



# Adaptive SAR : fonctionnement et premiers résultats

---

*F Piras, JC Poisson, P Thibaut, M Smessaert*



*Atelier Altimétrie & Glaciologie, 25 juin 2019*

# Introduction

- Depuis plusieurs années et dans le cadre d'études variées avec différentes partenaires (CNES, ESA, ...), CLS a réalisé de nombreuses études afin d'homogénéiser les traitements et de développer des algorithmes de retracking physiques applicables à toutes les surfaces, toutes les bandes (Ku/Ka) et tous les modes, LRM ou SAR.
- Ce travail a permis le développement du retracking dit « Adaptive », utilisant une modélisation physique pour les missions LRM, qui s'adapte à toutes les surfaces (océan, glace, hydrologie) et dont les performances ont été présentées de nombreuses fois. Cet algorithme s'applique donc à l'origine sur les missions conventionnelles (Jason-2/3, ENVISAT, SARAL/AltiKa).
- La prochaine étape ? Le SAR ! Afin de traiter les données des missions SAR Cryosat-2 et Sentinel-3, CLS a développé, dans le cadre de plusieurs études, un nouvel algorithme appelé SARA (SAR Adaptive) qui permet de traiter avec une modélisation physique l'ensemble des échos SAR dont les échos peaky observés notamment sur glace de mer.



# Plan

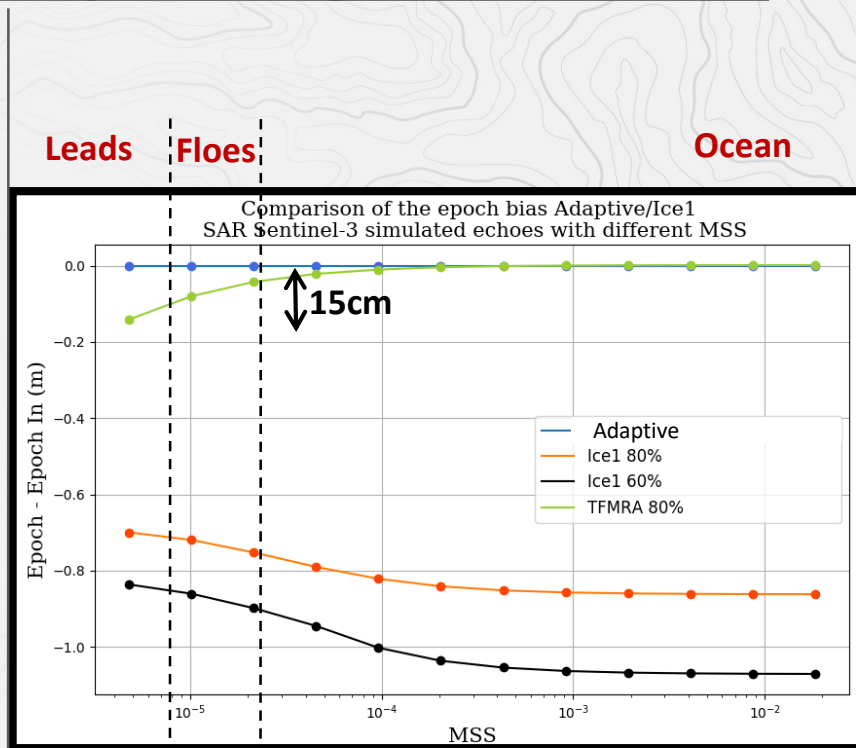
Un retracking = un modèle + une méthode d'estimation

- Le modèle incluant la prise en compte de la mss (mean square slope)
- La méthode d'estimation
- Les premiers résultats sur Sentinel-3 S3PP et Cryosat-2 PDGS



# Avantages d'un modèle physique en glace de mer

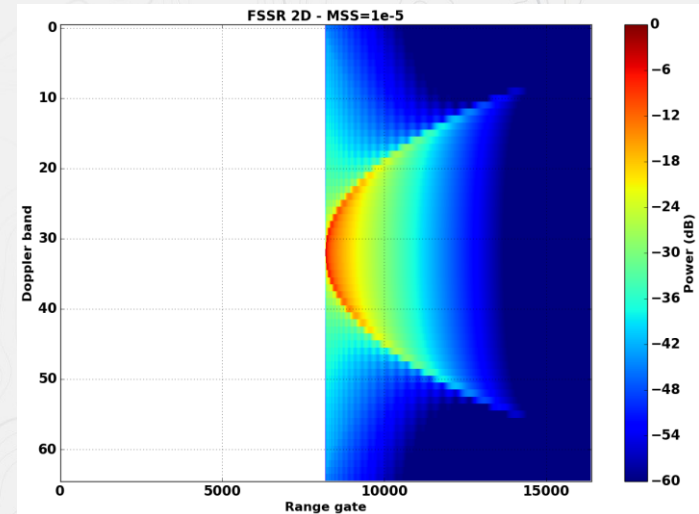
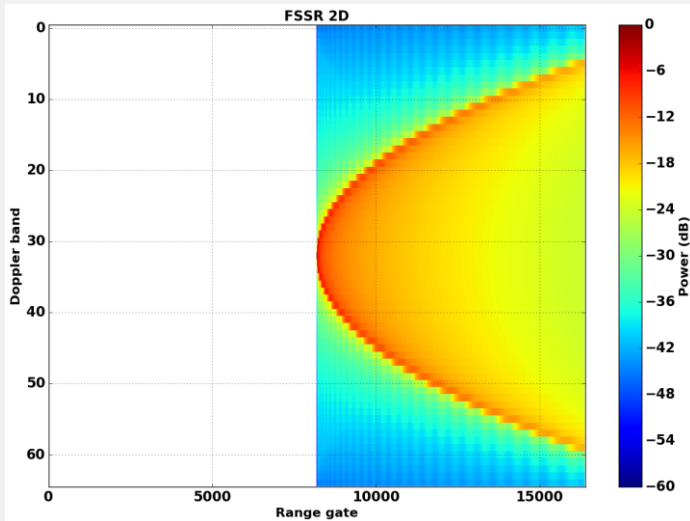
- Basé sur un modèle physique, pas de seuil à tuner et moindres erreurs dues au sampling des formes d'ondes
- Prise en compte des caractéristiques instrumentales de l'altimètre, notamment la PTR (et de son vieillissement)
- Continuité de l'algorithme entre l'océan et les zones englacées
- Estimation d'un SWH et d'une rugosité (mss)
- Solution homogène sur toutes les missions et sur tous les modes → important pour les séries longues sur une surface
- Seule contrainte : un temps de calcul plus élevé (voir planche dédiée)



**15cm = ordre de grandeur du freeboard !**

# Modèle SARA (SAR Adaptive) : Prise en compte de la mss

- On applique la mss en modifiant la puissance rétrodiffusée de la FSSR modèle (2D) en fonction de l'angle de visée → Pour faire cela, on multiplie chaque beam de la FSSR par une fonction qui dépend de la mss (même formulation que pour l'adaptive LRM)
- Il faut faire cette opération avant la convolution par la PTR (range) : on doit donc travailler avec des **FSSR en 2D** ce qui est l'étape couteuse en temps de calcul .

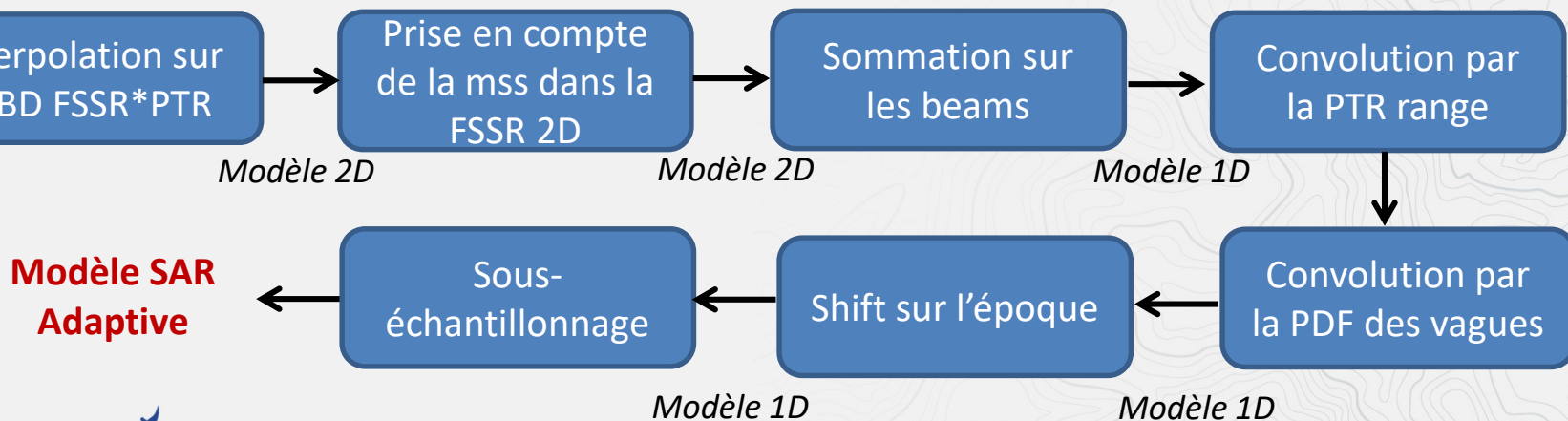


# Modèle SARA (SAR Adaptive)

Etape préliminaire : Génération d'une base de données FSSR \* PTR<sub>azi</sub> , en configuration OPad + Hamming

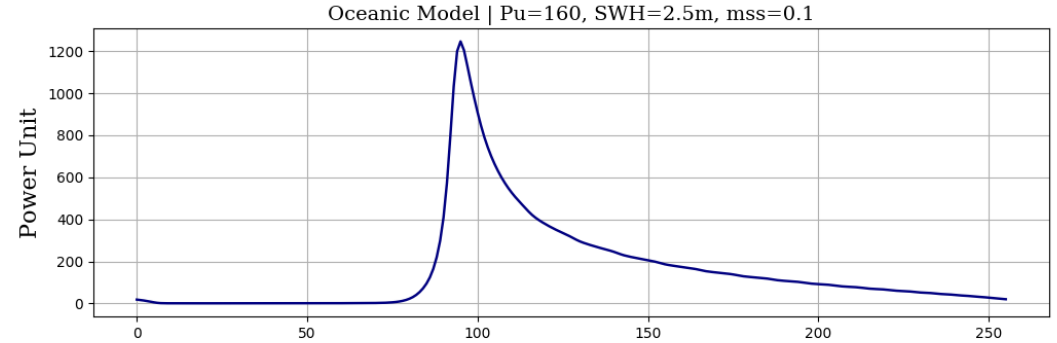
- 1 dimension pour Sentinel-3 (altitude)
- 3 dimensions pour Cryosat-2 (altitude, Roll, Pitch).

## Génération du modèle

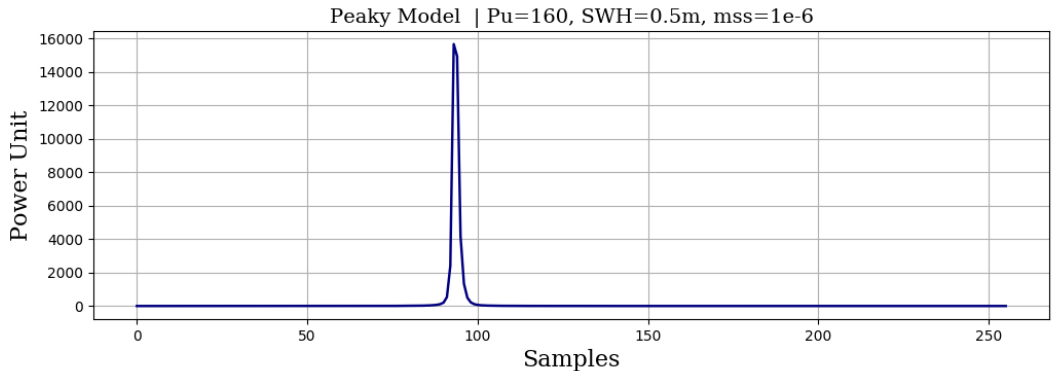


# Modèle SARA (SAR Adaptive)

Modèle océanique (mss =0.1)

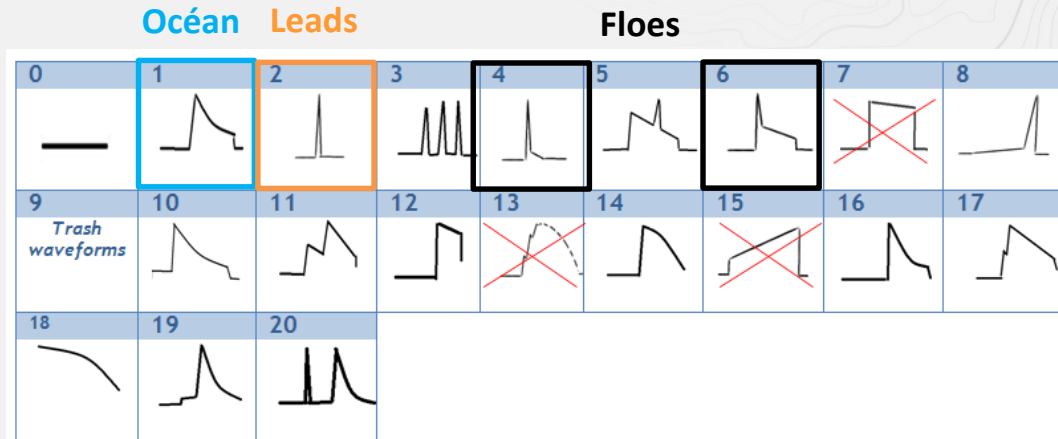


Modèle peaky « lead » (mss =10-6)



# SAR Adaptive: méthode d'estimation

- Comme pour l'adaptive LRM, la méthode d'estimation varie avec la forme d'onde rencontrée. Pour cela, on utilise la classification des formes d'ondes (développée par CNES/CLS), basée sur une approche réseaux de neurones, qui classe les échos selon leur forme :



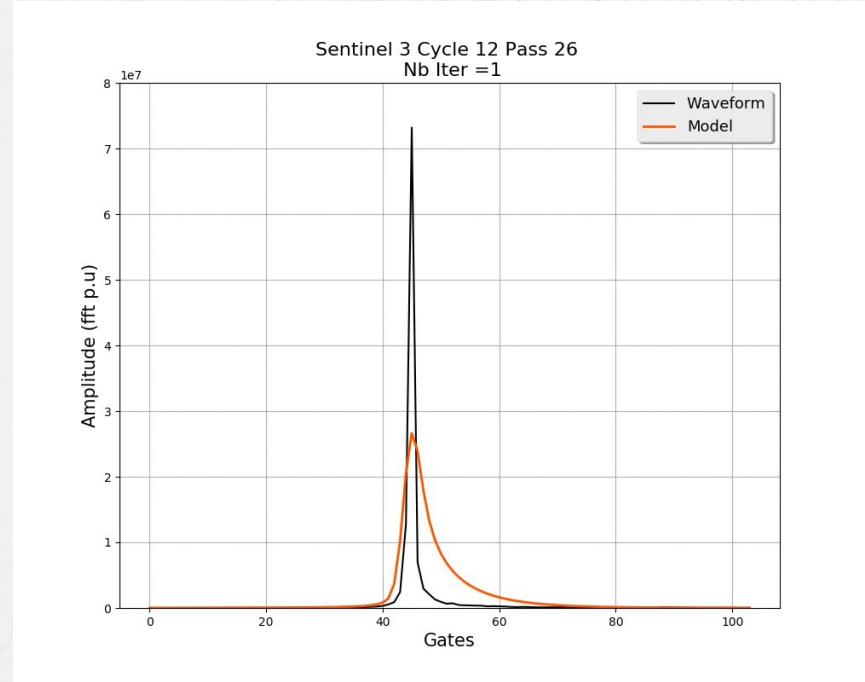
- Pour les échos type océan, on utilisera un critère MLE (qui prend en compte la statistique du bruit de speckle).
- Pour les échos type glace de mer, on utilisera plutôt un critère moindres-carrés .





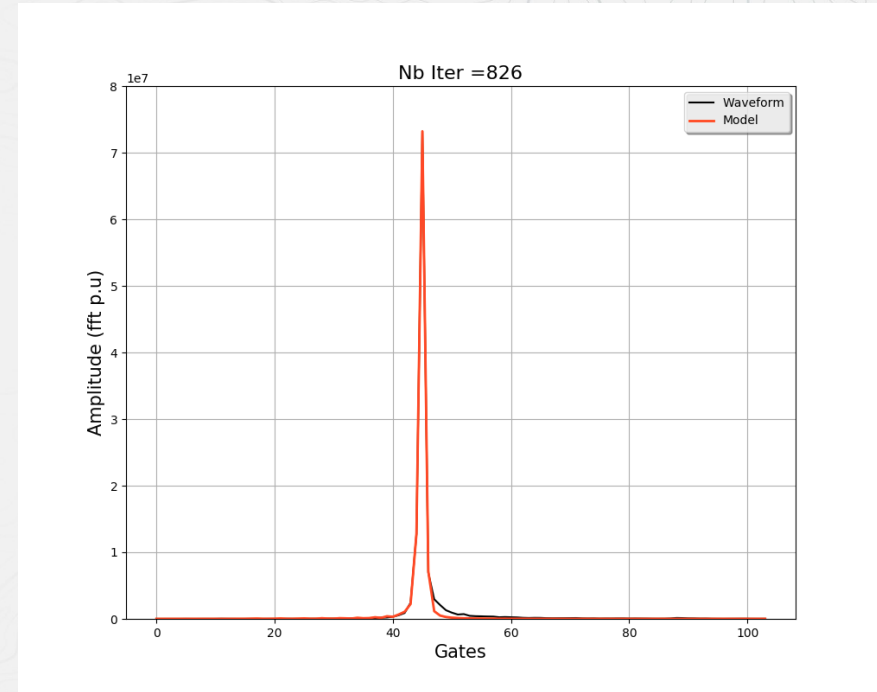
# SAR Adaptive: méthode d'estimation

- On utilise une optimisation de type Nelder-Mead qui permet :
  - De prendre en compte la statistique de bruit de speckle pour des échos océan
  - D'améliorer grandement la convergence sur les échos peaky (en comparaison à un Newton-Raphson)



# SAR Adaptive: méthode d'estimation

- On utilise une optimisation de type Nelder-Mead qui permet :
  - De prendre en compte la statistique de bruit de speckle pour des échos océan
  - D'améliorer grandement la convergence sur les échos peaky (en comparaison à un Newton-Raphson)



# SAR Adaptive: Temps de calcul

Un travail d'optimisation du code a été réalisé au cours de l'année passée :

- Optimisation du modèle en passant tout en fft (un seul aller retour puissance - fréquence)
- Passage de la maquette Python en C
- Portage sur le cluster du CNES pour traiter un hiver entier Cryosat-2 (octobre-mai)
- Avec 96 processeurs, on traite actuellement un mois de données Cryosat-2 en **4 jours**
- Il est encore possible de largement diminuer ce temps en augmentant le nombre de processeurs (limitation actuellement imposée par le HPC)



# Application sur données réelles : l'océan

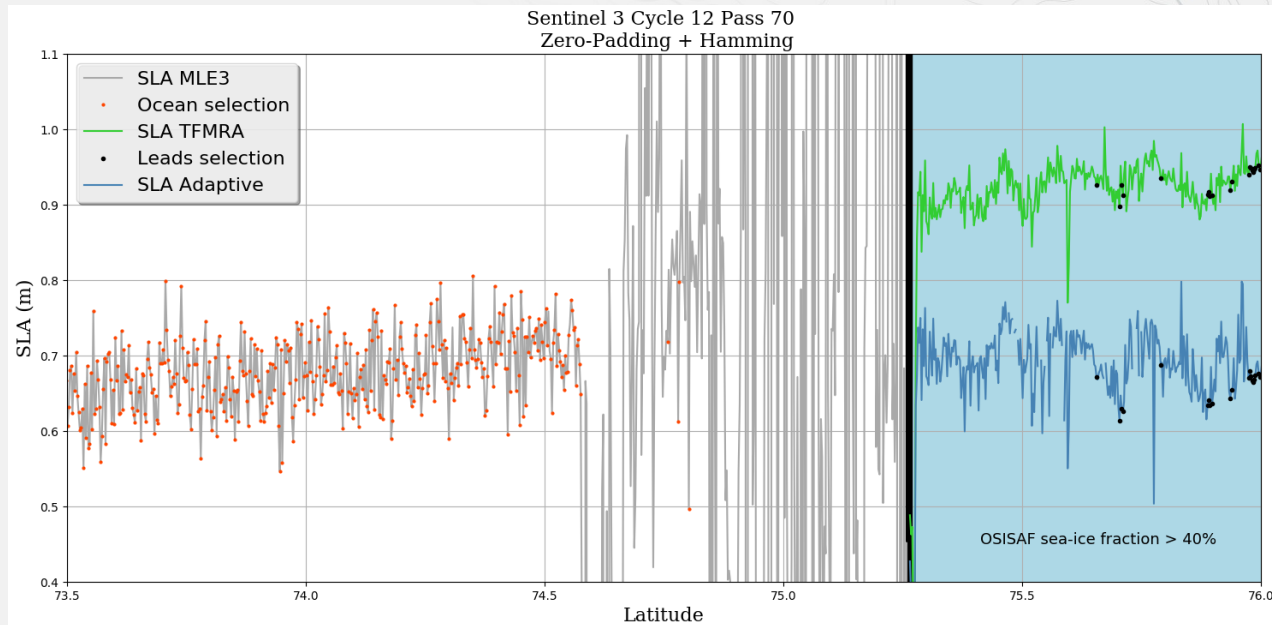
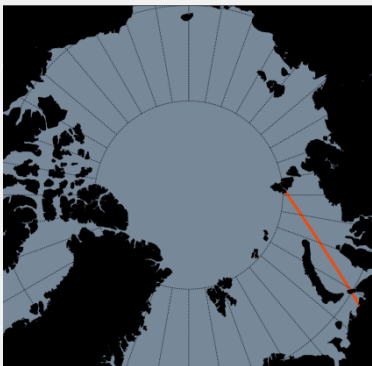
- Dans le cadre de plusieurs études (CNES SAR 2018, SCOOP), l'utilisation d'une optimisation Nelder-Mead pour retracker les échos océaniques (en gardant le même modèle) a été étudiée de près.
- Bien que les résultats en simulations soient excellents, les performances sur données réelles océaniques ne sont pas satisfaisantes, avec l'apparition de biais très significatifs en range et SWH. On observe des résultats similaires avec l'Adaptive SAR.
- Plusieurs pistes sont à investiguer pour comprendre ces biais, notamment au niveau du modèle. En effet, le Nelder-Mead est bien plus sensible que le Newton-Raphson à la précision du modèle.
- Sur glace de mer, la rugosité étant le facteur dominant sur le modèle (et pas le gain d'antenne), nous n'avons pas observé ces biais. C'est pour cela que l'on présente seulement pour le moment des résultats Adaptive SAR sur glace de mer.



# Application sur données réelles : Sentinel 3A S3PP

➤ Traitement d'un mois de données Sentinel-3A S3PP OPad+Hamming (cycle 12, décembre 2016)

Trace 70



Leads = Classes 2  
+ Sigma<sub>0</sub> > 38dB

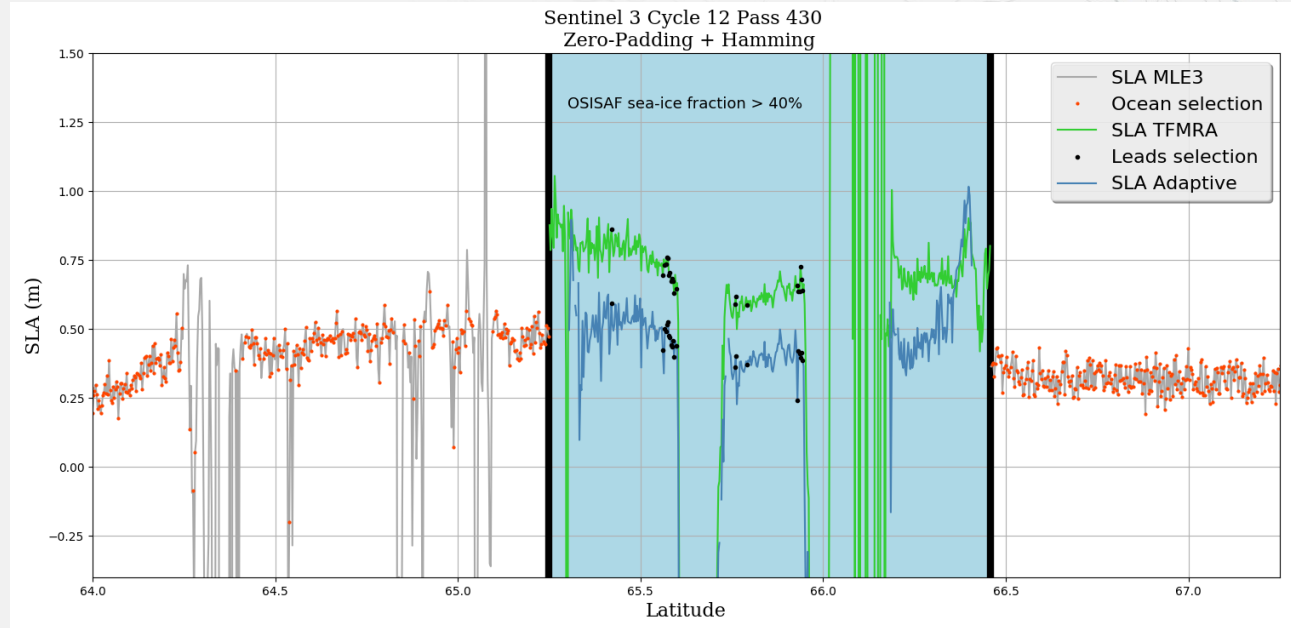
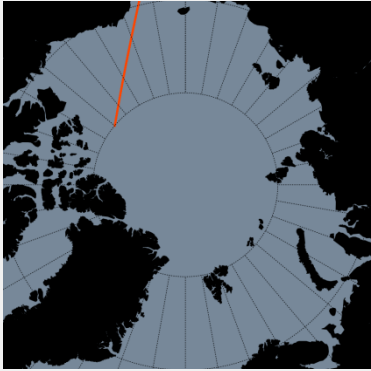
→ Excellente continuité océan/glace avec le SAR Adaptive



# Application sur données réelles : Sentinel 3A S3PP

➤ Traitement d'un mois de données Sentinel-3A S3PP OPad+Hamming (cycle 12, décembre 2016)

Trace 430



Leads = Classes 2  
+  $\text{Sigma}_0 > 38\text{dB}$

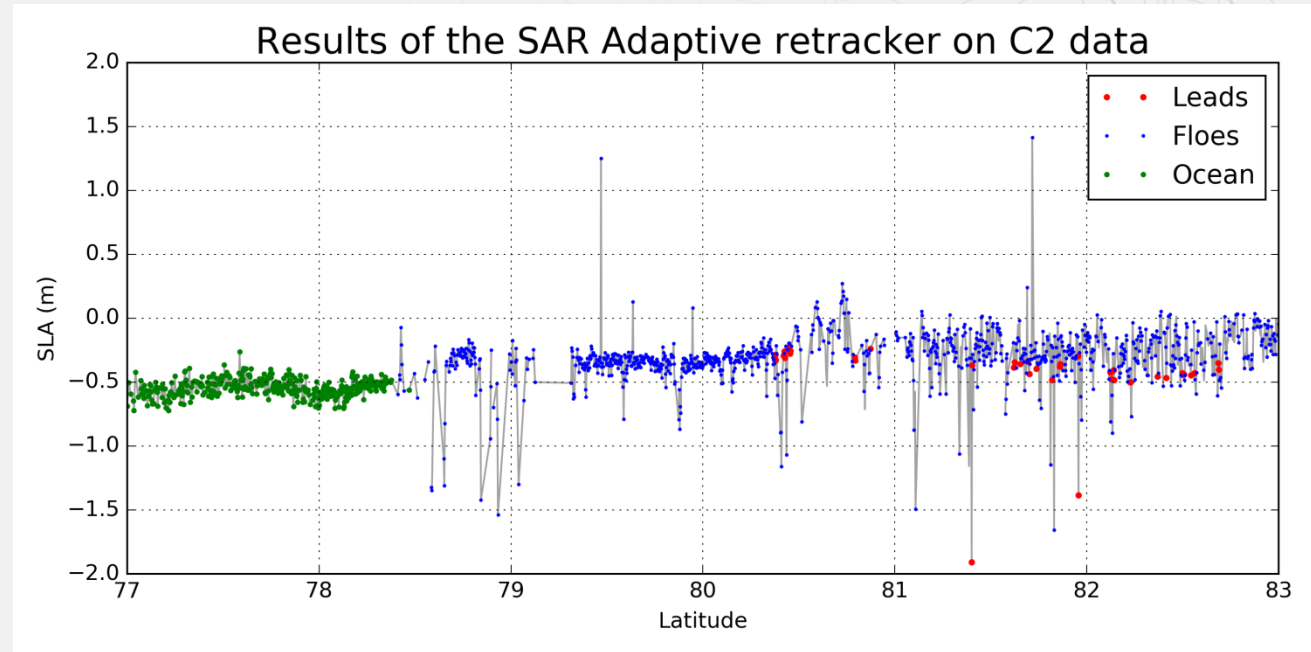
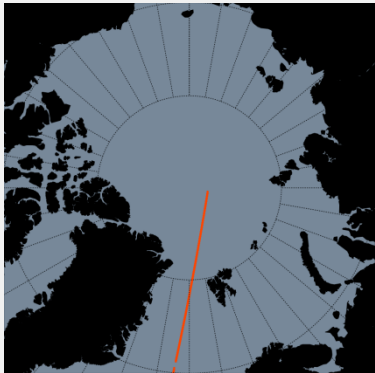
→ Excellente continuité océan/glace avec le SAR Adaptive



# Application sur données réelles : Cryosat-2 PDGS

- Traitement d'un hiver entier (octobre 2014-mai 2015) de données Cryosat-2 PDGS chaîne ICE

Trace 278



Leads = Classes 2

→ Ici on utilise le même retracker pour l'océan et la glace de mer car la chaîne PDGS ICE ne fournit pas les données sur océan



Atelier Altimétrie & Glaciologie, 25 juin 2019

# Perspectives (1)

- Cet algorithme va nous permettre de franchir une nouvelle étape vers l'homogénéisation des traitements et pourra s'appliquer aux thématiques suivantes :
  - **Freeboard :**
    - Un hiver entier a été traité en SAR Adaptive sur les données Cryosat-2 PDGS : la prochaine étape est de faire tourner la chaîne de freeboard pour fournir des premières cartes de freeboard SARA → Soon !
    - En parallèle, on va lancer le traitement d'un hiver entier sur les données Sentinel-3A S3APP pour générer des cartes de freeboard sur cette mission également.
  - **SLA Arctique:**
    - Dans le cadre d'une approche multi-mission, le développement d'un SAR adaptive est primordial et des tests seront réalisés par Pierre P. sur les hivers traités mentionnés ci-dessus.





## Perspectives (2)

- Contrairement au LRM, cet algorithme ne fonctionne pas pour le moment sur océan (biais/dépendance en vagues). Des études sont prévues afin de perfectionner le modèle SAR (cadre CNES/CLS) notamment au niveau de la prise en compte de la vitesse orbitale des vagues. → Il faudra refaire des tests avec l'adaptive SAR !



**Merci pour votre attention !**  
**Des questions ?**

