

Proposition de Sujet de thèse 2012

Nom du laboratoire (et n° de l'unité) dans lequel se déroulera la thèse :
Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales, LEGOS, UMR5566

Titre du sujet proposé :
Etude de la dynamique océanique à moyenne échelle par fusions multicapteurs spatiaux.

Spécialités de l'école doctorale : (cocher **une seule** spécialité sans la modifier)

- Astrophysique, Sciences de l'Espace, Planétologie
- Climat, Océan, Atmosphère, Surfaces Continentales
- Ecologie Fonctionnelle
- Hydrologie, Hydrochimie, Sol, Environnement
- Sciences de la Terre et des Planètes solides

Nom et statut (PR, DR, MCf, CR, ...) du (des) responsable(s) de thèse (**préciser si HDR**) :

Directeur de thèse : Yves Morel (DR, HDR)

Co-directeurs/Participation à l'encadrement : Pierre De Mey (DR, HDR), Nadia Ayoub (CR), Rosemary Morrow (CNAP, HDR)

Coordonnées (téléphone et e-mail) du (des) responsable(s) de thèse :

Yves Morel,

tél : 05 61 33 30 55

email : Yves.Morel@legos.obs-mip.fr

Résumé du sujet de la thèse (le descriptif ne doit pas dépasser une page recto/verso)

Financement envisagé :

Bourse MESR/Université (non acquise, dossier à déposer par le candidat).

Problématique et contexte Scientifique

La description tridimensionnelle à moyenne et petite échelle de la circulation océanique butte sur les limitations technologiques des systèmes d'observation (observations in situ ponctuelle en espace et en temps, observations satellites restreinte aux champs en surface). L'utilisation de base de données statistiques ou de réseaux d'observation in situ (projet ARGO) permet une vision à grande échelle. Les techniques d'assimilation de données ont permis des progrès considérables mais restent encore limitées quant aux possibilités de reconstruire une structure intensifiée en subsurface : l'activité à méso-échelle de surface noyant les signaux des structures cohérentes de subsurface, celles-ci sont en général analysées par les systèmes d'assimilation de donnée comme des structures de surface.

Ces structures à méso-échelle ont deux signatures dynamiques importantes observées par les satellites : elles sont associées à des anomalies de température et de niveau de la mer, ce dernier paramètre permettant de reconstruire le courant (géostrophique) en surface. La donnée de température est obtenue à haute résolution spatiale et temporelle, alors que la donnée altimétrique (observation du niveau de la mer) est obtenue actuellement le long des traces des satellites. Un programme, SWOT (surface water and ocean topography), a été mis en place qui donnera à la mesure altimétrique (altimétrie à fauchée), et donc à l'évaluation du champ de vitesse géostrophique en surface, des qualités comparables aux mesures de température dont il s'agit de tirer entièrement partie. Le lancement d'un tel satellite est prévu à l'horizon 2019 et ce sujet de thèse doit servir à préparer l'exploitation de telles données haute résolution qui représenteront une rupture technologique majeure dans l'observation spatiale de l'environnement océanique.

Par ailleurs, ce sujet de thèse sera intégré au projet EPIGRAM (études physiques intégrées en Gascogne et région Atlantique-Manche, 2008-2013) et d'un projet en gestation qui lui fera suite, axé autour de la physique océanique à échelle régionale et de l'assimilation de données. Le projet EPIGRAM concerne les processus physiques des régions Manche et golfe de Gascogne et a permis le recueil de nombreuses données à la mer, dont certaines seront être utilisées dans le cadre de ce sujet de thèse. Il offre aussi un cadre collaboratif (16 laboratoires impliqués) de fort intérêt pour le doctorant.

Intérêt du Sujet

Ce travail de thèse:

- Permettra de préparer l'utilisation de SWOT et de préparer sa combinaison avec des données de SST. Il aborde donc le sujet de la fusion de données d'origine spatiale.
- Permettra de préparer l'utilisation de SWOT dans des systèmes opérationnels.
- Permettra de former un(e) étudiant(e) à l'analyse d'observations spatiales, à leur confrontation aux données in situ, à la dynamique océanique et aux problématiques de l'assimilation de données.
- Se placera dans le cadre d'une collaboration au sein de projet EPIGRAM et de sa suite prévue sur l'assimilation de données à échelle régionale.

Approche Méthodologique

Le but de la thèse est d'évaluer les possibilités de reconstruction de la variation verticale de courant et stratification océanique à partir d'observation –spatiale- de la surface de l'océan. Les observations spatiales visées sont la température de surface et l'altimétrie, en particulier évaluation de l'apport potentiel de la mission future SWOT (observation spatialement continue et à haute résolution de l'élévation de surface). L'altimétrie satellitale donne accès, sous hypothèse d'équilibre géostrophique, au champ de vitesse de surface. Dans les systèmes avec assimilation de données, l'extrapolation verticale du signal reste empirique. En général, une anomalie de SSH est assimilée à un courant intensifié en surface et les structures de subsurface sont problématiques à représenter.

L'approche générale est de partir d'une théorie existante (SQG, développée par Patrice Klein, et basée sur le principe de Bretherton, voir références) qui, sur la base de certaines hypothèses (vorticité potentielle constante dans les couches profondes et équilibre géostrophique), conduit à une équation reliant directement l'anomalie de densité ou température de surface à la structure complète du courant et de la stratification. Une des hypothèses (vorticité potentielle constante) est toutefois non vérifiée en général, et en particulier pour les courants de subsurface, et il s'agira d'évaluer les limites de cette théorie et d'essayer de l'étendre par l'utilisation combinée de données de température de surface et d'altimétrie (en particulier à haute résolution et de couverture continue, de type SWOT). Le défaut de cette théorie est à nouveau d'assimiler toute signature de surface à un courant intensifié en surface, et là encore les structures de subsurface sont problématiques à représenter.

L'idée est alors de sélectionner certaines formes générales de structure de courant et d'en calculer les signatures de température et élévation de surface associées (resp. SST et SSH). Sous hypothèse d'équilibre géostrophique (assez bien vérifiée aux échelles considérées), l'élévation de surface permet de calculer le courant de surface observé. La théorie SQG permet une autre évaluation de ce courant sous une hypothèse de structure profonde constante (en vorticité potentielle). Les différences entre l'observation et le calcul SQG du courant de surface sont ainsi la signature de la structure verticale du courant.

ED 173 - SDU2E

Il s'agira alors de tirer partie de cette combinaison d'information SST/SQG et SSH/courant observé pour évaluer la structure verticale du courant. Dans la pratique il s'agira principalement d'identifier la localisation verticale du cœur du courant en faisant quelques hypothèses de forme (vorticité potentielle constante par morceau ou gaussienne) sur sa structure et d'évaluer sous quelles contraintes (caractéristiques spatiales, connaissances a priori des positionnements verticaux de courant possibles, voire utilisation de l'évolution temporelle du signal,...) une évaluation peut être faite.

L'analyse des possibilités de calcul de la structure verticale à partir de l'observation de surface altimétrique et de température dans un cas général pourra ensuite être évaluée. En particulier l'impact des erreurs de mesure (incertitude sur la mesure, impact de la mesure altimétrique à fauchée vs le long de trace et évaluation de l'apport de SWOT) et des erreurs du modèle (influence des hypothèses de forme, d'équilibre géostrophique et approximations numériques) sur la structure verticale du courant seront évaluées. Les erreurs associées aux théories existantes (SQG) seront en particulier calculées dans plusieurs cas de figure (courant dont les cœurs sont en surface ou subsurface).

Le travail abordera le problème avec une complexité croissante et dans un cadre académique (utilisant des solutions analytiques) mais l'utilisation de données de campagne à la mer pour un essai réaliste et une comparaison à des observations in situ sera envisagée :

- courants 2D côtiers, avec mise en place d'un outil d'inversion et de calcul de la structure verticale du courant, évaluation des champs de vitesse de surface et de la variation de densité/température de surface en fonction de la localisation verticale du cœur du courant. Analyse des possibilités de calcul de la structure verticale à partir de l'observation de surface altimétrique et de température. Evaluation de l'impact des erreurs de mesure (incertitude sur la mesure, impact de la mesure altimétrique à fauchée vs le long de trace et évaluation de l'apport de SWOT) et des erreurs du modèle (influence des hypothèses de forme, de taille de structure, d'équilibre géostrophique et approximations numériques) sur la structure verticale du courant. Evaluation de l'erreur SQG ;
- extension des résultats précédents aux courants 2D tourbillonnaires : il s'agira ici de reproduire la démarche précédente à une structure circulaire, l'inversion incluant alors le terme d'accélération centrifuge, qui est non-linéaire et engendre une complexité supplémentaire. Ceci engendre une analyse particulière de l'erreur modèle associée à l'hypothèse d'équilibre géostrophique vs prise en compte du terme cyclostrophique ;
- extension à un champ complexe avec des courants et un champs tourbillonnaire : Une étude de processus sur la dynamique d'une structure cohérente interagissant avec un champs turbulent de méso-échelle sera menée en guise de préalable ;
- application à une configuration réaliste : inversion ;
- Mise au point d'une méthode d'assimilation de données permettant la prise en compte de la combinaison altimétrie/SST pour la reconstruction de la structure verticale des courants et de la stratification à moyenne échelle.

Résultats Attendus et Applications Possibles

Les résultats attendus sont :

- des méthodes d'évaluations de la structures 3D de la dynamique à moyenne échelle sur la base d'observations spatiales ;
- des connaissances nouvelles sur les interactions entre structure profonde cohérente et turbulence de surface et l'évaluation des possibilités d'identifier le signal profond sur les champs de surface.

Les applications concernent l'assimilation combinées multicapteurs pour la reconstruction d'une structure verticale réaliste dans les systèmes d'analyse et de prévision.

Profil de candidature souhaité

Magistère ou École Ingénieur; Titulaire Mastère 2 (préférentiellement en Océanographie Physique).

Motivation pour et compétences en mathématiques appliquées, modélisation numérique, analyse de données spatiales et études de processus physiques en océanographie physique à moyenne et petite échelle.

Autonomie, organisation, travail en équipe et créativité.

Connaissances en programmation informatique type LINUX, Fortran et Matlab.

Références

Bretherton, F.P., 1966. Critical layer instability in baroclinic flows; Quart. J. Roy. Meteor. Soc., Vol. 92, p 325-334.

J. Isern-Fontanet, B. Chapron, G. Lapeyre, and P. Klein, 2006. Potential use of microwave sea surface temperatures for the estimation of ocean currents. Geophys. Res. Lett. doi:10.1029/2006GL027801