



## FICHE DE STAGE

### Dérivation numérique sur mesures bruitées : application à l'océanographie

<b>Direction :</b>	<b>Océanographie Spatiale / Surveillance Environnementale</b>
<b>Responsables du stage :</b>	<b>Claire Dufau + encadrant ENSEIHT</b>
<b>Lieu de travail :</b>	<b>CLS, Toulouse</b>
<b>Téléphone :</b>	<b>05.61.39.39.16</b>
<b>Mail de contact :</b>	<b><a href="mailto:cdufau@cls.fr">cdufau@cls.fr</a></b>

### Problématique

Les courants océaniques sont en partie liés aux gradients horizontaux de la topographie de la surface de la mer. Les mesures altimétriques par satellite donnent justement accès à cette information de hauteur de mer et permettent par dérivation spatiale d'accéder à des mesures de courants marins.

Si une bonne précision de dérivation peut être obtenue avec un algorithme élémentaire, comme la différence d'ordre 1 centrée, appliqué à un signal non perturbé, la qualité de la dérivée est largement dégradée suite à l'ajout d'un bruit sur le signal à dériver. Les méthodes de dérivation élémentaire souffrent en effet d'une grande sensibilité aux bruits de mesure. Dans la réalité des applications, toute mesure de signaux est polluée par des bruits de différentes origines (bruits électriques, thermiques, numériques,...) et les mesures de hauteur de mer par satellite altimétrique n'échappent pas à cela.

La mise en œuvre d'un dérivateur/ différentiateur permettant une estimation précise de la dérivée d'un signal mesuré impose l'élimination des effets des bruits. Le signal à dériver étant, dans la majorité des cas, supposé être un signal basse-fréquence par rapport au bruit, cela renvoie intuitivement à une opération de filtrage passe-bas sur les signaux perturbateurs.

Il est donc possible d'effectuer, en amont du différentiateur, une première étape de filtrage pour éliminer les composantes de perturbation. Cette solution fournit des résultats satisfaisant vis-à-vis de la précision de l'estimation mais elle induit un déphasage de la dérivée. Cette approche suppose de plus que le signal utile et le signal perturbateur présentent des spectres disjoints afin que le filtrage n'altère pas le signal utile. Dans le cas de la mesure altimétrique actuelle, cette hypothèse n'est pas valide.

De futures observations altimétriques par fauchées (satellite SWOT, dont le lancement est prévu en 2021) donneront accès à des cartes d'anomalies de hauteur de mer qui seront bruitées comme le sont actuellement les mesures le long des traces.

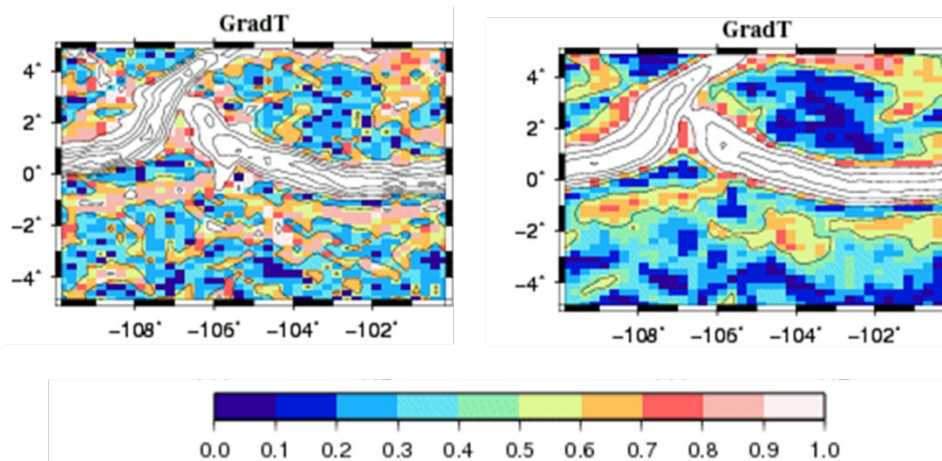
Dans ce contexte, l'objectif de ce stage est de tester l'intérêt de nouvelles méthodes de différentiation prenant en compte le niveau de bruit de la quantité à dériver, tant sur des mesures 1D (profils de hauteur de mer le long d'une trace) que 2D (cartes de hauteurs de mers). Deux méthodes ont été identifiées mais elles pourront être remplacées ou complétées lors du stage par des méthodes jugées plus pertinentes:

1. un estimateur récursif basé sur le maximum de vraisemblance proposé par F. Auger, qui décompose le signal en une somme d'un bruit et d'une composante déterministe dont on peut déduire aisément une dérivée :

<http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/13661/A317.pdf>

2. un filtre digital antisymétrique avec une réponse impulsionnelle finie de type III par P. Holoborodko illustré par la figure ci-dessous

<http://www.holoborodko.com/pavel/numerical-methods/numerical-derivative/smooth-low-noise-differentiators/>



**Exemple basé sur une carte de Sea Surface Temperature (SST) REMSS du 17-18 juillet 2011.**

Gauche : Gradient de SST (°C/km) calculé par simple différence finie

Droite : Gradient de SST (°C/km) si on utilise un filtre digital (Holoborodko)

### **Travail envisagé**

- Revue théorique et bibliographique des méthodes de différentiation permettant de prendre en compte un signal perturbateur en même temps que le signal utile.
- Sélection de plusieurs méthodes pertinentes dans le contexte altimétrique
- Test de ces méthodes sur un cas de signal et bruit simulés en 1D et en 2D
- Test de ces méthodes sur les données altimétriques réelles le long des traces

### **Formation:**

3eme année d'école d'ingénieur traitement du signal/méthodes numériques ou en mathématiques appliquées

ou Universitaire scientifique (M2) en mathématiques appliquées

### **Compétences**

- **Savoirs**

- Méthodes numériques
- Bonne maîtrise des outils informatiques (Linux, C/C++, Python)

- **Savoir-faire**

- Capacité d'abstraction, d'analyse et d'interprétation (transposition d'une méthode existante, application d'une méthode théorique à des données réelles)
- Rigueur et esprit de synthèse

- **Savoir être**

- Curiosité scientifique
- Dynamisme et force de proposition
- Capacité à communiquer et autonomie