

Estimation des courants de surface par traitement d'images satellitaires.

F.Collard, B.Chapron

La connaissance des courants de surface est un enjeu majeur pour la compréhension des échanges de quantité de mouvement et de chaleur entre différentes régions du globe mais également pour les activités maritimes liées à la navigation ou l'exploitation des ressources océaniques.

Plus particulièrement, l'influence des petites échelles (horizontale et verticale) de la dynamique océanique sur le cycle du carbone, le conditionnement des écosystèmes marins ou encore la dérive et l'évolution de pollutions accidentelles ne fait aujourd'hui plus de doute. Depuis près d'une trentaine d'années, les mesures satellitaires d'Observation de la Terre, obtenues sur l'ensemble du globe et souvent avec des résolutions très fines (de l'ordre du kilomètre), contribuent à cette révélation évidente de la richesse des caractéristiques turbulentes de la dynamique océanique des couches supérieures de l'Océan. La manifestation souvent systématique de fronts et de tourbillons océaniques de très petites échelles dans les images de température de surface ou de réflectance optique (couleur) prouve une variabilité organisée aux petites échelles et les liens entre les processus physiques et biogéochimiques. Toutefois, une telle variété des phénomènes observés est longtemps apparue comme un frein pour l'exploitation de ces mesures de très haute résolution. C'est seulement récemment que la possibilité de mieux combler ce "déficit d'interprétation" est apparue, en se fondant à la fois des jeux de simulations plus réalistes, et des analyses ciblées des différentes données satellitaires existantes de très haute résolution, pour lesquelles la combinaison des observations est essentielle.

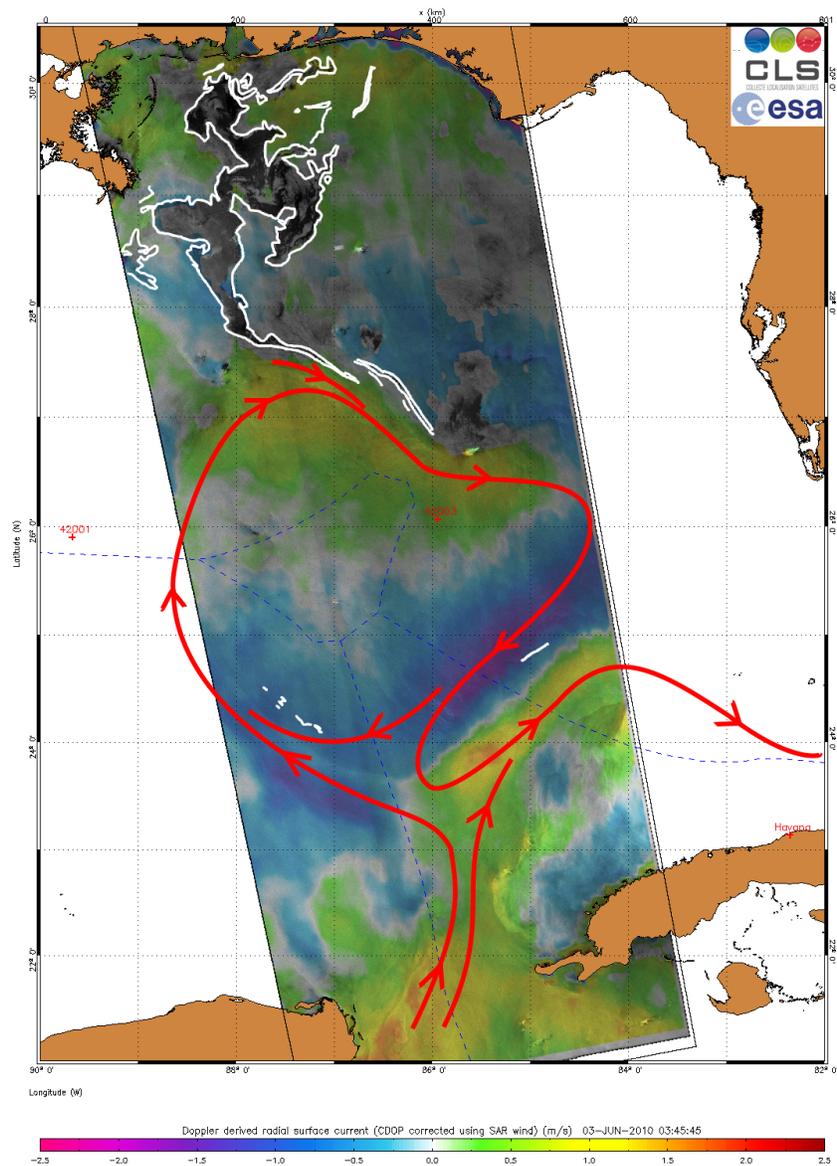
L'extraction des caractéristiques et les traitements adaptés afin d'améliorer la compréhension et l'analyse quantitative des phénomènes observés a en effet bénéficié à la fois des progrès des travaux de recherche, de la plus grande disponibilité des mesures et des comparaisons avec des mesures de références. En particulier pour les données fournies par l'imagerie radar et optique, des progrès importants ont été réalisés afin de mieux comprendre les processus physiques qui contrôlent les variations de rugosité à la surface océanique et leurs signatures dans la mesure (Kudryavtsev et al., 2005, Johannessen et al., 2005, Kudryavtsev et al., 2012). L'alternance de zones de convergence et divergence qui accompagnent la nature non stationnaire des méandres océaniques, est généralement bien détectable pour des vents faibles à modérés. Souvent accompagnées de variations de températures et de présence de surfactants, des modifications des cambrures des vagues détectées par les instruments à haute résolution (radar et optique) permettent d'identifier et possiblement mieux suivre l'évolution des fronts océaniques.

Par ailleurs, une nouvelle source d'information a été récemment mise en évidence. En effet, des mesures directes des propriétés cinématiques des éléments rugueux qui participent à la modulation du signal radar peuvent également être directement extraites. Selon des conditions géométriques et environnementales idéales, ces premières mesures depuis l'espace (Chapron et al., 2005) représentent une opportunité unique de quantifier les vitesses de surface. La compréhension du contenu géophysique de cette nouvelle source d'information a rapidement progressé, permettant de quantifier les contributions relatives des mouvements associés aux vagues et aux courants de surface (Chapron et al., 2005, Mouche et al., 2008, Johannessen et al. 2008).

Dans le cas du radar imageur (radar à ouverture de synthèse) c'est le décalage Doppler de l'écho radar qui est analysé pour estimer mouvements des diffuseurs dans l'axe de visée. Dans le cas des séquences d'images de couleur de l'eau, de reflets du soleil ou de température de surface, c'est l'intensité et la

direction des gradients, en l'absence de couverture nuageuse, ainsi que leur variations temporelles qui sont utilisées pour estimer un champs de vecteur déplacement à l'aide des méthodes de maximum de corrélation croisée ou de flux optique.

Nous verrons comment des connaissances à priori sur la dynamique des fluides géophysiques, sous forme d'équations du mouvement, permettent d'optimiser les méthodes de traitement d'image pour filtrer les signaux non géophysiques. Les limites actuelles des traitements utilisés et les principaux challenges en terme de traitement d'image seront exposés.



Vitesse radiale du courant de surface dans le Golfe du Mexique pendant la marée noire de Juin 2010. La couleur est une indication de la vitesse du courant estimée à partir de l'image radar représentée par des niveaux de gris, proportionnels à la rugosité de surface. Le tracé rouge, issue de l'analyse de données de température de surface, indique la position des principales veine du courant de surface. Les contours blancs indiquent l'extension des hydrocarbures détectés en surface.

Références :

1. Chapron, B., F. Collard, and F. Ardhuin (2005), Direct measurements of ocean surface velocity from space: Interpretation and validation, *J. Geophys. Res.*, 110, C07008
2. Johannessen, JA, Kudryavtsev, VN, Akimov, DD, Eldevik, T, Winther, N . 2005 . On radar imaging of current features: 2. Mesoscale eddy and current front detection. No.: C07017 . American Geophysical Union . *Journal of Geophysical Research (Oceans)* . Vol.: 110
3. Johannessen, JA, Collard, F, Kudryavtsev, VN, Akimov, DD . 2008 . Direct ocean surface velocity measurements from space: Improved quantitative interpretation of Envisat ASAR observations . No.: L22608 . p.: 6 . American Geophysical Union . *Geophysical Research Letters* . Vol.: 35
4. Kudryavtsev, VN, Akimov, DD, Johannessen, JA, Chapron, B . 2005 . On radar imaging of current features: 1. model and comparison with observations . No.:C07016 . American Geophysical Union . *Journal of Geophysical Research (Oceans)* . Vol.: 110
5. Kudryavtsev, VN, Chapron, B, Myasoedov, AG, Collard, F, Johannessen, JA . 2012 . On Dual Co-Polarized SAR Measurements of the Ocean Surface . p.: 1 - 5 . *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*
6. Mouche Alexis, Chapron Bertrand, Reul Nicolas, Collard F (2008). Predicted Doppler shifts induced by ocean surface wave displacements using asymptotic electromagnetic wave scattering theories. *Waves in Random and Complex Media*, 18(1), 185-196.