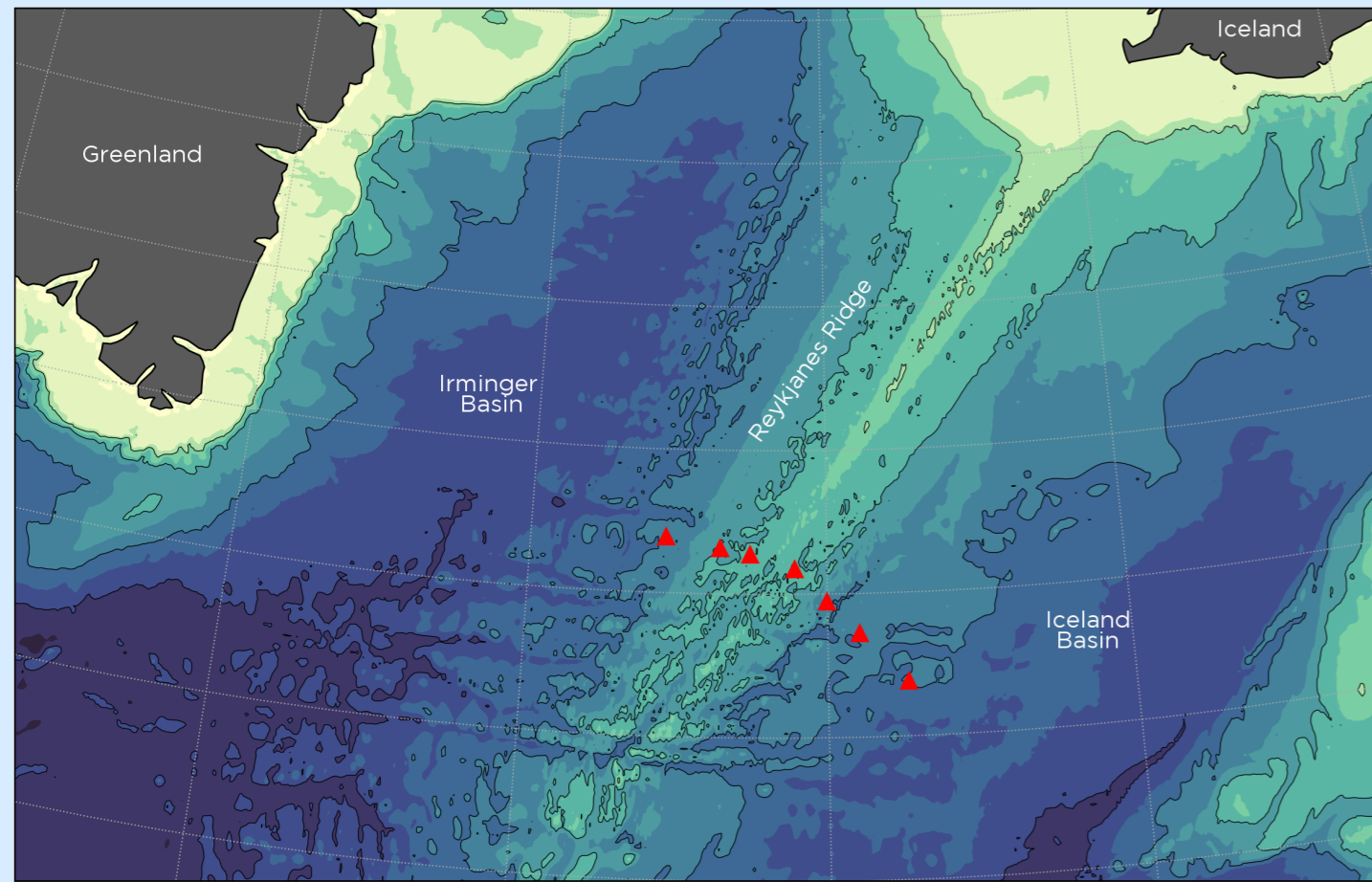
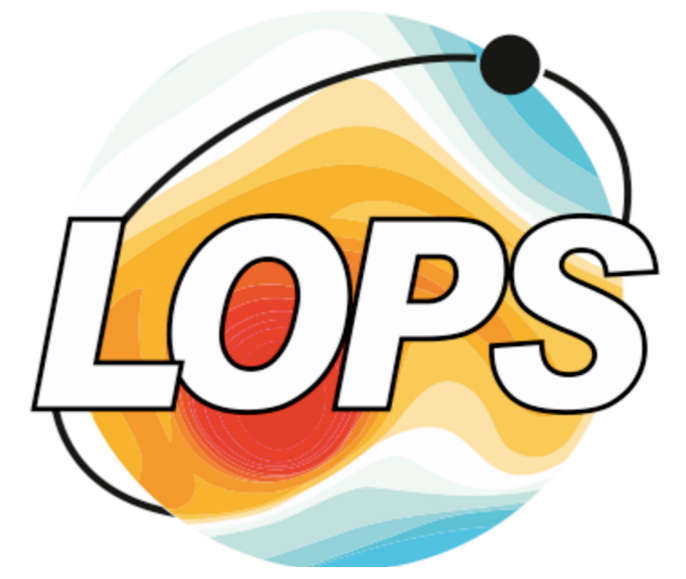


# Traitement & analyse de séries temporelles de mouillages océanographiques

Exemple du projet RREX (Reykjanes Ridge Experiment)

Kévin Balem<sup>1</sup>, Clément Vic<sup>1</sup>

(1) Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale, UMR 6523 CNRS-IFREMER-IRD-UBO  
contact : kevin.balem@ifremer.fr, clement.vic@univ-brest.fr



Position des sept mouillages autour de la dorsale de Reykjanes

## Résumé

Le projet RREX propose une étude approfondie des interactions entre les courants océaniques et la dorsale de Reykjanes afin de documenter la circulation autour et sur celle-ci. Le projet repose en partie sur un vaste ensemble de données hydrographiques in-situ. Celui-ci combine des données issues de CTD, d'XBT, de flotteurs Argo et de sept mouillages instrumentés [1]. Ces derniers sont constitués d'une centaine d'instruments (capteurs CTD, capteurs de température, courantomètres/ADCP) déployés entre 2015 et 2017 sur 7 lignes de mouillages entre 300 et 2300m. Nous présentons ici 2 outils développés au Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale pour prétraiter et analyser ces séries temporelles. Pour illustrer ce travail, nous présentons également quelques résultats scientifiques. Les ondes internes sont générées principalement à la surface de l'océan par le vent et au fond par les interactions entre les courants et le relief sous-marin. Ces ondes propagent de l'énergie dans l'océan intérieur et, à la manière des vagues de surface, déferlent. Ce déferlement provoque du mélange turbulent, qui permet des échanges de chaleur et composés biochimiques entre les masses d'eau, ce qui est crucial pour comprendre l'état et l'évolution du climat. Le cycle de vie de ces ondes reste cependant méconnu. Les données de mouillages RREX permettent de mieux comprendre les chemins énergétiques des ondes. Nous avons notamment quantifié les flux d'énergie des ondes de marée interne — générées par l'interaction des courants de marée avec la topographie — et des ondes proche-inertielles — générées par l'interaction du vent avec la couche de surface. Les ondes proche-inertielles présentent un fort signal saisonnier avec une intensification en hiver liée au passage des dépressions hivernales. Au-delà d'améliorer notre compréhension des processus, ces observations permettront d'évaluer le réalisme des modèles numériques qui fournissent une vue régionale voire globale de la circulation.

[1] Thierry V., Mercier H., Petit T., Branellac P., Balem K., Lherminier P. (2018). Reykjanes Ridge Experiment (RREX) dataset. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/55445>

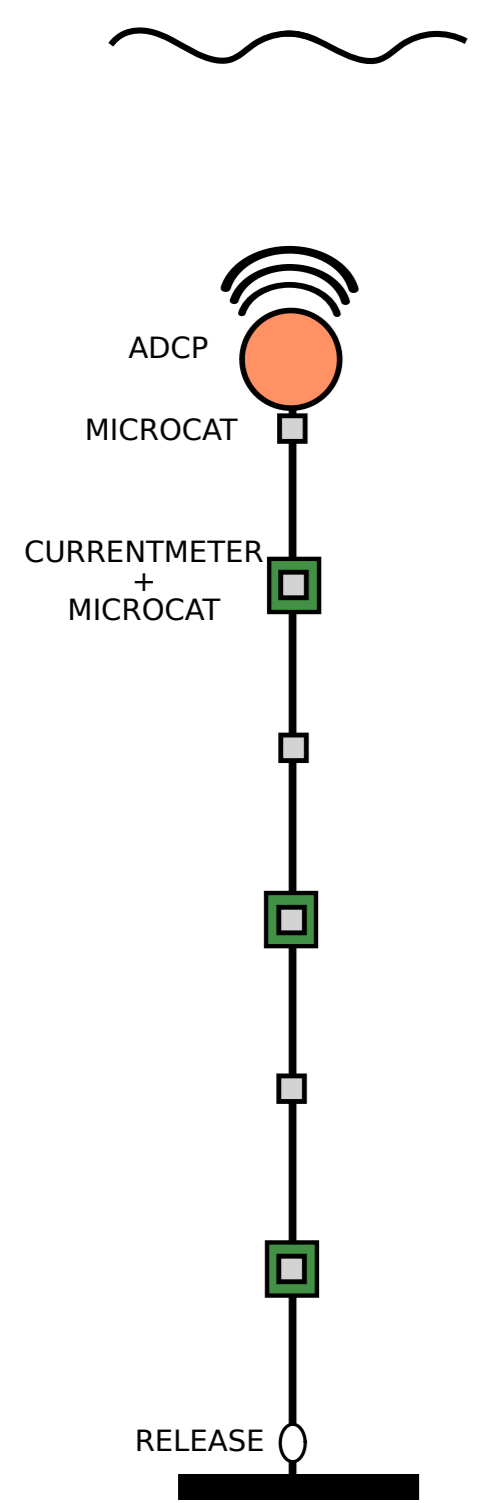
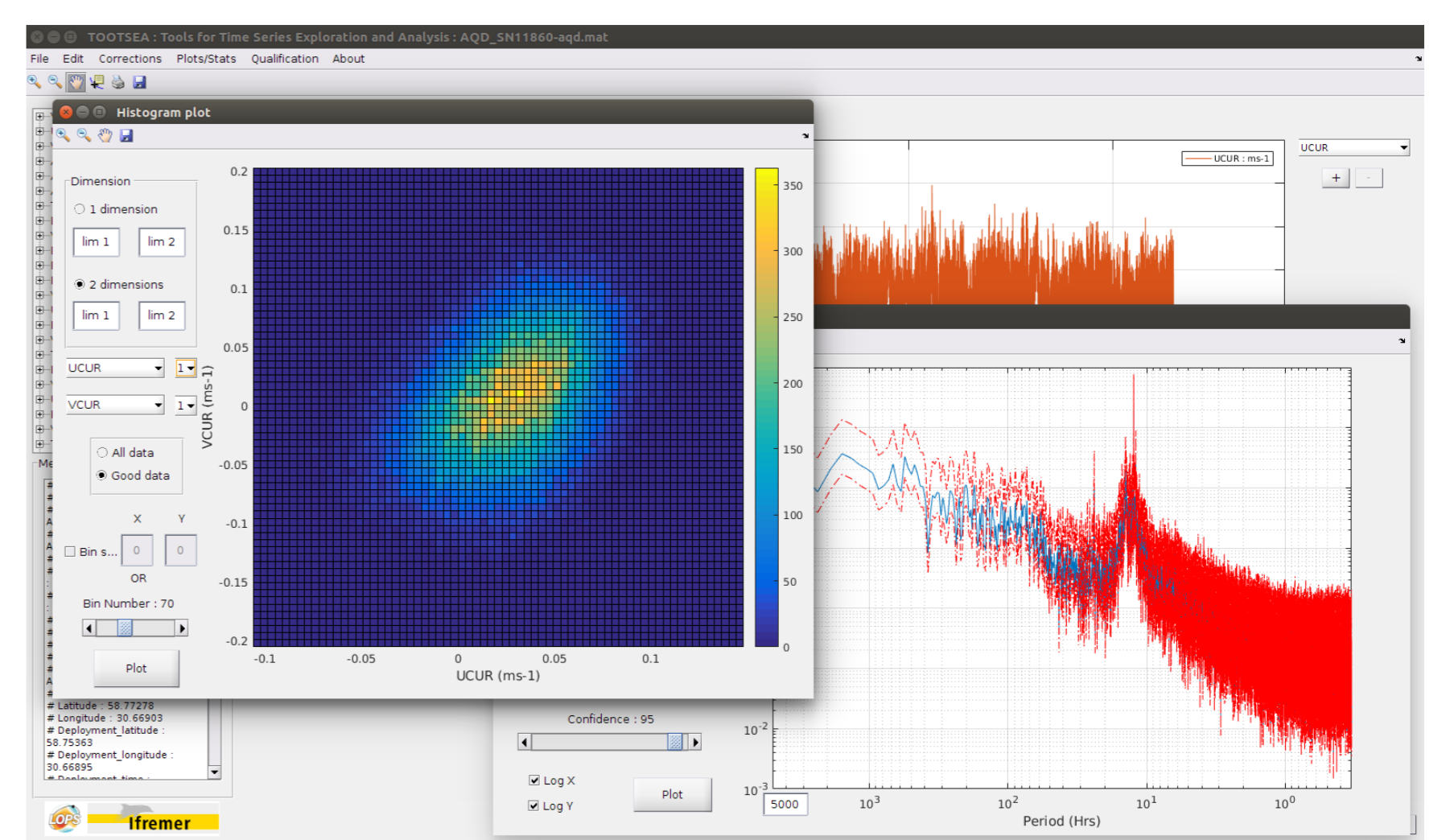


Schéma d'une ligne de mouillage

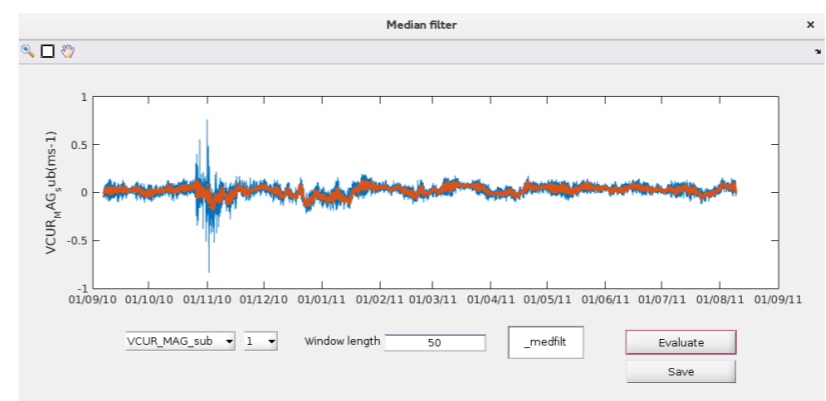
Une toolbox Matlab [2] a été développée afin de traiter les données issues des instruments déployés sur les lignes de mouillages. L'outil permet de lire les fichiers venant de divers instruments : **ADCP** (RDI WorkHorse, Nortek Continental, Signature, Aquapro), **Courantomètres** (Nortek Aquadopp, Aanderaa RCM), **CTD** (Sea-bird SBE37 microcat) et **thermistances** (Sea-bird SBE39, SBE56). Les séries temporelles au format Netcdf peuvent également être importées. Plusieurs modules sont ensuite disponibles afin de traiter et d'analyser les données importées :

- **Edition** : métadonnées, nouveaux paramètres, concaténation, ...
- **Correction** : sous-série, déviation magnétique, dérive d'horloge, dérive de capteur, filtrage, décimation, ...
- **Visualisation** : histogramme (1d, 2d), dispersion, spectre, stickplot, affichage de section
- **Statistiques** : génération de rapport de statistiques sur les variables choisies
- **Qualification** : manuelle ou automatique (avec la possibilité d'appliquer des scripts utilisateurs pour qualifier les données)
- **Export** : chaque modification du jeu de données est sauvegardée et l'utilisateur peut exporter les données finales aux formats standards (netcdf, ascii ou json)

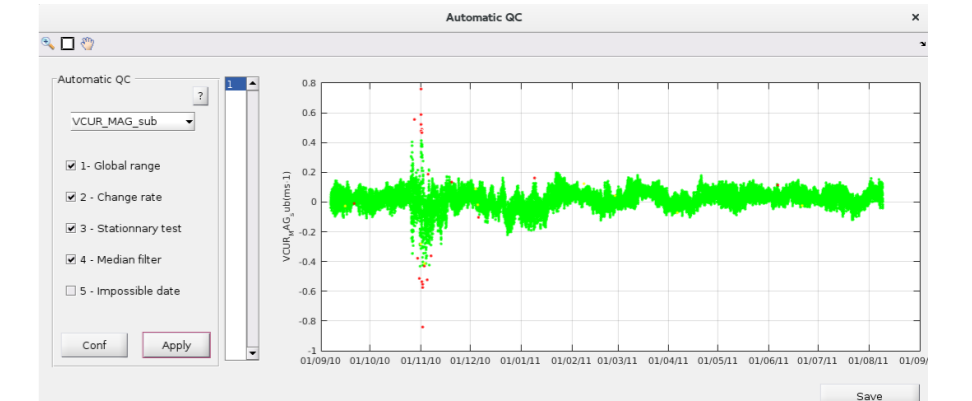
[2] Balem Kevin (2018). Matlab Toolbox for Time Series Exploration and Analysis. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/59331>



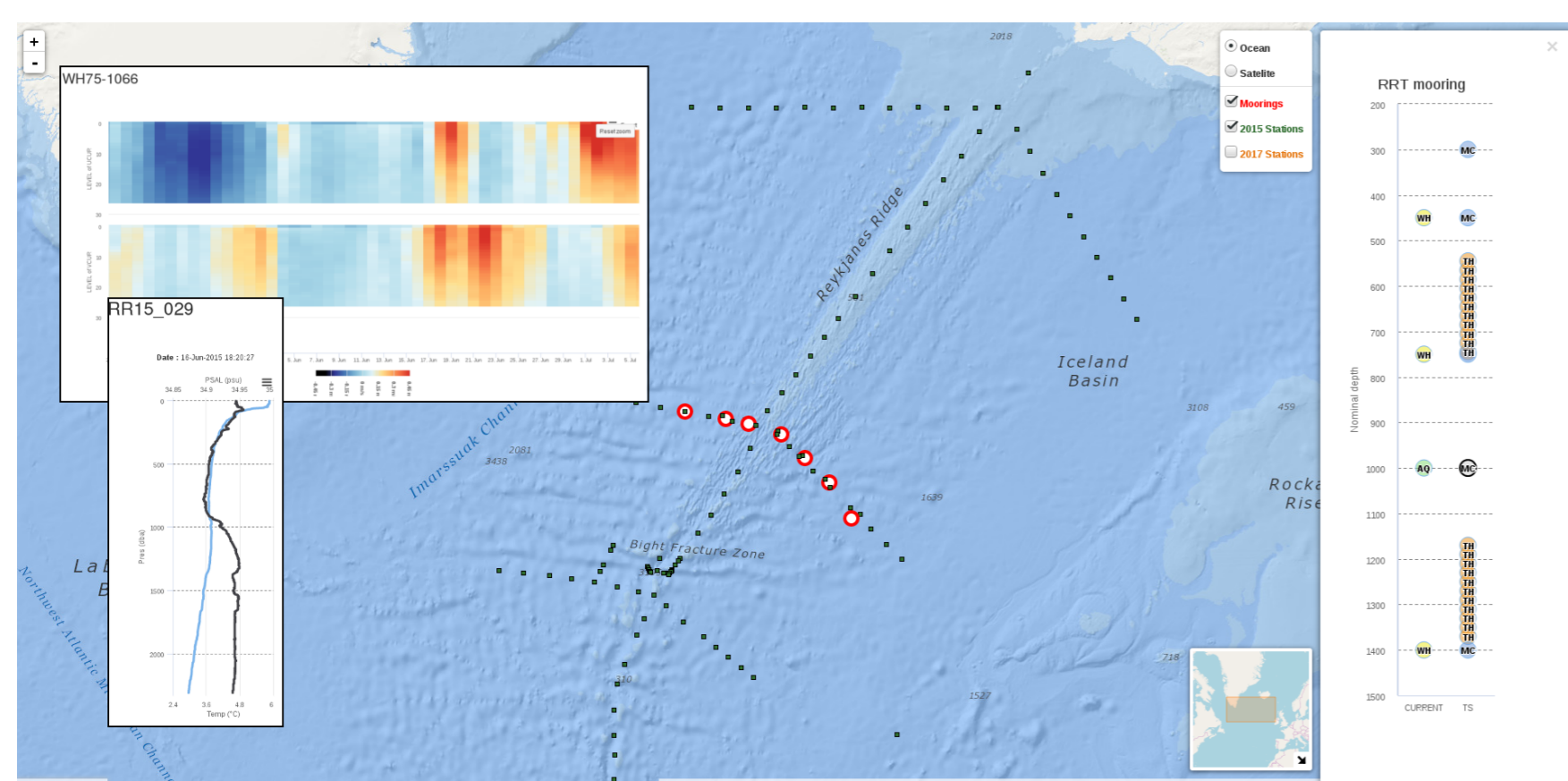
Aperçu des fonctions de visualisation de TOOTSEA (ici histogramme 2D et spectre)



Fonction de filtrage

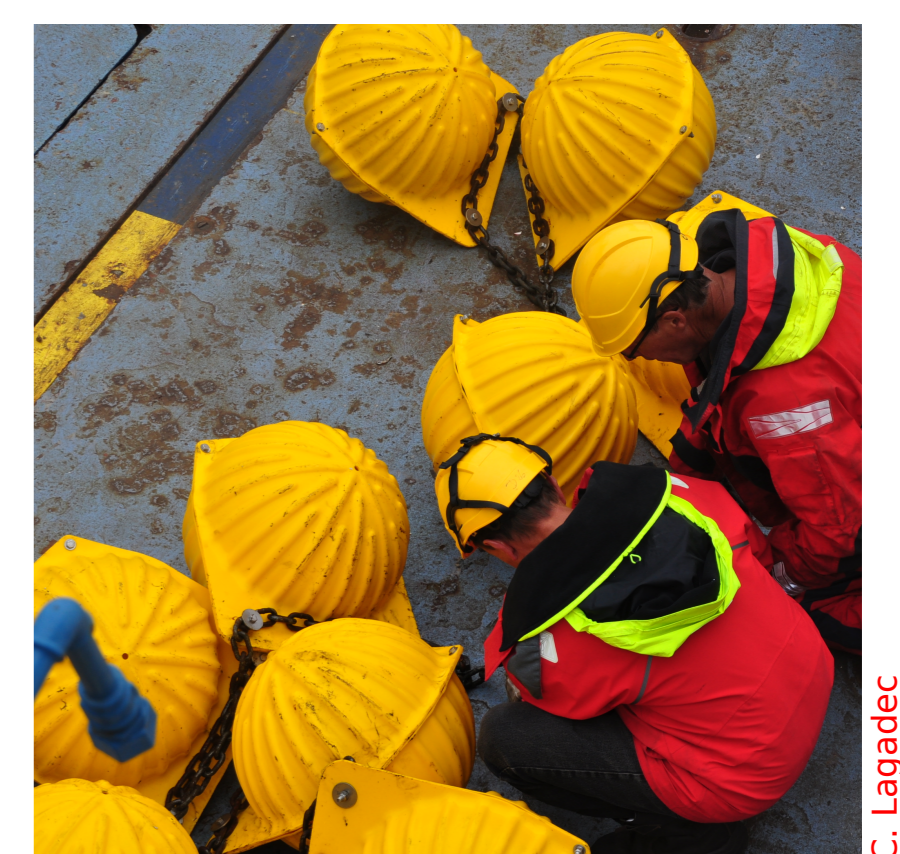


Fonction de qualification automatique



Application web de découverte des données du projet RREX

Nous avons également développé une application web afin de regrouper différents jeux de données liés au projet RREX : les stations CTD des deux campagnes (2015 et 2017) et les séries temporelles issues des 7 mouillages déployés entre ces 2 campagnes. L'application affiche donc des profils, des séries, et des sections 2D. On utilise ici des bibliothèques javascript de cartographie (Leaflet) et d'affichage de graphiques (HighCharts), offrant une certaine interactivité pour les utilisateurs dans la découverte des données, la comparaison, la collocalisation, ou d'autres analyses des datasets.



Flottaison de mouillage sur le pont de l'Atalante (RREX-2017)

C. Lagadec

Le panneau (a) représente une série temporelle de la tension de vent ( $\tau$ ) et sa partie proche-inertielle ( $\tau_{NI}$ , filtrée passe-bas), interpolée à la position du mouillage, calculée à partir du produit global ERA5. La partie proche-inertielle de la tension de vent est responsable du forçage des ondes proche-inertielles, c'est-à-dire les ondes internes aux fréquences proches de la fréquence de Coriolis ( $f$ ). Ces ondes sont importantes car elles sont générées en surface et se propagent vers l'intérieur de l'océan, transportant de l'énergie qui se dissipe en profondeur lorsque l'onde déferle, provoquant du mélange turbulent et permettant des échanges de chaleur et composés biochimiques dans la colonne d'eau. Le panneau (b) représente l'énergie cinétique proche-inertielle (couleurs) et la vitesse zonale proche-inertielle (lignes noires) déduites des données ADCP, en fonction du temps et de la profondeur. On voit la propagation des ondes de la surface vers le fond, avec une vitesse de groupe

verticale  $c_g$  estimée à  $-0.44 \text{ mm/s}$  et une vitesse de phase verticale  $c_\phi$  estimée à  $-5.56 \text{ mm/s}$ . La relation de dispersion des ondes proche-inertielles permet de déduire les caractéristiques de l'onde, en utilisant notamment la fréquence de flottabilité  $N^2$  (panneau c) calculée à partir d'une climatologie. Ainsi, les longueurs d'onde verticale et horizontale sont estimées à  $259 \text{ m}$  et  $11 \text{ km}$ , et la fréquence de l'onde est estimée à  $1.08 f$  (ce qui est bien "proche-inertiel").

