



Colloque G2 2024
Géodésie marine, sous-marine et côtière

18-20 Mars, La Rochelle

Cartographie du niveau de la mer par systèmes GNSS pour la validation des données SWOT

CHUPIN Clémence¹, BOSSER Pierre¹, DUCARME Anne¹, PONTE Aurélien²

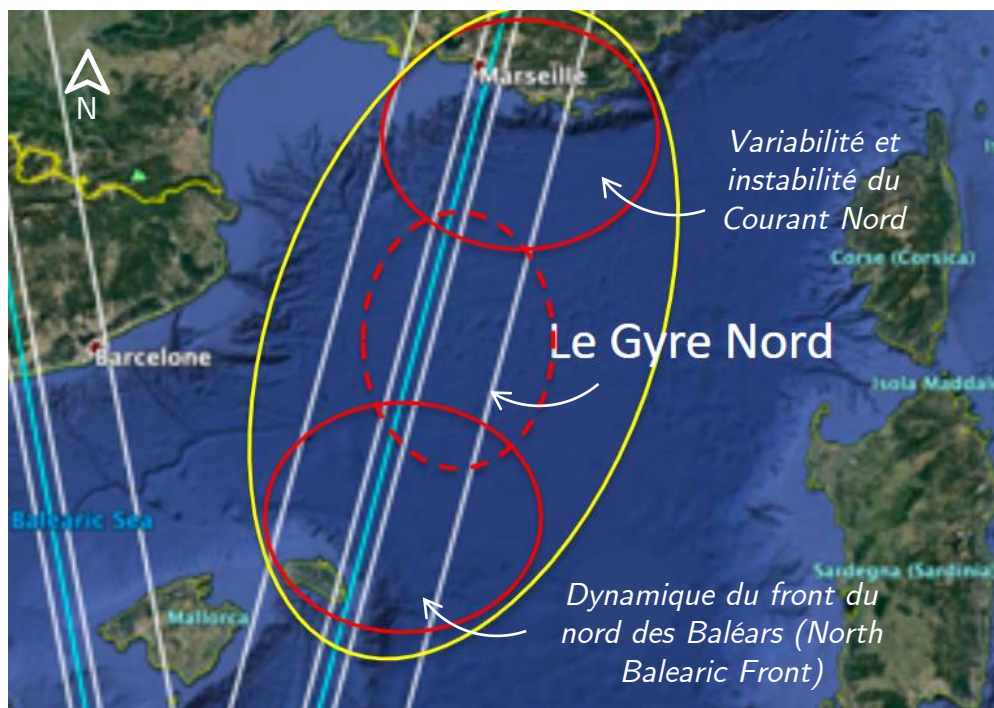
¹Lab-STICC (UMR 6285 CNRS)/ENSTA Bretagne, Brest, FRANCE

² LOPS (UMR 6523)/Ifremer, Brest, FRANCE



La campagne C-SWOT 2023 [1]

- ✓ Deux expériences conjointes IFREMER & Shom
(C-SWOT & WEMSWOT / NO Thetys & Atalante)
- ✓ En Méditerranée, sous la trace à 1 jour du satellite SWOT
(28 mars-17 avril 2023)
- ✓ Observations de la circulation générale et de la dynamique à
(sous-)/mésos-échelle sous les fauchées de SWOT

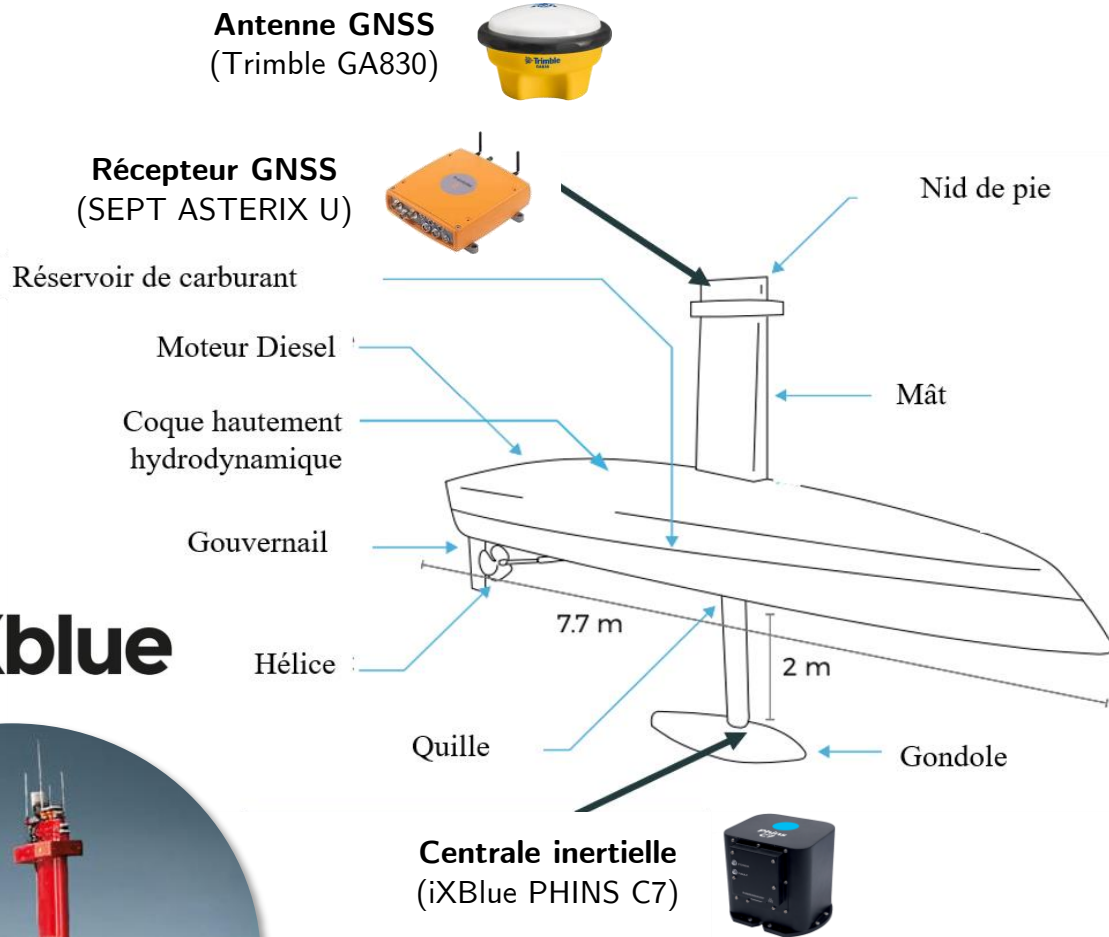




DriX – Plateforme mobile pour le GNSS



- ✓ Drone de surface développé par la société iXBlue
- ✓ Mât équipé d'une antenne GNSS marinisée
- ✓ Centrale inertielle dans la gondole



iXblue



Stage de fin d'étude (Ducarme, 2023) [2]
Développement d'une méthodologie de traitement des données GNSS du DriX par PPP



SWOT SSHA

=

SSH

Sea Surface Height

-

CORRECTIONS GEOPHYSIQUES

- Solid Earth Tide
- Ocean Tide Loading
- Pole Tide
- Pole Tide Loading

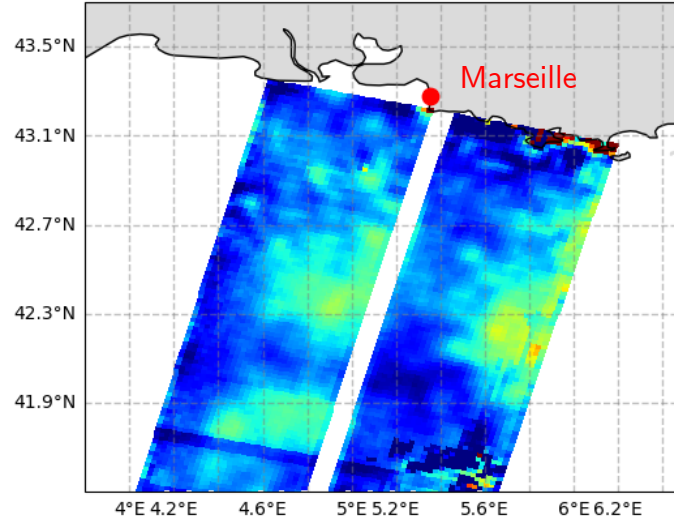
-

DYNAMIQUE DE LA SURFACE D'EAU

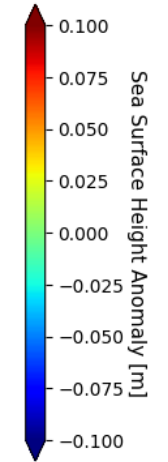
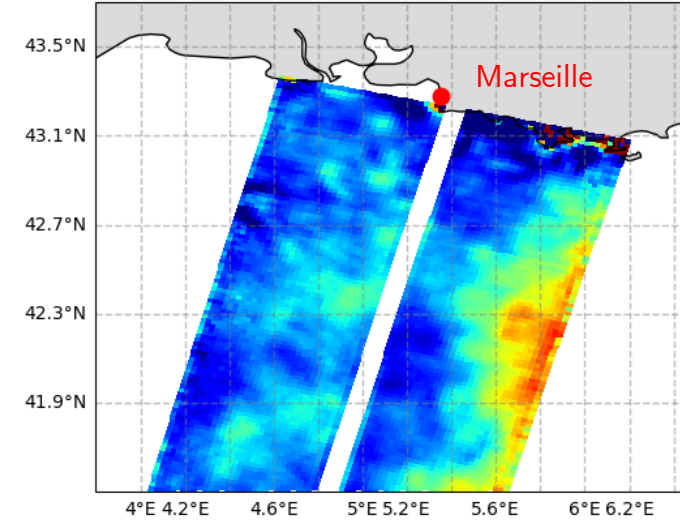
- Ocean Tide
- Mean Sea Surface
- Dynamic Atmospheric Correction

PRODUITS LEVEL 2 [3]

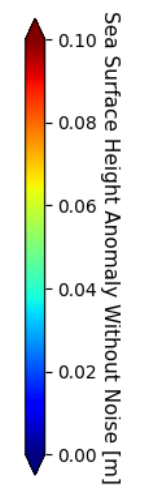
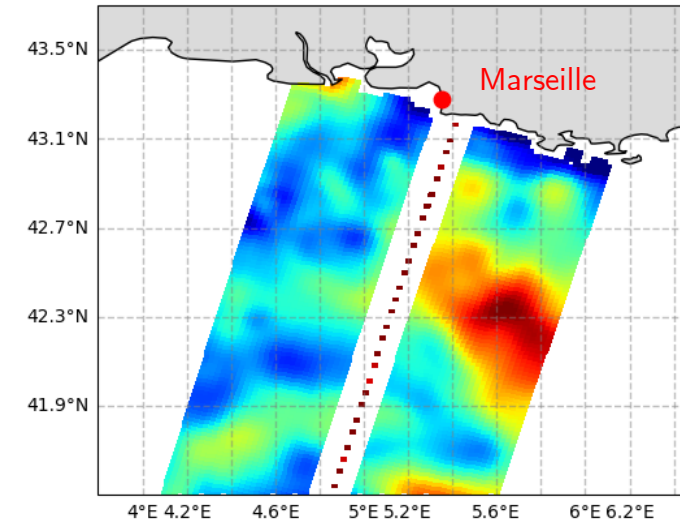
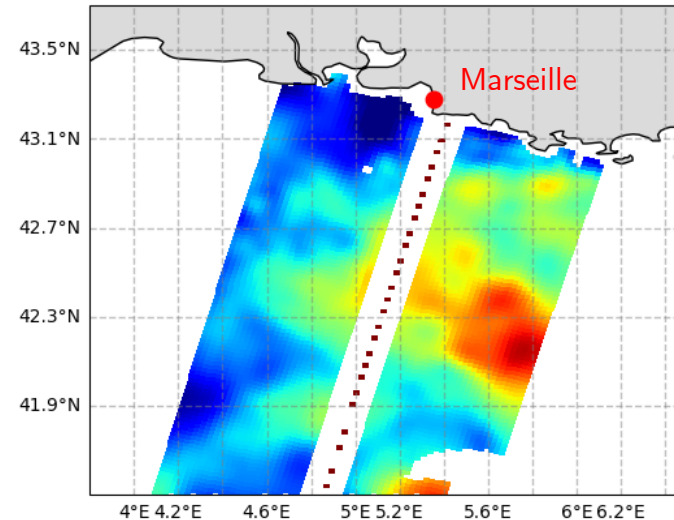
Cycle 496 - Pass 003 - 2023-04-19 ~20:43



Cycle 497 - Pass 003 - 2023-04-20 ~20:34



PRODUITS LEVEL 3 [4]





DRIX SSHA

=

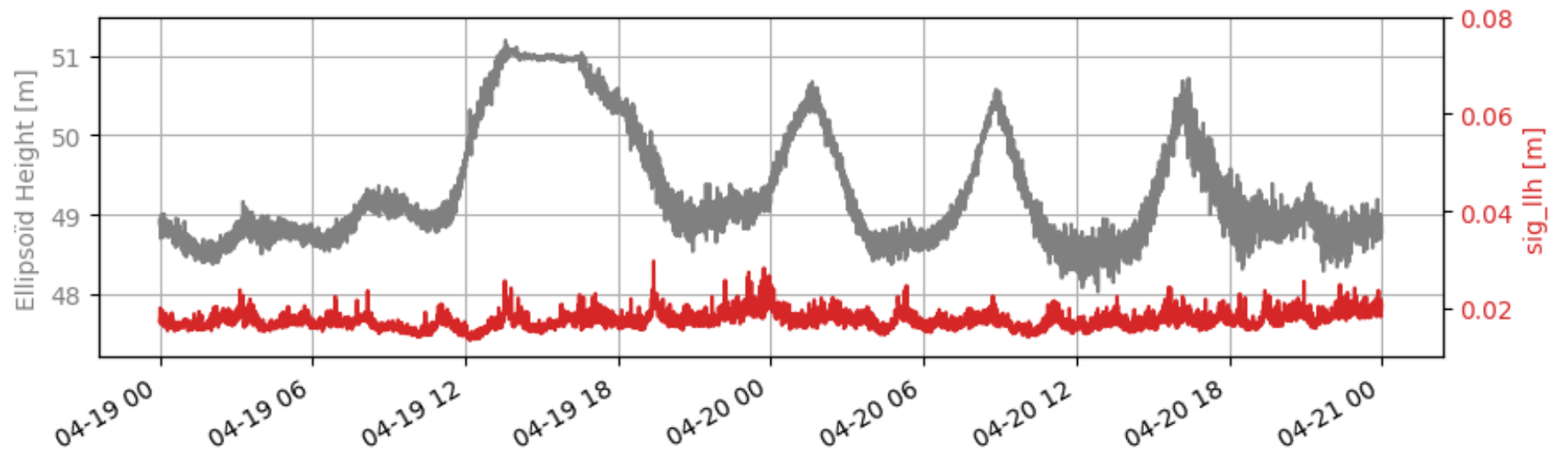
SSH

- Hauteur ellipsoïdale



Traitement PPP (Positionnement Ponctuel Précis) avec GipsyX [5]

Mode	Cinématique
Constellations	GPS, Glonass, Galileo
Angle de coupure	3°
Période d'échantillonnage	30s
Fixation des ambiguïtés	Désactivé
Pondération élévation	$\sqrt{\sin(elevation)}$
Corrections géophysiques (OTL, Pole tide,...)	Désactivé





DRIX SSHA

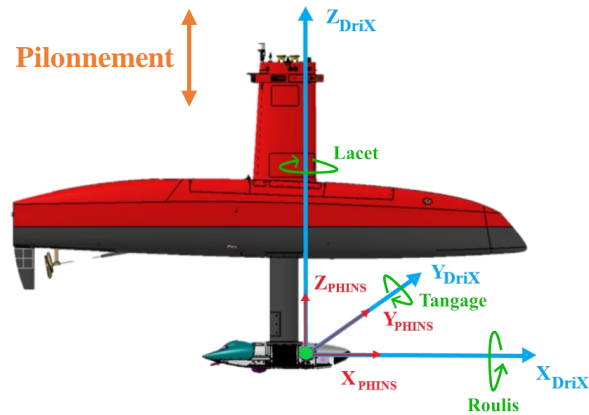
=

SSH

- Hauteur ellipsoïdale
- Mouvements du DriX

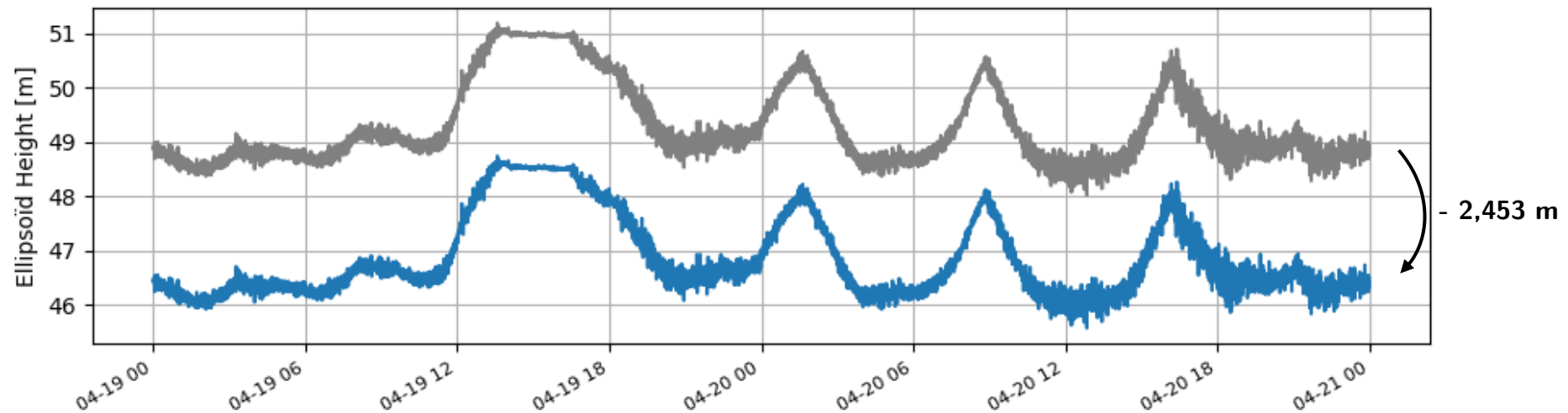


Prise en compte des mouvements du DriX en navigation



✓ Bras de levier (mesurés à terre, hors de l'eau)

	X [m]	Y [m]	Z [m]
PHINS (référence)	0.000	0.000	0.000
ARP Antenne GNSS	-0.621	0.004	4.408
Ligne de flottaison	0.000	0.000	1.955





DRIX SSHA

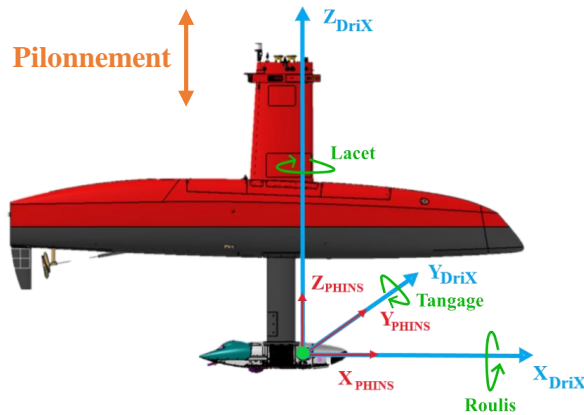
=

SSH

- Hauteur ellipsoïdale
- Mouvements du DriX



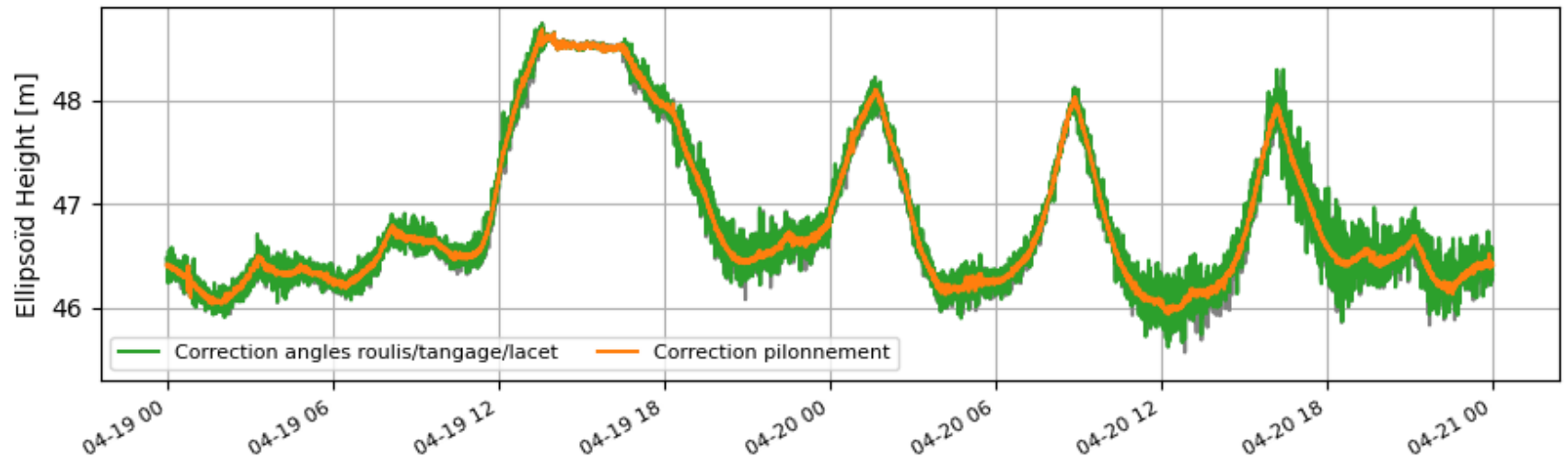
Prise en compte des mouvements du DriX en navigation



- ✓ Bras de levier (mesurés à terre, hors de l'eau)

	X [m]	Y [m]	Z [m]
PHINS (référence)	0.000	0.000	0.000
ARP Antenne GNSS	-0.621	0.004	4.408
Ligne de flottaison	0.000	0.000	1.955

- ✓ Angles de roulis, tangage et lacet
- ✓ Pilonnement (oscillation verticale)





DRIX SSHA

=

SSH

- Hauteur ellipsoïdale
- Mouvements du DriX

-

CORRECTIONS GEOPHYSIQUES

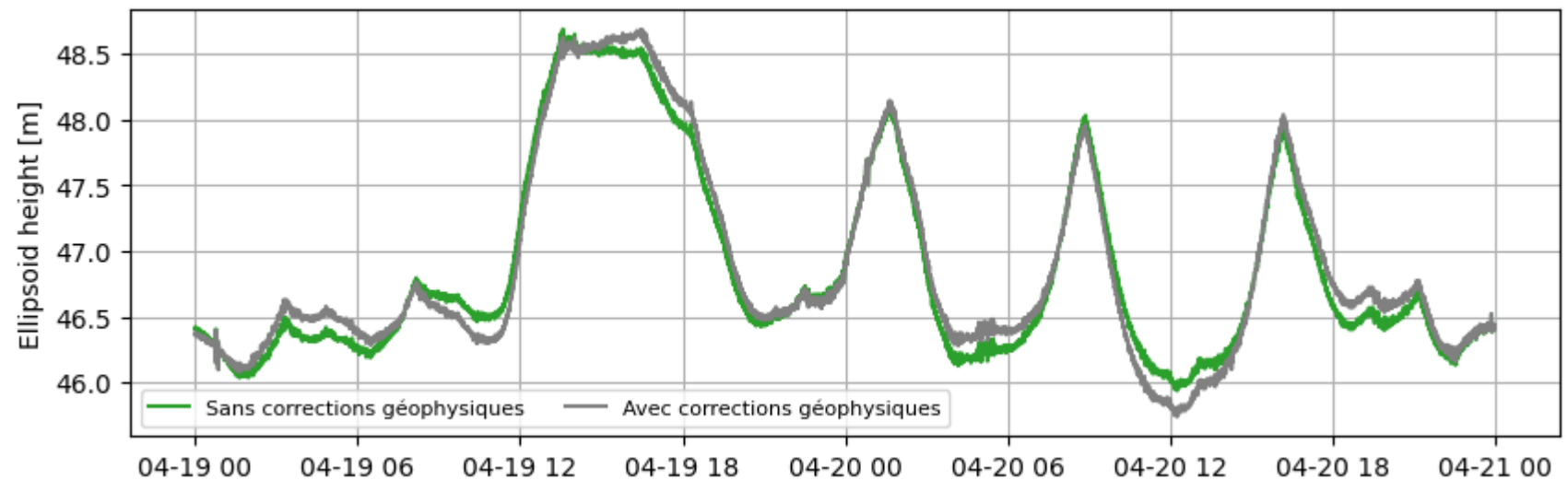
- Solid Earth Tide
- Ocean Tide Loading
- Pole Tide
- Pole Tide Loading



Variations liées aux marées et aux effets de surcharge

- ✓ Corriger la composante verticale du DriX des variations liées aux marées et aux effets de surcharge, le long de la trajectoire

- Marée terrestre (composante permanente + périodique) ± 20 cm
- Surcharge océanique (modèle FES2014b [6]) ± 1 cm
- Marée polaire ~ 3 mm
- Surcharge polaire $\sim 0,1$ mm





DRIX SSHA

=

SSH

- Hauteur ellipsoïdale
- Mouvements du DriX

-

CORRECTIONS GEOPHYSIQUES

- Solid Earth Tide
- Ocean Tide Loading
- Pole Tide
- Pole Tide Loading

-

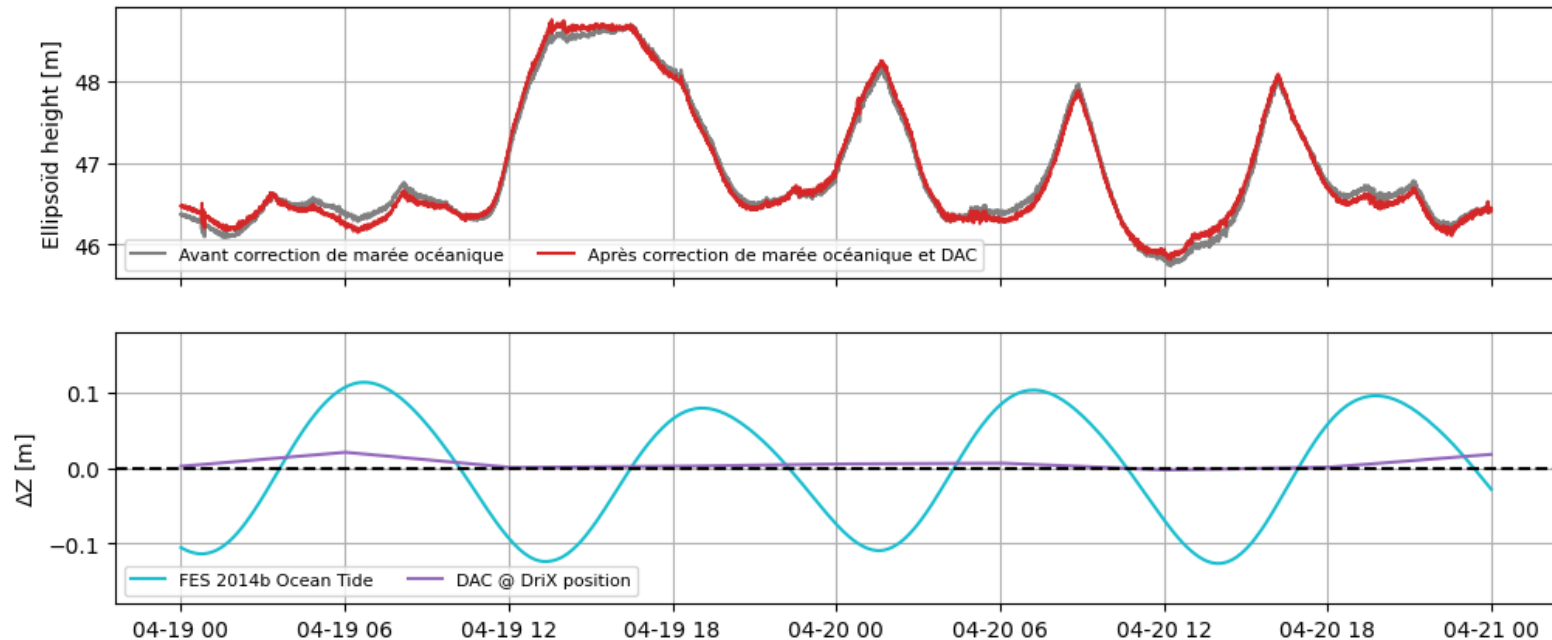
DYNAMIQUE DE LA SURFACE D'EAU

- Ocean Tide
- Dynamic Atmospheric Correction
- Mean Sea Surface



Autres corrections de la variabilité de la surface de la mer

- ✓ Différentes corrections pour prendre en compte la variabilité spatiale et temporelle de la surface de la mer et pouvoir comparer avec les données satellites :
 - **Marée océanique** ⇒ Modèle FES2014b [6]
 - **Dynamic Atmospheric Correction (DAC)** ⇒ Produit DAC dédiés SWOT Cal/Val [7]





DRIX SSHA

=

SSH

- Hauteur ellipsoïdale
- Mouvements du DriX

-

CORRECTIONS GEOPHYSIQUES

- Solid Earth Tide
- Ocean Tide Loading
- Pole Tide
- Pole Tide Loading

-

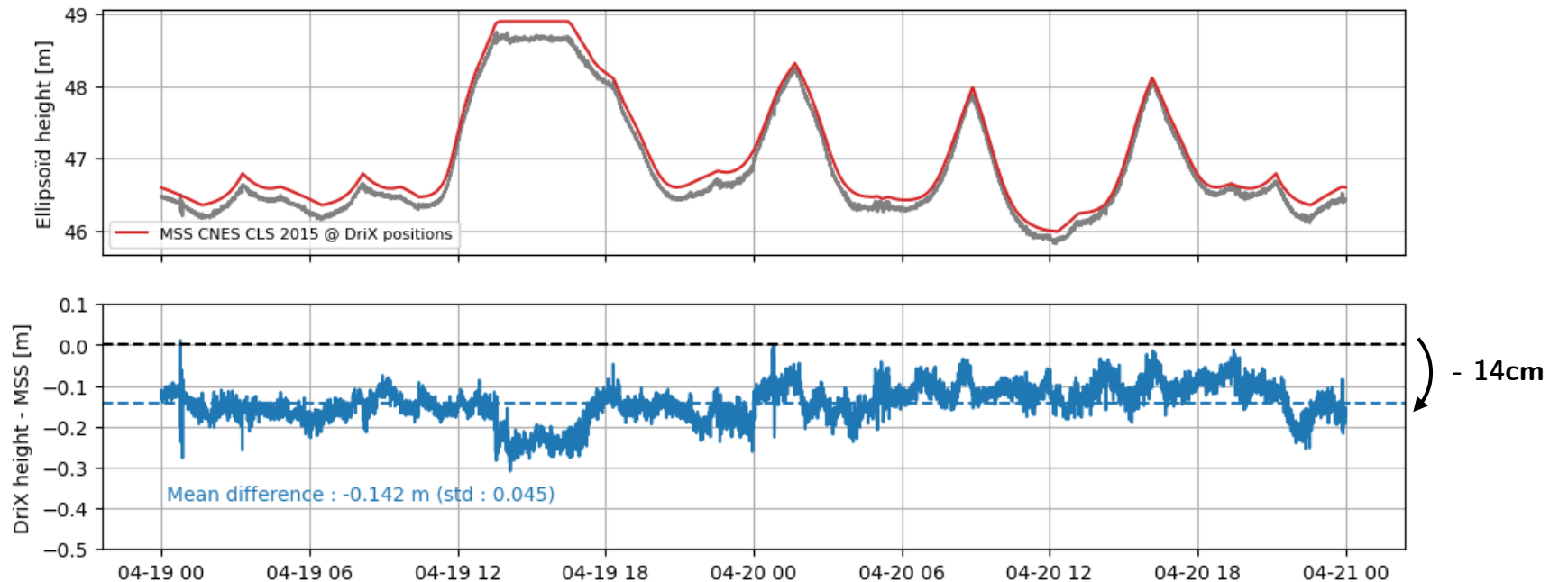
DYNAMIQUE DE LA SURFACE D'EAU

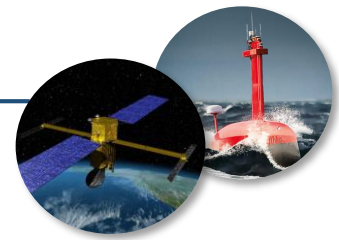
- Ocean Tide
- Dynamic Atmospheric Correction
- Mean Sea Surface



Autres corrections de la variabilité de la surface de la mer

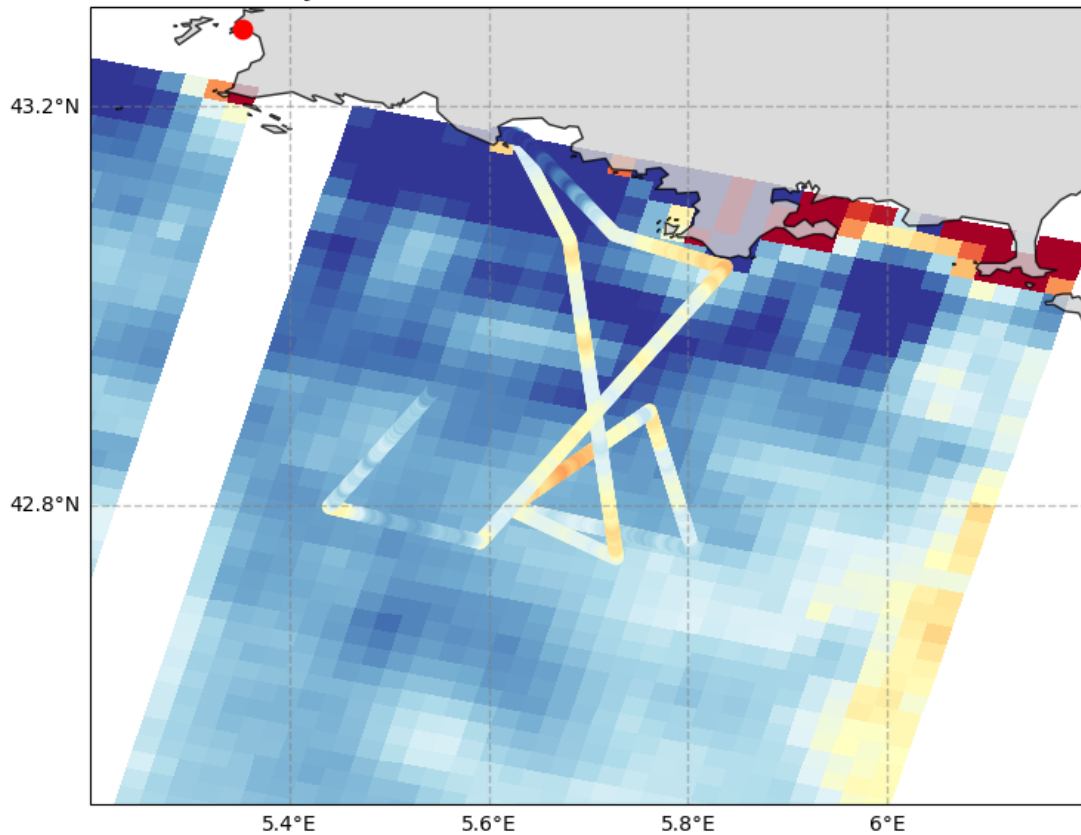
- ✓ Différentes corrections pour prendre en compte la variabilité spatiale et temporelle de la surface de la mer et pouvoir comparer avec les données satellites :
 - Marée océanique ⇒ Modèle FES2014b [6]
 - Dynamic Atmospheric Correction (DAC) ⇒ Produit DAC dédiés SWOT Cal/Val [7]
 - **Mean Sea Surface (MSS)** ⇒ Modèle CNES CLS 2015 [8]



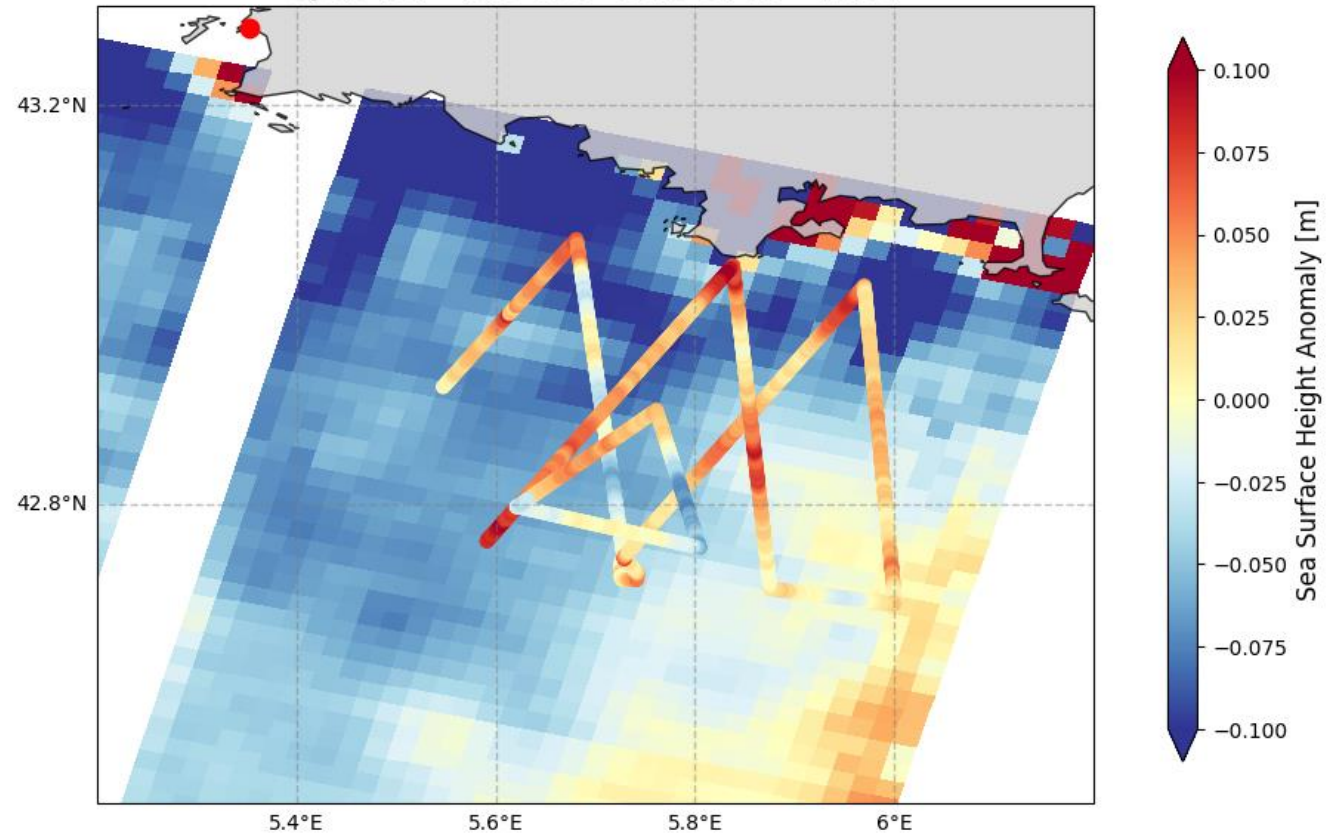


✓ Première comparaison entre la SSHA déterminée avec le DriX et mesurée par SWOT

Cycle 496 - Pass 003 - 2023-04-19 ~20:43



Cycle 497 - Pass 003 - 2023-04-20 ~20:34

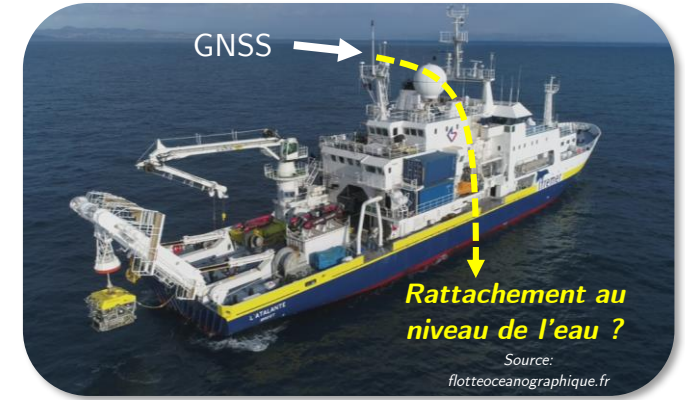


➔ **Encore beaucoup de choses à analyser et à comprendre !**



➔ **Encore beaucoup de choses à analyser et à comprendre !**

Bouée Trèfle équipée d'une antenne GNSS low-cost

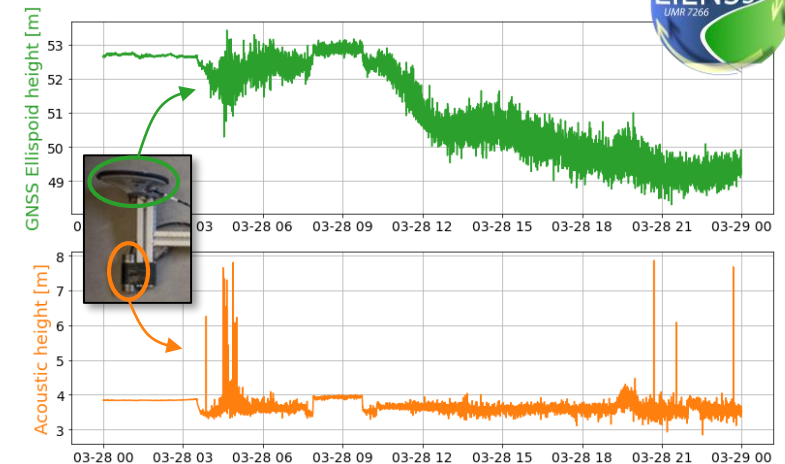
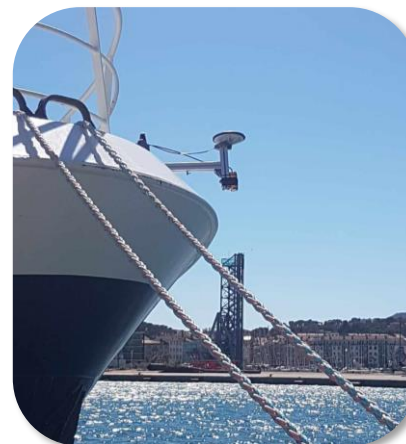


Affiner le traitement des données

- Traiter l'ensemble des données DriX
- Analyse statique lorsque le DriX est à quai (marégraphe à proximité)
- Analyse aux points de revisite pour tester les performances des différentes corrections (marée, MSS, correction radiométrique, ...)
- Maîtriser les systèmes de référence de chaque jeu de données
- Mieux comprendre les données SWOT

Inter-comparaison de systèmes GNSS

Système [GNSS & altimètre acoustique] [9] à bord du N/O Thetys





Colloque G2 2024

Géodésie marine, sous-marine et côtière

18-20 Mars, La Rochelle

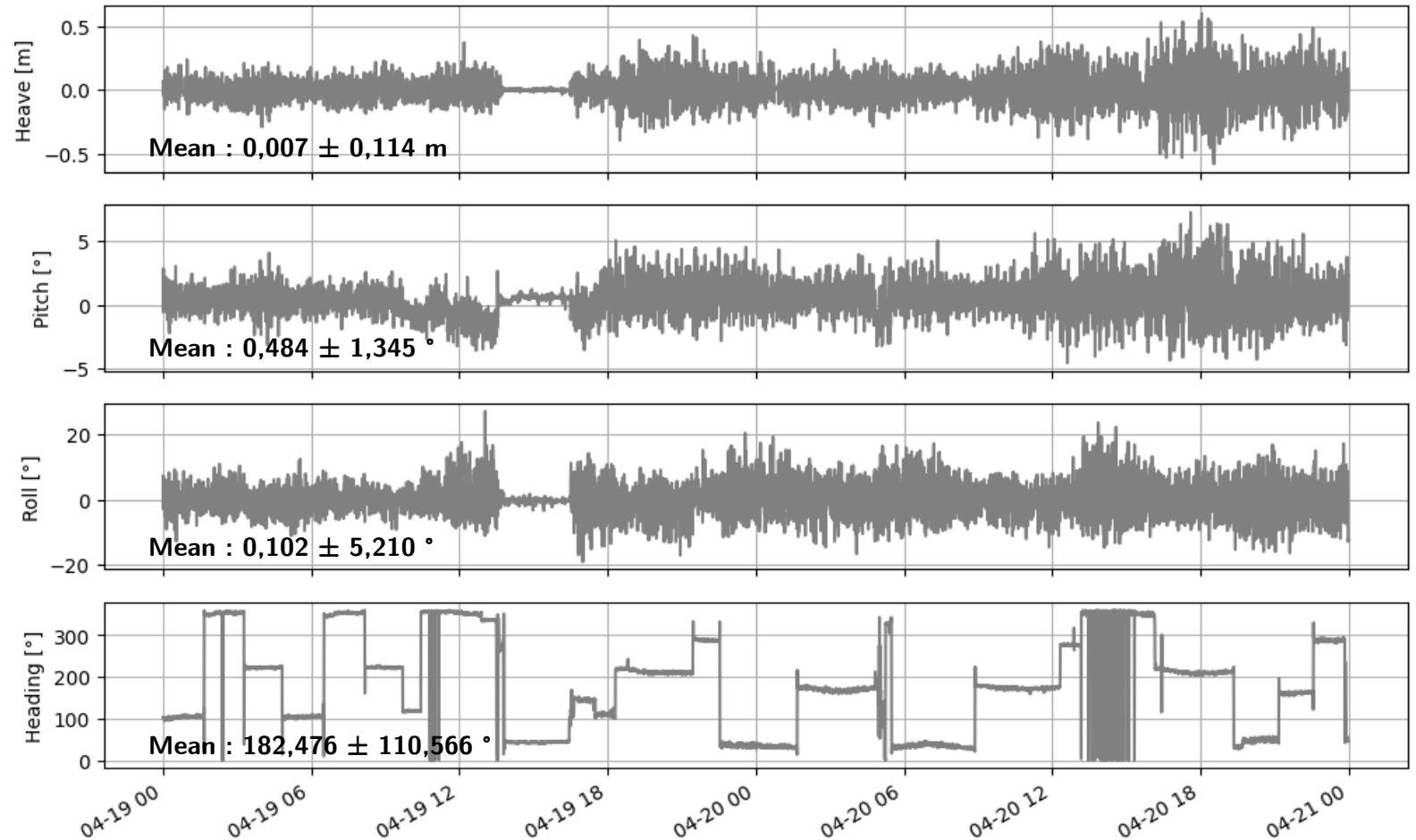
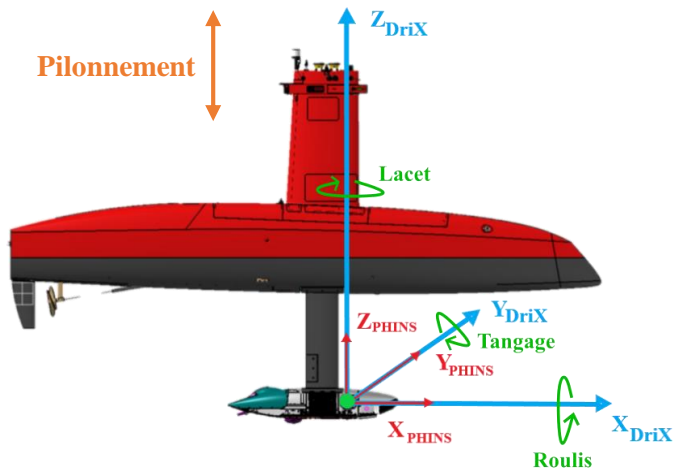
Merci de votre attention !

Références & datasets :

- [1] Demol, M., et al. :C-SWOT2023 / WEMSWOT. Two Combined Campaigns Dedicated to the Mesoscale Dynamics under SWOT Swaths in the Mediterranean Sea, 2023.
In <https://archimer.ifremer.fr/doc/00847/95923/>
- [2] Ducarme, A.: Mesure de la hauteur d'eau océanique par GNSS embarqué sur un drone marin de surface, CNAM/ESGT, 2023.
- [3] SWOT Level 2 KaRIn Low Rate Sea Surface Height Product (L2_LR_SSH). AVISO [Data set] . CNES [Documentation file](#)
- [4] AVISO/DUACS, 2023. SWOT Level-3 SSH Expert (v0.3) [Data set]. CNES. <https://doi.org/10.24400/527896/A01-2023.018>
- [5] Bertiger W. et al. GipsyX/RTGx, a new tool set for space geodetic operations and research, Advances in Space Research, 2020, 66, p.469-489, doi: 10.1016/j.asr.2020.04.015.
- [6] FES2014 was produced by NOVELTIS, LEGOS, CLS Space Oceanography Division and CNES. It is distributed by AVISO, with support from CNES (<http://www.aviso.altimetry.fr/>)
- [7] DAC product for SWOT 1-day repeat orbit, [Présentation au colloque SWOTST 2022](#)
- [8] Pujol, M.-I et al. : Gauging the improvement of recent mean sea surface models: A new approach for identifying and quantifying their errors.
Journal of Geophysical Research: Oceans, 123. <https://doi.org/10.1029/2017JC013503>, 2018.
- [9] Chupin, C. et al. : Mapping Sea Surface Height Using New Concepts of Kinematic GNSS Instruments, Remote Sensing, 12, 2656, <https://doi.org/10.3390/rs12162656>, 2020.

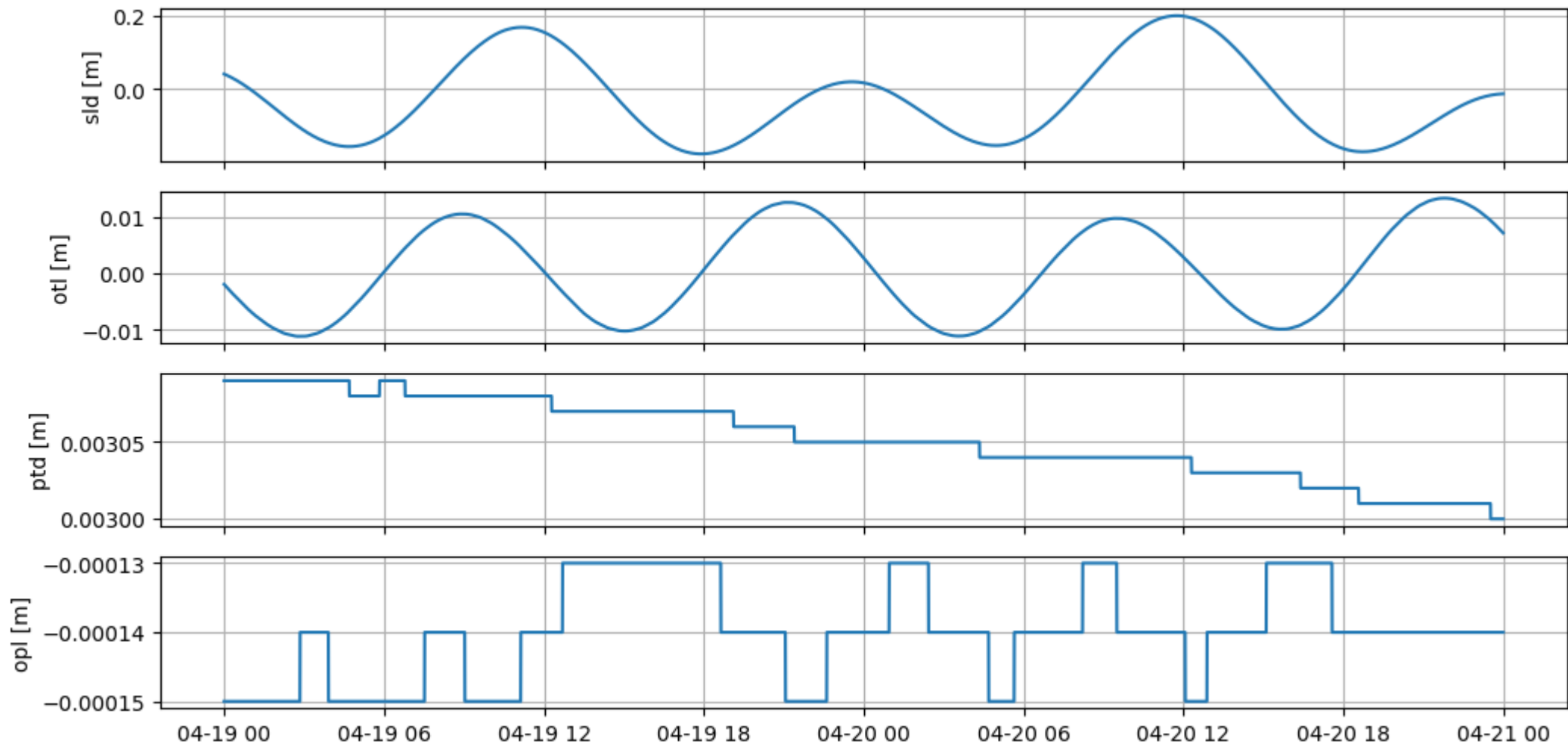


Prise en compte des mouvements du DriX en navigation





Variations liées aux marées et aux effets de surcharge





Autres corrections de la variabilité de la surface de la mer

