

## M2 SOAC : Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : LEGOS



### **Titre du stage : Etude des courants et de la dynamique méso-échelle au large de la plateforme Amazonienne**

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage : Ariane KOCH-LARROUY, chercheuse IRD, Fabrice Hernandez, Chercheur IRD, Alex Costa da Silva Chercheur UFPE, Arnaud Bertrand chercheur IRD

Coordonnées (téléphone et email) du (des) responsable (s) de stage : [ariane.koch-larrouy@ird.fr](mailto:ariane.koch-larrouy@ird.fr)

#### Sujet du stage :

La zone de plateau, le talus et la région océanique faisant face à l'embouchure de l'Amazone constituent une région clé du système océanique et climatique global et sont soumis à différents forçages. Ils sont situés dans la piscine d'eau chaude de l'Océan Atlantique Tropical qui alimente une convection atmosphérique importante, que constitue la zone de convergence intertropicale (ITCZ). Les apports de l'Amazone, dont le panache s'étend jusque sur le plateau Guyanais et au-delà, influence l'hydrologie, les nutriments et les sédiments dans toute cette région. De plus, une dynamique océanique complexe et à forte variabilité formée par le Courant Nord du Brésil (NBC), la réflexion et le Contre-Courant Equatorial Nord (NECC) est aussi présente (Figure 1, flèches bleues et vertes). En effet, les instabilités de ce système de courant génèrent des tourbillons à la fois le long de la côte issues du NBC (flèches bleues) et aussi d'autres issues du NECC (flèches vertes) qui migrent ensuite vers les Caraïbes ou vers le sud pour être réintégrés au NBC (Figure 1). L'ensemble de ces tourbillons, crée des structures fines-échelles voir filamentaires au sein desquelles les vitesses verticales et le mélange sont très importants mais encore mal connus.

La marée joue aussi un rôle important pour la formation d'intenses ondes internes de marée (ITs) qui produisent d'intenses mélanges lors de leur génération sur le talus mais aussi le long de leur propagation. Ces ITs issues principalement depuis les sites A et B ont une partie non linéaire qui génèrent d'autres types d'ondes, des ondes de marée solitaires (ISW), que l'on détecte par imagerie SAR (Magalhaes et al. 2016) ou MODIS (de Macedo et al. 2023). Ces ondes ISW sont une de grande amplitude et de relativement faible extension spatiale capable de se propager sur de longues distances sans déformation (lignes rouges Figure 1).

L'ensemble de ces processus physiques (panaches, courants côtiers, méso-échelle, marées, ondes internes, upwelling) a un impact (ex : Vitesse verticale en zone frontale de tourbillons, remontée dans les zones d'upwelling, mélange et déplacement vertical par les ondes internes) sur les concentrations en nutriments et en chlorophylle sur les matières en suspension (Mucho et al. 2014, Pan et al. 2012, Wang et al. 2007), et sur les bilans de sel et de chaleur, variables qui conditionnent l'ensemble de l'écosystème, du plancton aux ressources halieutiques. Ainsi, la région du plateau et du talus Amazonien apparaît comme un laboratoire d'expérience idéal pour étudier la dynamique des courants et de la méso-échelle et leur impact sur la matière en suspension (remise en suspension), la remontée de nutriment, les concentrations en chlorophylle. La campagne AMAZOMIX a permis de recueillir un ensemble de données interdisciplinaires inédit de courants, de masse d'eau, de mélange, et de concentration en chlorophylle.

Objectif et méthode : L'objectif du stage est de mieux décrire la dynamique des courants ainsi que l'hydrologie de la région à différentes échelles : moyenne échelle, fine échelle jusqu'à l'échelle du front. Pour cela, l'étudiant utilisera de façon croisée et complémentaire plusieurs jeux de données :

#### ❖ Données DUACs et Xtracks

- Les données de hauteur de mer classiques permettront d'avoir un premier estimé des courants et des tourbillons dans la région au moment de la campagne

- Les données X-tracks, disponible au CTOH du LEGOS, permettent d'interpréter les informations de l'altimétrie classique au plus près de la côte et seront précieuses pour caractériser la dynamique de bord ouest au moment de la campagne AMAZOMIX.
- ❖ Une simulation numérique de la région à haute résolution est aussi disponible (AMAZON36, Assene et al. 2023).
  - L'étudiant commencera par comparer pour l'automne de l'année 2021 le modèle et la campagne AMAZOMIX pour les variables de courants, de Température et Salinité et de dissipation. Le modèle, s'il est validé, permettra d'interpoler les données de la campagne dans le temps et dans l'espace pour décrire.
- ❖ La campagne AMAZOMIX (2021, Figure 3) permet le long des transects d'échantillonner les courants avec l'ADCP de coque en continu et sur les stations (dont certaines longues de 12h) offre en plus des mesures de courants, des données de température/salinité (CTD) et dissipation turbulente (VMP).
  - Les courants issus de l'ADCP de coque du bateau, seront comparées aux données satellites (DUACS et Xtrack) et au modèle.
  - Les données de Température, salinité et de dissipation turbulentes seront comparées au modèle.

Ces intercomparaisons au moment de la campagne permettront d'abord de valider le modèle et les prédictions de courants à partir des données altimétriques proches de la côte et si ils sont validés ces deux outils offriront une vision 3D qui permettra de mieux caractériser la dynamique côtières au moment de la campagne de façon robuste.

- ❖ Finalement, nous disposerons au moment du stage de plusieurs mois de mesures du satellites SWOT qui nous permettront de caractériser pour la première fois dans la région des échelles jamais observées (Figure 4).
  - L'étudiant regardera les estimés de courants issus des données SWOT-L3, et comparera de façon spectrale dans le modèle l'ensemble des échelles résolues.
  - Il vérifiera si l'ensemble des courants précédemment identifiés se retrouve dans ces nouvelles données.

Si l'avancée du stage le permet ou plus probablement dans une continuité en thèse, l'étudiant sera amené à étendre la période d'étude pour investiguer les variabilités saisonnières et interannuelle de cette circulation. Pour cela les données de mouillages.

Le stage sera encadré à Toulouse par Ariane Koch-Larrouy et Fabrice Hernandez au LEGOS et par Alex da Costa da Silva au Brésil et Arnaud Bertrand à Sète.

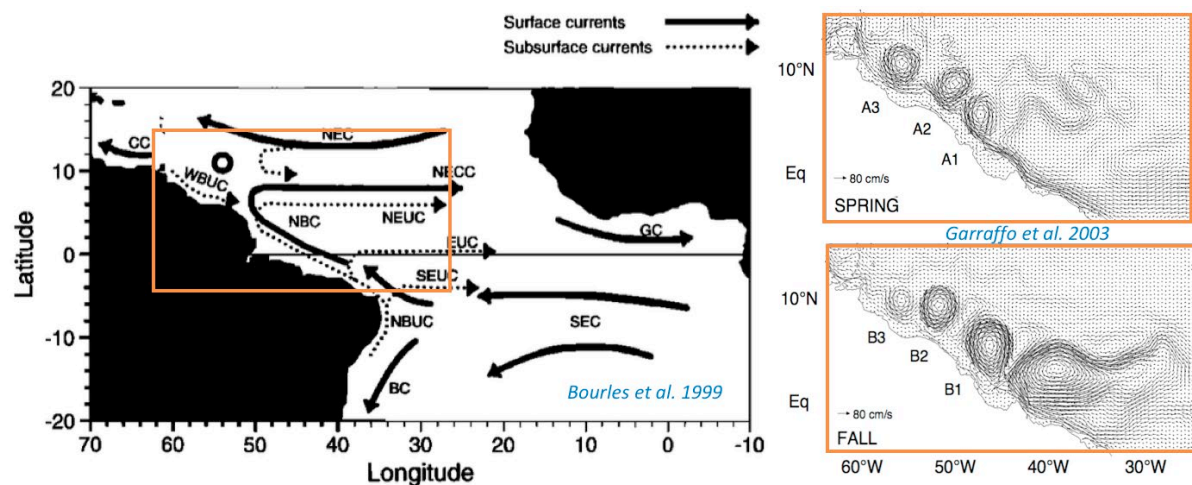


Figure 1: (a) schéma des principaux courants de l'Atlantique Tropical, issu de Bourles et al. 1999. (b) courants de surface reproduit par une simulation montrant la formation de structures tourbillonnaires qui dépendent de la saison au large du plateau Amazonien (Garraffo et al. 2023).

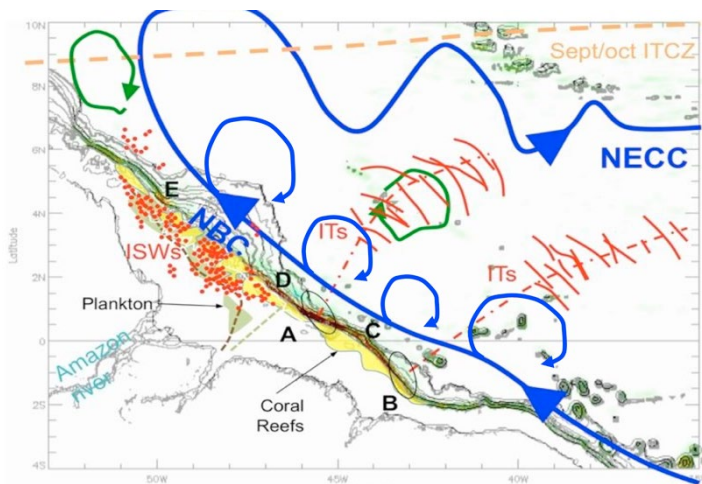


Figure 2 : En bleu, courants NBC et NECC, en Vert tourbillons (sud : SLA sept 2004) et (au nord : SLA nov 2015). Couleur sur le talus : Conversion en couleur issue de Buijsman et al. (2016). Depuis A et B des ISW sont observées (traits rouge, Magalhaes et al. 2016, données SAR). Sur le plateau, d'autres types de solitons (ISW) sont noté d'un point rouge (voir Lentini et Magalhaes 2016). Topographie, traits noirs, à 0, 100, 200, 500, 1000, 1500, 2000, 2500 et 3000m. En vert sont colorisées les régions sur le plateau où de grandes quantités de phytoplancton sont généralement observées ; ligne pointillée marron et verte indiquent respectivement la limite du bouchon vaseux et de la zone d'influence du panache de l'Amazonie (issu de DeMaster, 1995). Les sites de coraux sont indiqués en jaune (Moura et al. 2016).

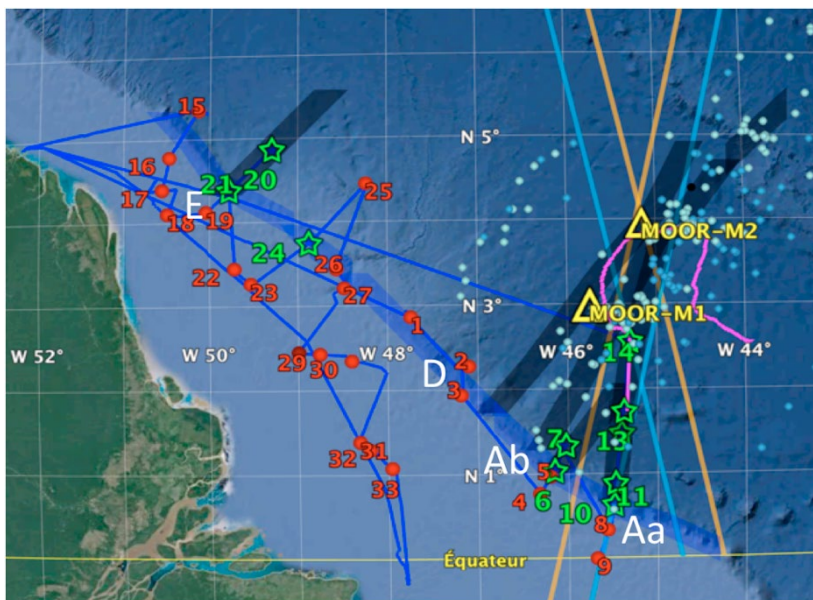


Figure 3: représentation schématique des trajets et des mesures d'AMAZOMIX en sep 2021. En Bleu transparent – talus continental où sont générées les ondes internes, en noir épais : flux d'ondes internes se propageant au loin depuis Aa Ab D et E. Les points bleu ciel sont mesurés SAR où ISW issues des ITs ont été observées. Le stations longues de 12h-17h (étoiles vertes), station courtes (rouge), mouillage (triangles jaunes), Glider (trait magenta). Les mouillages dans le sillage de la propagation des ondes internes issues de A, à 110km de distance aux points de reflexion des ondes internes du mode 1, qui correspondent aussi aux endroit où sont observées les ISW par SAR. Les tracés rectilignes oranges et bleus correspondent respectivement aux traces au sol des satellites altimétriques Sentinel-3A et Sentinel-3B.

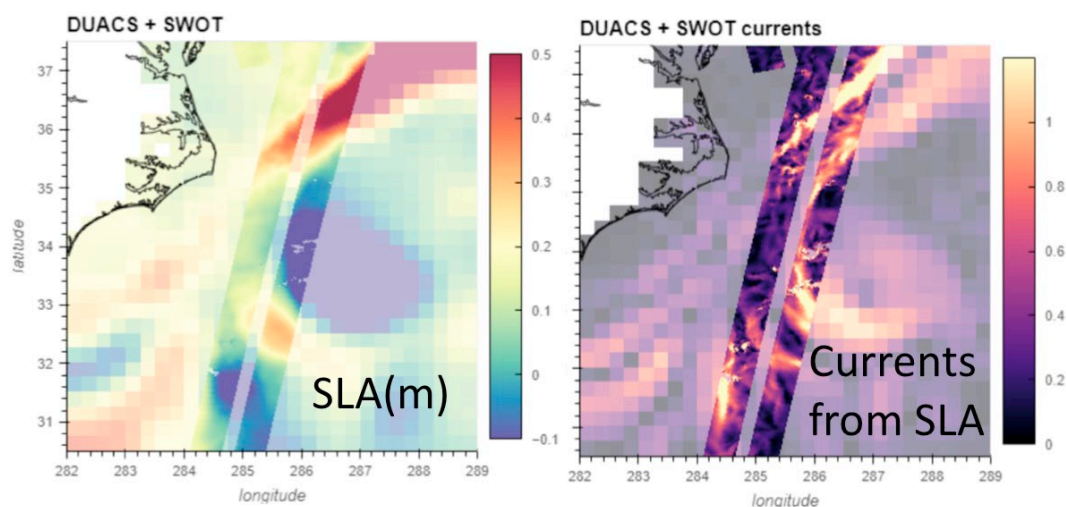


Figure 4 : (gauche) Sea level anomaly (SLA) et (b) courants calculés à partir de la SLA issus des produits DUACS classiques et par-dessus d'une fauchée de SWOT le 15 sept 2023.