral. Ce rôle s'appuie sur un effort constant de recherche et de développement, de l'observation à la modélisation océanographiques, qu'il mène en coopération étroite avec la communauté nationale et internationale de recherche, notamment les Unités Mixte de Recherche françaises. Ces partenariats sont menés à bénéfices réciproques, par exemple, lors des campagnes d'observation PERLE de 2018 à 2020 au cours desquelles les moyens à la mer du Shom et de la flotte océanographique française ont tour à tour été mobilisés lors de campagnes coordonnées.

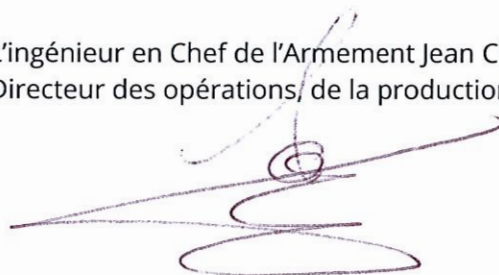
L'arrivée de la mission spatiale SWOT est une excellente occasion d'unir de nouveau les efforts de la communauté pour mener à la mer des expérimentations significatives qui permettront de mieux appréhender cette nouvelle donnée de niveau de la mer. Les promesses de potentiel disruptif de cette technologie pour la prévision océanographique sont à évaluer pendant les 3 années que durera cette mission spatiale.

Pour ce faire, le Shom propose de mobiliser une partie de ses moyens expérimentaux à la mer en 2023 au cours de la période d'échantillonnage rapide de la mission SWOT qui durera 3 mois. La brièveté de cette phase rend encore plus pertinente l'opération simultanée de campagnes à la mer, notamment **C-SWOT 2023** que propose l'Ifremer et **Protevs SWOT 2023** qu'a d'ores et déjà planifiée le Shom. Ces campagnes tireraient un grand bénéfice à se dérouler simultanément pour une évaluation multiéchelle des observations de SWOT ce qui ne se fera dans aucune autre expérimentation à la mer, connue du Shom.

C'est pourquoi, le Shom apporte son soutien inconditionnel à la proposition de campagne **C-SWOT2023** de l'Ifremer. Ses objectifs et l'étroite coopération prévue entre les équipes apporteront sans aucun doute une contribution significative à la communauté des utilisateurs de SWOT.

Je vous prie de recevoir, madame, monsieur, mes meilleures salutations.

L'ingénieur en Chef de l'Armement Jean Claude Le Gac
Directeur des opérations, de la production et des services du Shom.



Destinataire : Commission Nationale de la Flotte Côtière.

Copies intérieures : STM/REC - STM – Archives (STM06.01.06)

Direction de l'Innovation, des Applications
et de la Science

Science, Exploration, Observation

Toulouse, le 26 janvier 2021

N/Réf : DIA/SE-2021.0001137

Objet : Lettre de soutien à la proposition de campagne C-SWOT2023 de l'Ifremer et jointe à la campagne Shom Protevs SWOT 2023

À l'attention de : toutes personnes concernées

Madame, Monsieur,

Le satellite NASA-CNES SWOT (Surface Water and Ocean Topography) est une mission hautement novatrice, comme encore souligné lors du Séminaire de Prospective Scientifique d'octobre 2019, fédérant différentes agences océaniques et hydrologiques internationales. Le lancement de SWOT est prévu officiellement en février 2022, mais la crise sanitaire a impacté le bon déroulement des activités d'intégration et de tests réalisés en Californie et en France. La date de lancement est à consolider dans les mois qui viennent.

À la différence des mesures actuelles, l'altimètre SWOT fournira des données bidimensionnelles sur des fauchées d'environ 150 km et lors de sa première phase dite « d'échantillonnage rapide », il associera à une haute résolution spatiale une répétitivité d'un jour. Le consortium international BIOSWOT-AdAC, financé par l'appel conjoint NASA-CNES Science Team et soutenu par CLIVAR, vise à coordonner plusieurs campagnes océanographiques dans différentes régions de l'Océan pendant cette période spécifique de la mission satellite.

La campagne C-SWOT 2023 de l'Ifremer jointe à une campagne Shom (Protevs SWOT 2023) contribuera à cet effort international, en se concentrant sur la trace de la période d'échantillonnage rapide de la mission située dans l'ouest de la mer Méditerranée, entre Alger et Marseille. Cette trace SWOT couvre plusieurs zones idéales pour étudier la circulation océanique horizontale et verticale, de la moyenne à la petite échelle (courants côtiers, fronts et tourbillons), et pour évaluer les nouvelles données SWOT pour l'observation, la modélisation et la connaissance de l'océan.

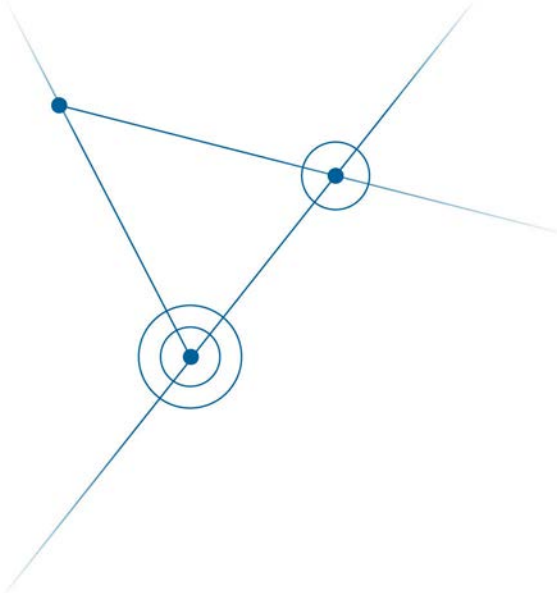
La pandémie de la COVID-19 a touché de nombreux secteurs de la recherche, y compris la planification des campagnes océanographiques. Cependant, nous soulignons la grande importance d'avoir des observations in-situ faites pendant la phase d'échantillonnage rapide SWOT. Des mesures sont déjà prises (tel le suivi à distance des tests instruments en Californie et satellite en France) pour minimiser le nombre de mois de retard sur la date de lancement. Le CNES soutient donc la démarche de soumission de cette campagne CNFC en 2021, pour une planification en 2023.

Avec mes respectueuses salutations,

Annick Sylvestre-Baron



Responsable CNES du programme SWOT
Responsable CNES du programme Océan

A geometric diagram consisting of three blue dots connected by thin blue lines. The dots are arranged in a triangle. The bottom-left dot is surrounded by two concentric blue circles. The top-right dot is also surrounded by two concentric blue circles. The lines extend slightly beyond the dots.

Plouzané, le 25 janvier 2021

Objet: Lettre de soutien à la proposition de campagnes jointes C-SWOT2023 / Protevs Med 2023.

Référence : Appel d'offres scientifiques relatif aux navires côtiers pour l'année 2022.

Pour valoir ce que de droit

Madame, Monsieur,

L'institut français de Recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) est un acteur majeur de la recherche et du développement en océanographie physique et spatiale notamment par sa participation à l'UMR 6523 à laquelle il a intégré voilà plusieurs années son équipe d'océanographie spatiale ; celle-ci a récemment porté un projet de mission pour l'exploration de la terre intitulé SKIM qui avait des objectifs complémentaires de ceux de SWOT. Dans le même temps, l'Ifremer a activement contribué aux réflexions qui ont conduit à la mission spatiale SWOT ; cette dernière devrait significativement améliorer l'altimétrie, une observation de la terre qui a révolutionné l'océanographie physique au début des années 90 et notamment conduit à l'émergence de l'océanographie opérationnelle dont la France a pu prendre un leadership européen.

Le caractère éminemment novateur des instruments embarqués sur la plateforme SWOT (notamment le KARIN) confère à cette mission un potentiel de rupture et nécessite, au cours de cette première mission expérimentale d'une durée de trois ans, de multiplier les expériences in situ de façon à bien qualifier ces nouvelles observations. C'est une nouvelle excellente occasion d'unir les efforts de la communauté pour mener à la mer des expérimentations significatives qui permettront de mieux appréhender cette nouvelle donnée de niveau de la mer.

Pour ce faire, plusieurs chercheurs de l'institut proposent de mobiliser une partie des moyens expérimentaux à la mer en 2023 au cours de la période d'échantillonnage rapide de la mission SWOT qui durera 3 mois. La brièveté de cette phase de la mission rend difficile mais pertinente l'opération simultanée de campagnes à la mer, notamment **C-SWOT 2023** que propose l'Ifremer et **Protevs SWOT 2023** qu'a d'ores et

Siège Social



déjà planifiée le Shom.

C'est pourquoi, l'Ifremer apporte son soutien plein et entier à cette proposition de campagnes jointes : leurs objectifs et l'étroite coopération de multiples équipes apporteront sans aucun doute une contribution significative à la communauté des utilisateurs de SWOT.

Je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, mes salutations distinguées.

Patrick Vincent
Directeur Général Délégué de l'Ifremer



Siège Social