



Un retracker 2D pour estimer le franc-bord de la banquise

A. Laforge ⁽¹⁾ , S. Fleury ⁽¹⁾ ,
F. Garnier ⁽¹⁾ , S. Dinardo ⁽²⁾ , F. Remy ⁽¹⁾

⁽¹⁾ LEGOS, ⁽²⁾ He Space



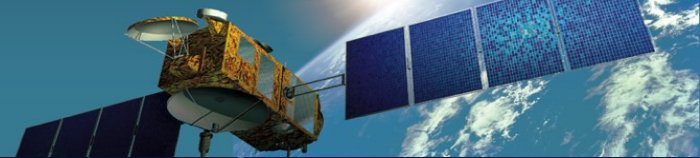
Plan de la présentation



1. Contexte et Méthodologie
2. Sources d'erreur
3. Méthode du Retracker 2D
4. Calcul du franc-bord avec R2D
5. Conclusion



1. Contexte & Méthodologie



- **Estimation de l'épaisseur de la banquise par altimétrie SAR**
 - **CryoSat-2 (2010-)**
 - **Sentinel-3 (2016-)**

Méthodologie



© ESA

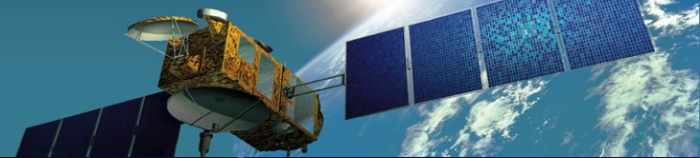


© ESA

- Acquisition SAR

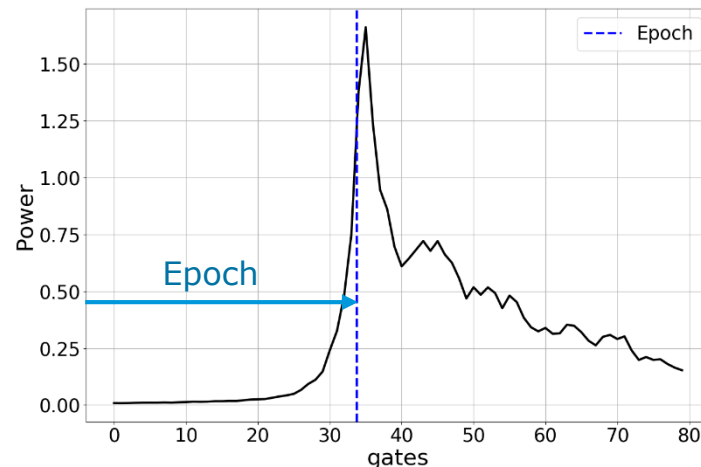


1. Contexte & Méthodologie



- Estimation de la banquise par altimétrie SAR
 - CryoSat-2 (2010-)
 - Sentinel-3 (2016-)
- **2 méthodes de retracking**
 - **Empirique: 50% du pic**
 - **Physique : SAMOSA+ (Dinardo et al, 2017)**

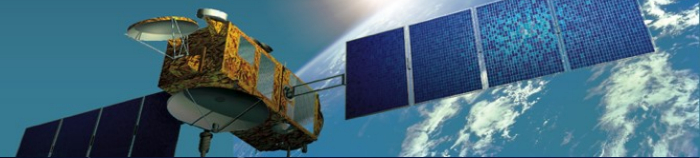
Méthodologie



- Retracking : Récupération de l'horizon principal de rétro-diffusion au nadir

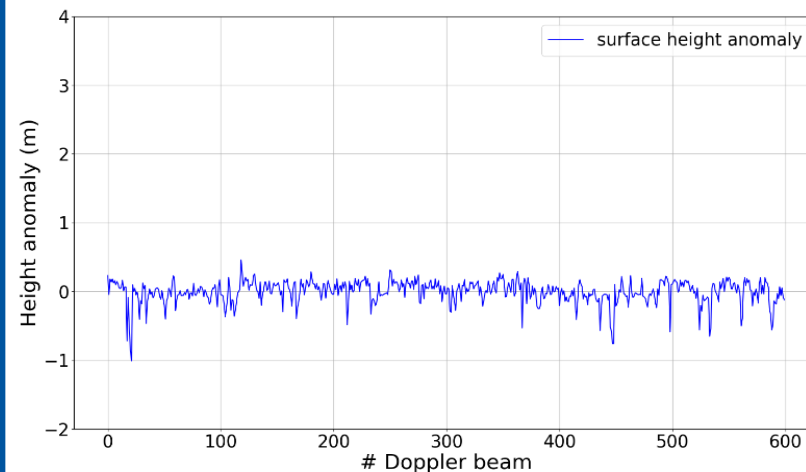


1. Contexte & Méthodologie



- Estimation de la banquise par altimétrie SAR
 - CryoSat-2 (2010-)
 - Sentinel-3 (2016-)
- 2 méthodes de retracking
 - Empirique: 50% du pic
 - Physique : SAMOSA+ (Dinardo et al, 2017)

Méthodologie



- Anomalie de surface par rapport à la hauteur moyenne de l'océan (MSS)

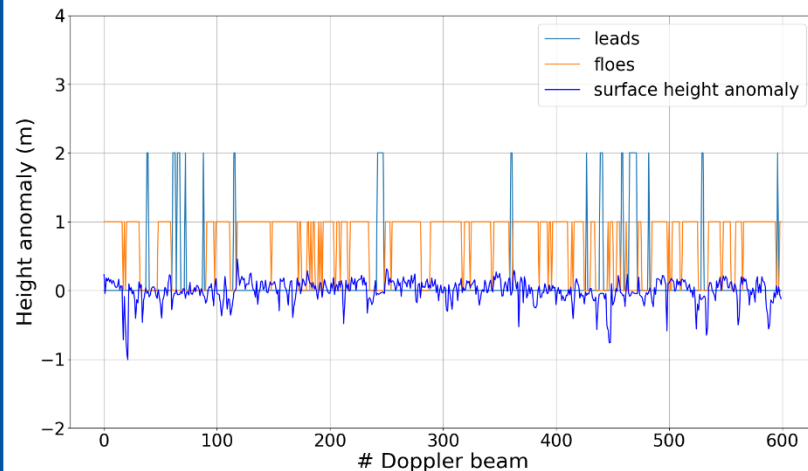


1. Contexte & Méthodologie



- Estimation de la banquise par altimétrie SAR
 - CryoSat-2 (2010-)
 - Sentinel-3 (2016-)
- 2 méthodes de retracking
 - Empirique: 50% du pic
 - Physique : SAMOSA+ (Dinardo et al, 2017)

Méthodologie



- Détection floes / leads

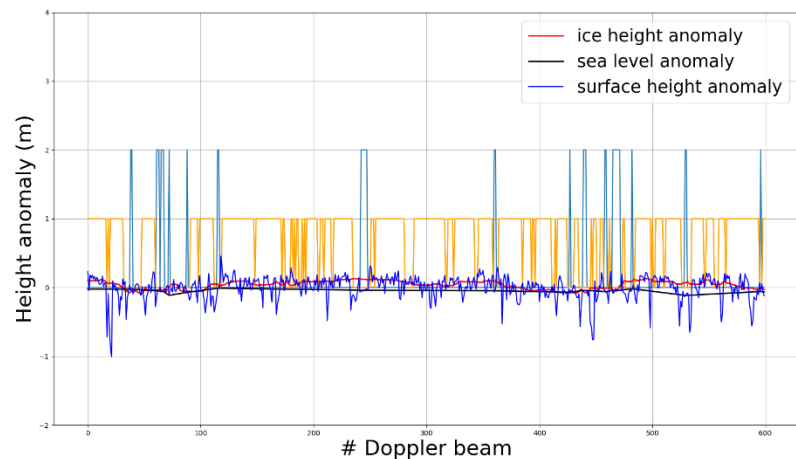


1. Contexte & Méthodologie



- Estimation de la banquise par altimétrie SAR
 - CryoSat-2 (2010-)
 - Sentinel-3 (2016-)
- 2 méthodes de retracking
 - Empirique: 50% du pic
 - Physique : SAMOSA+ (Dinardo et al, 2017)

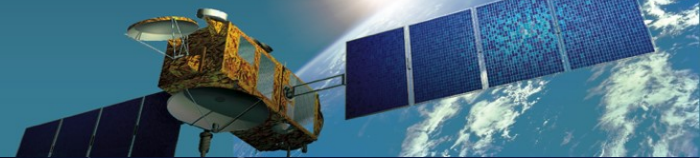
Méthodologie



- Interpolation médiane sur les floes (Ice height)
- Interpolation linéaire entre les leads (Sea level)

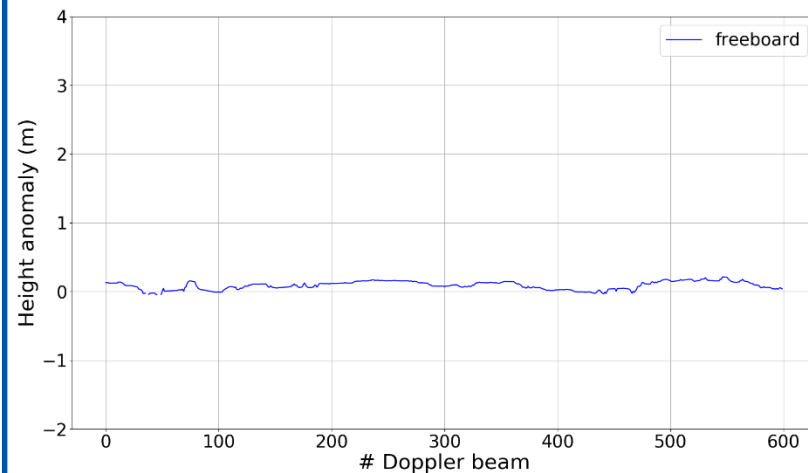


1. Contexte & Méthodologie



- Estimation de la banquise par altimétrie SAR
 - CryoSat-2 (2010-)
 - Sentinel-3 (2016-)
- 2 méthodes de retracking
 - Empirique: 50% du pic
 - Physique : SAMOSA+ (Dinardo et al, 2017)

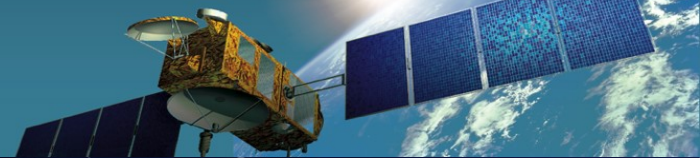
Méthodologie



- Freeboard = Ice height – Sea level

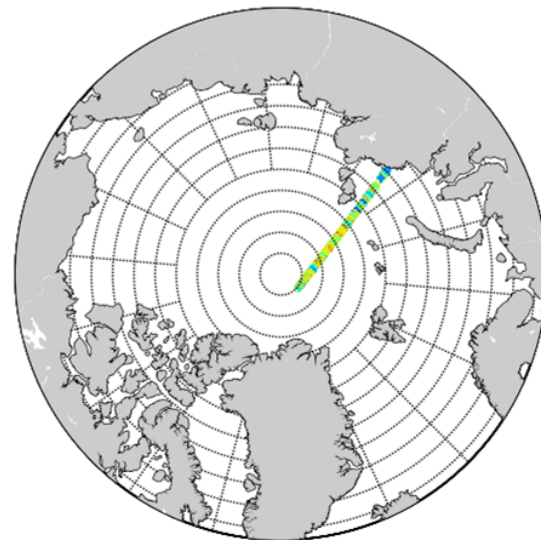


1. Contexte & Méthodologie



- Estimation de la banquise par altimétrie SAR
 - CryoSat-2 (2010-)
 - Sentinel-3 (2016-)
- 2 méthodes de retracking
 - Empirique: 50% du pic
 - Physique : SAMOSA+ (Dinardo et al, 2017)

Méthodologie



(c) LEGOS/CTOH

- Along-track freeboard

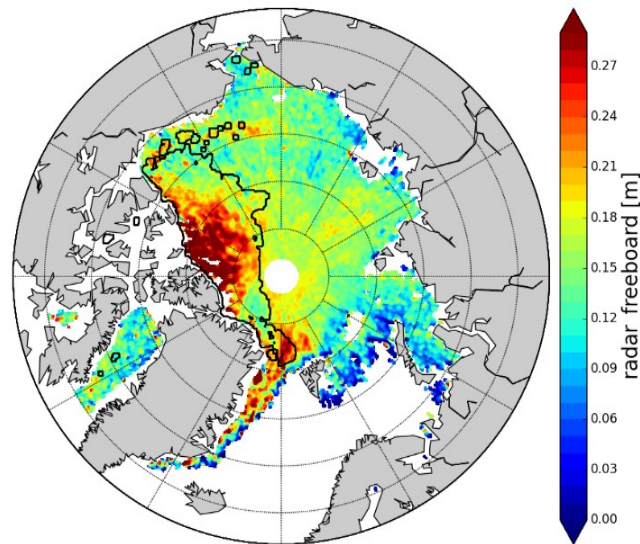


1. Contexte & Méthodologie



- Estimation de la banquise par altimétrie SAR
 - CryoSat-2 (2010-)
 - Sentinel-3 (2016-)
- 2 méthodes de retracking
 - Empirique: 50% du pic
 - Physique : SAMOSA+ (Dinardo et al, 2017)

Méthodologie



- Grillage du freeboard

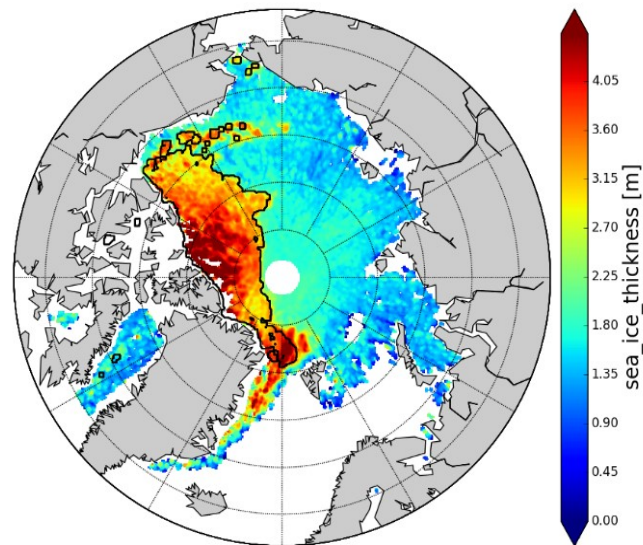


1. Contexte & Méthodologie



- Estimation de la banquise par altimétrie SAR
 - CryoSat-2 (2010-)
 - Sentinel-3 (2016-)
- 2 méthodes de retracking
 - Empirique: 50% du pic
 - Physique : SAMOSA+ (Dinardo et al, 2017)

Méthodologie



- Conversion en épaisseur de glace



Plan de la présentation



1. Contexte et Méthodologie
- 2. Sources d'erreur**
3. Méthode du Retracker 2D
4. Calcul du franc-bord avec le R2D
5. Conclusion



2. Sources d'erreurs



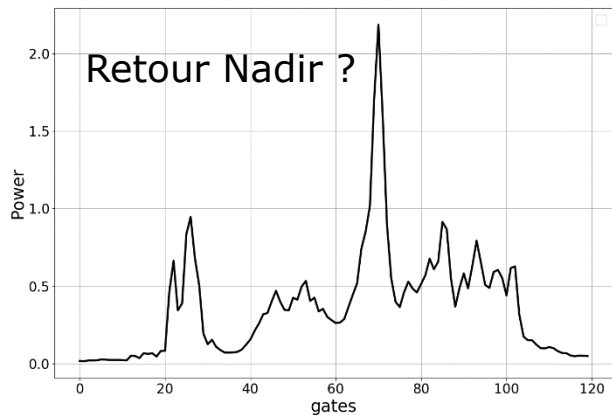
- Epaisseur de neige
 - Climatologie (Warren et al, 1999) -> caduc
 - Produit bi-fréquence (Guerreiro et al, 2017) -> mieux mais limité < 81.5N
(2013 – 2019)
 - Mission ka-ku CRISTAL ?
- Pénétration dans la neige : Horizon principal de rétro-diffusion Ku?
 - Hypothèse : interface neige/glace (Beaven, 1995)-> difficile à estimer (améliorer l'erreur associée)
- Erreur de retracking
 - Rugosité -> Retracker physique (SAMOSA+)
 - FO d'onde complexes: Off-nadir / Side-lobe -> Retracker 2D



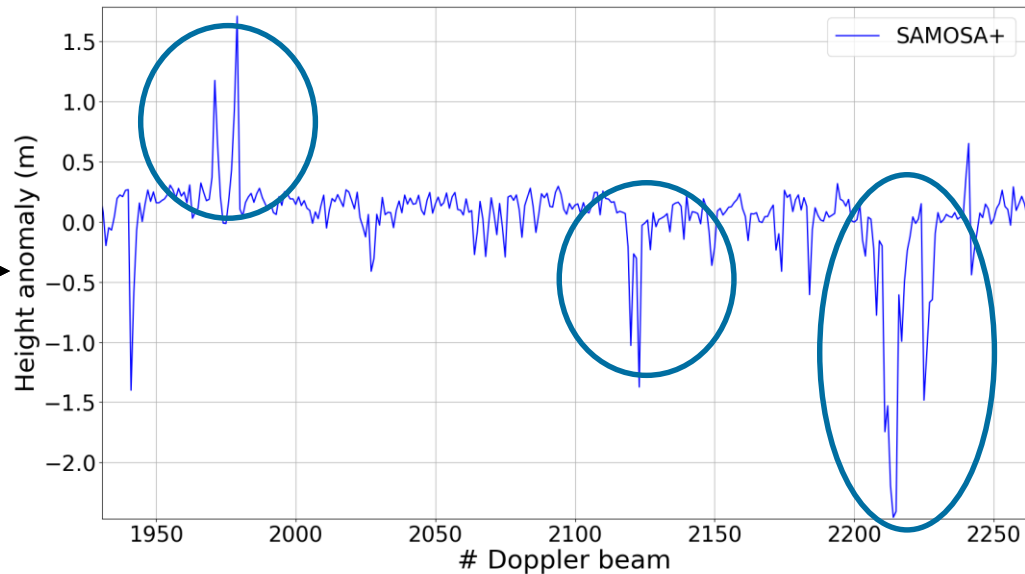
2. Sources d'erreur : FO multi-pic



Erreur de retracking sur formes d'onde multi-pic



Retracking



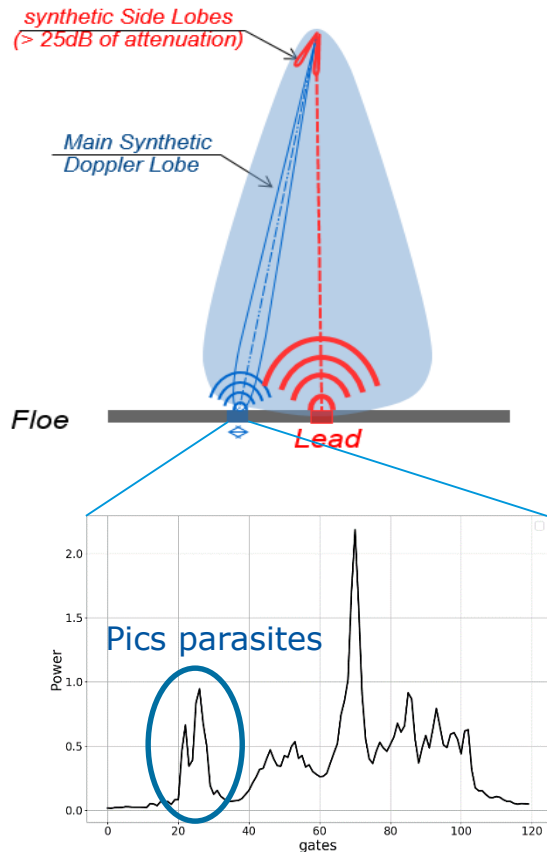
Origine des FO complexes ?
Solutions existantes?



2. Sources d'erreur : FO multi-pic

Effet side-lobe

- Spécifique au mode SAR
- Signal parasite issue des lobes secondaires des antennes synthétiques
- Produit un pic devant le nadir sur FO





2. Source d'erreur : FO multi-pic

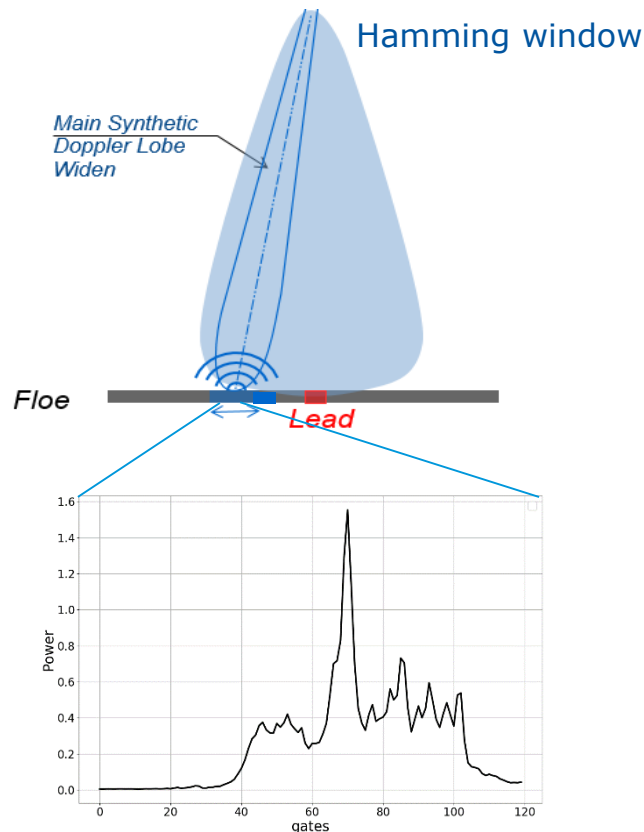


Effet side-lobe

- Spécifique au mode SAR
- Signal parasite issue des lobes secondaires des antennes synthétiques
- Produit un pic devant le nadir sur FO

Solution: Hamming window

- ✓ Déforme le signal et peut créer un biais avec retracker empirique
- ✓ Fonctionne bien avec SAMOSA+





2. Sources d'erreur : FO multi-pic

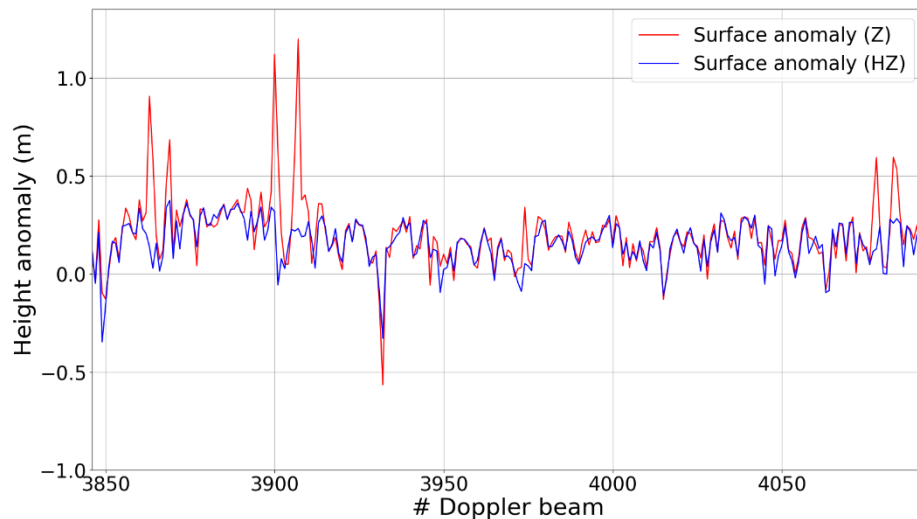


Effet side-lobe

- Spécifique au mode SAR
- Signal parasite issue des lobes secondaires des antennes synthétique
- Produit un pic devant le nadir sur FO

Solution: Hamming window OK

- ✓ Déforme le signal et peut créer un biais avec retracker empirique
- ✓ Fonctionne bien avec SAMOSA+





2. Source d'erreur : FO multi-pic

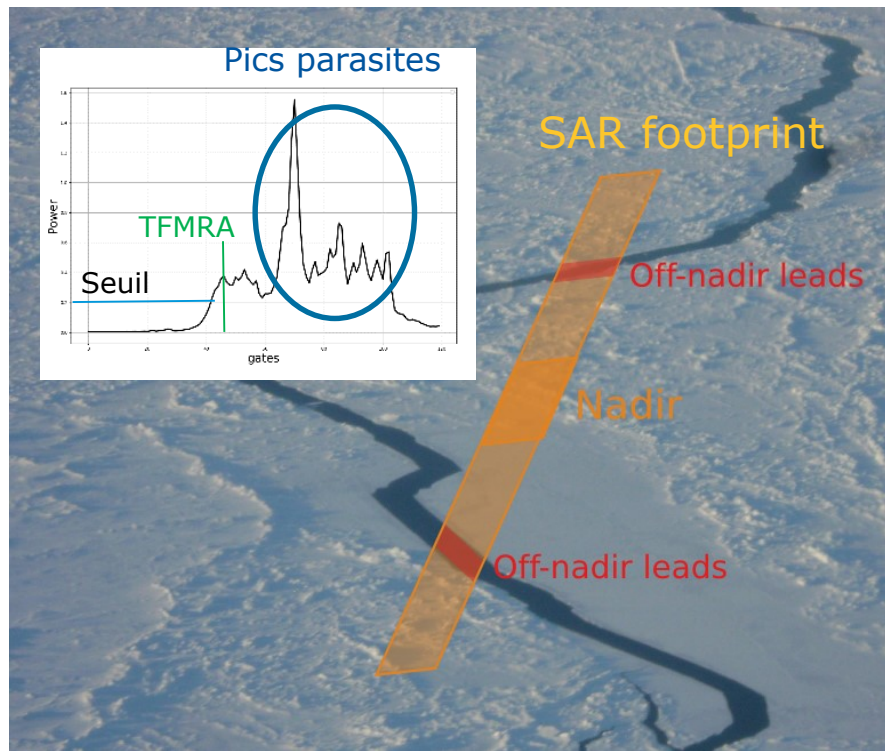


Effet off-nadir

- Réflecteurs puissants (lead) positionnés off-nadir de la trace au sol
- Produit des pics parasites derrière pic nadir

Solution : TFMRA (Threshold First Maximum Retracker Algorithm) (Helm, 2014)

- ✓ Ne fonctionne qu'avec Hamming
- ✓ Quel seuil prendre ?
- ✓ Peut faire des erreurs





Plan de la présentation



1. Contexte et Méthodologie
2. Sources d'erreur
- 3. Méthode du Retracker 2D**
4. Calcul du freeboard avec le R2D
5. Conclusion



3. Méthode



Observation: La banquise est plate ($\sim 1\text{m}$ d'amplitude)

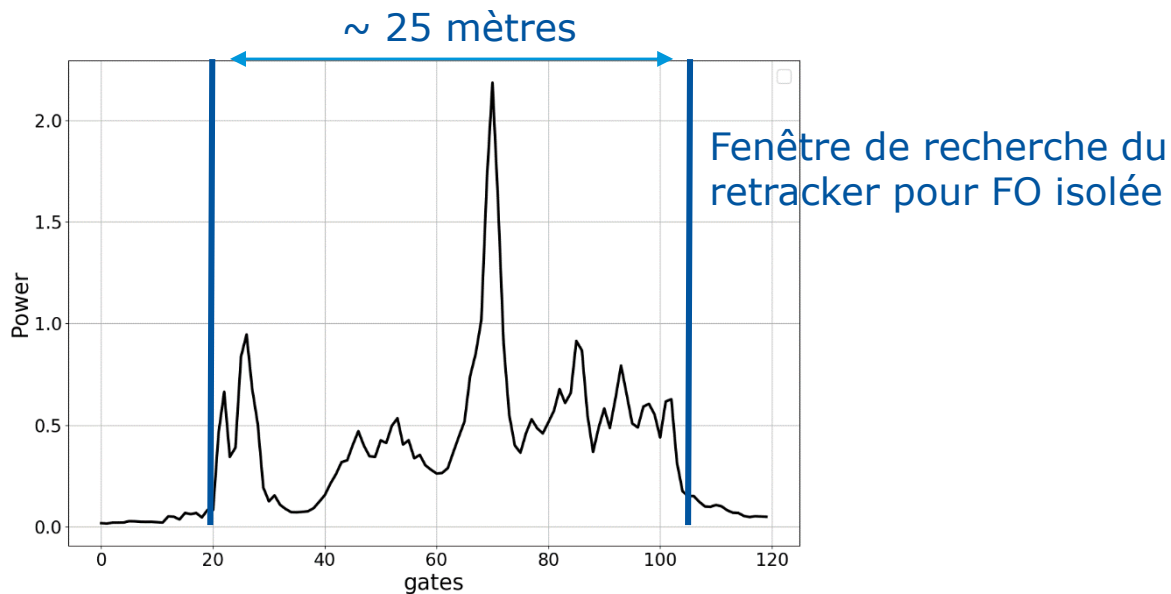




3. Méthode: Objectif

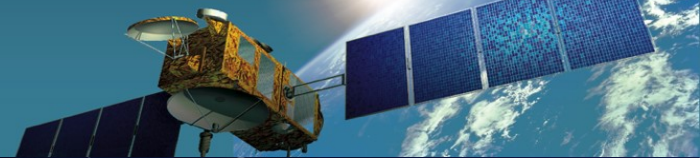


Objectif: Réduire la zone de recherche du pic nadir en utilisant la faible topographie de la banquise ($\sim 1\text{m}$)

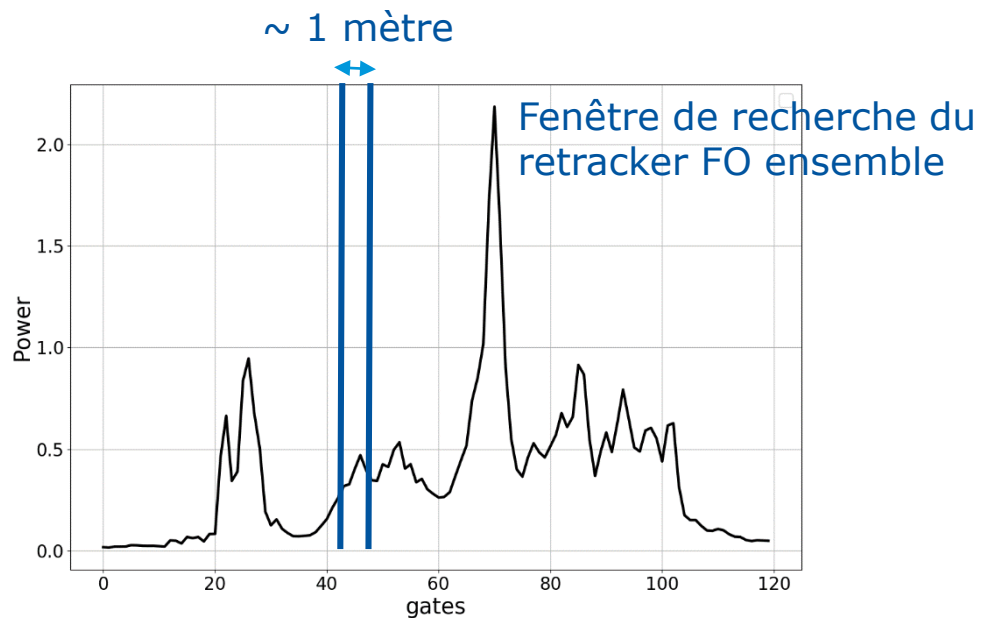




3. Méthode: Objectif



Objectif: Réduire la zone de recherche du pic nadir en utilisant la faible topographie de la banquise ($\sim 1\text{m}$)



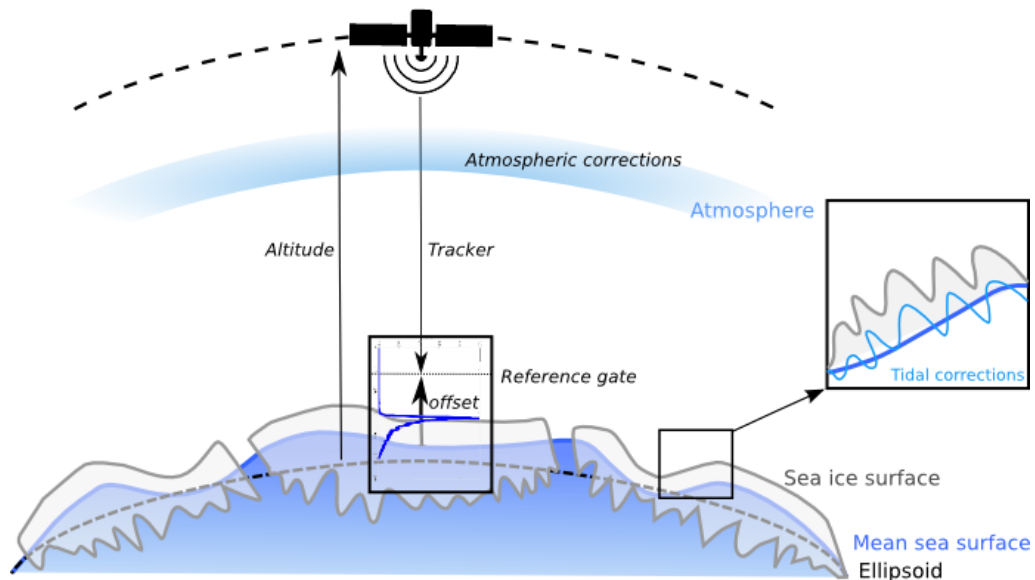


3. Méthode



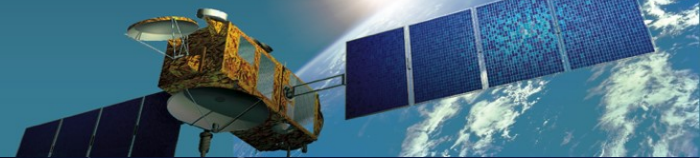
Méthode: Aligner les FO pour détecter la ligne de surface

$$\text{Offset} = \text{altitude} - \text{tracker} - \text{atm_corr} - \text{tidal_corr} - \text{MSS}$$



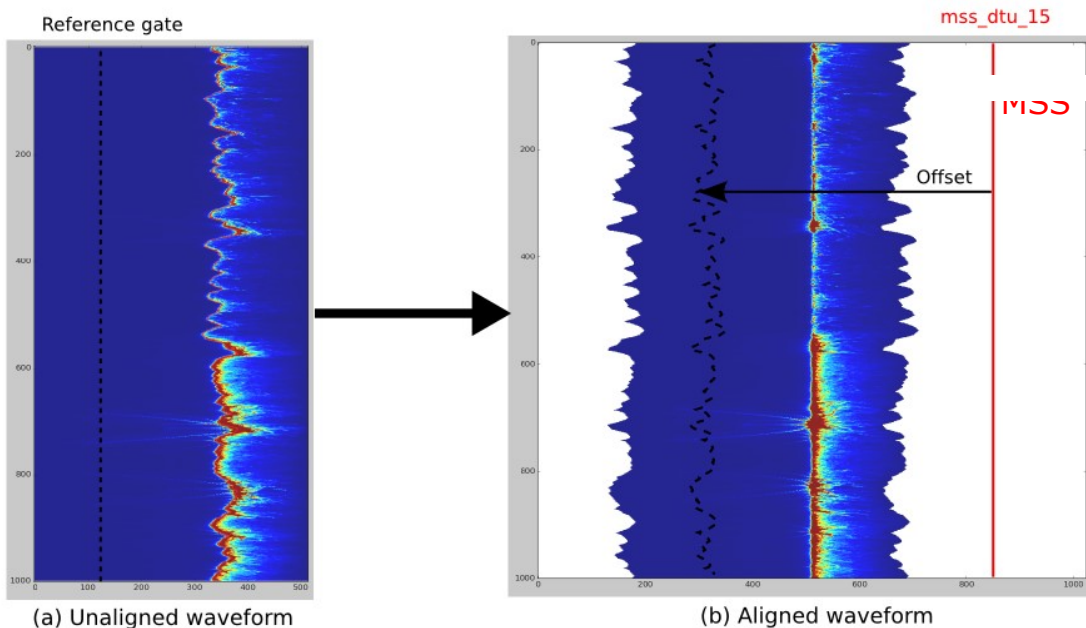


3. Méthode: algorithme (1/3)



Méthode: 1/ Aligner les FO pour détecter la ligne de surface

$$\text{Offset} = \text{altitude} - \text{tracker} - GR * GW - \text{atm_corr} - \text{tidal_corr} - \text{MSS}$$





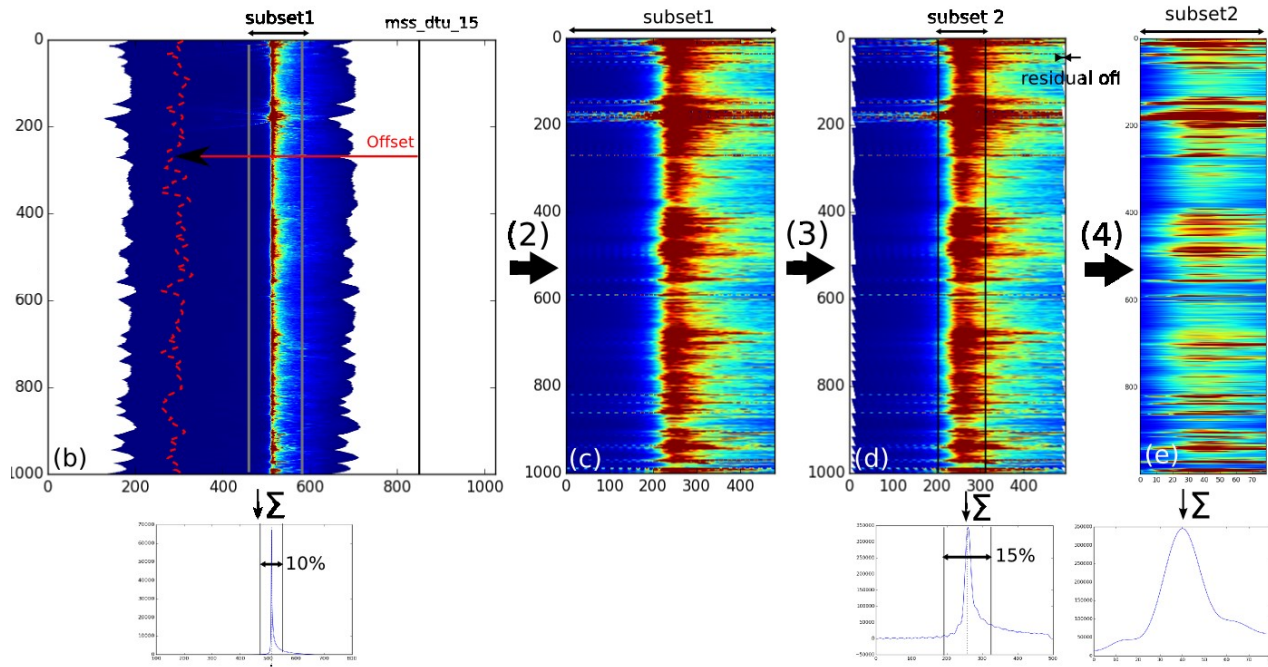
3. Méthode: algorithme (2/3)



Méthode: 2/ Zoom (10%)

3/ Sur échantillonnage (down-scaling) et application résidu offset (en #gates*10)

4/ Zoom (15%)





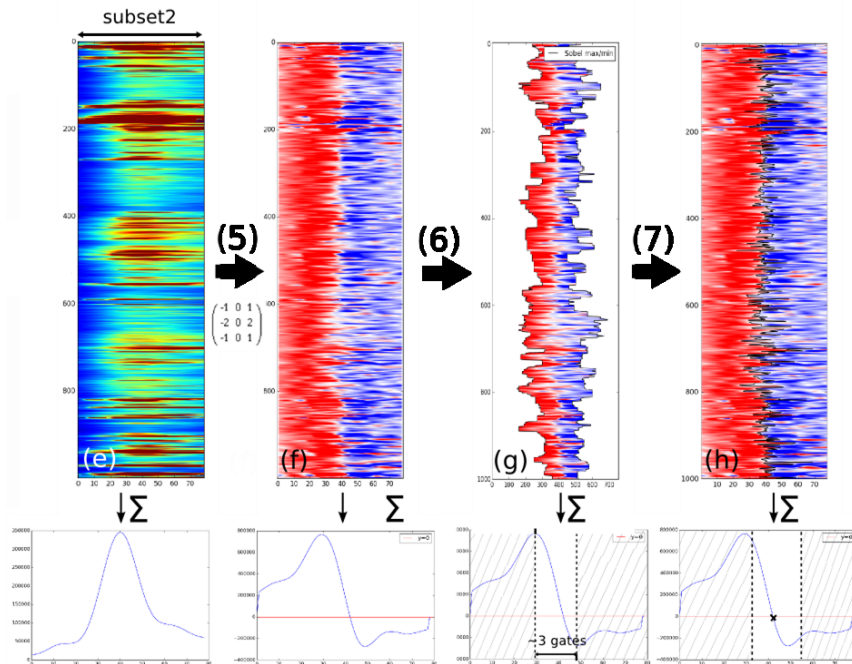
3. Méthode: algorithme (2/3)



Méthode: 5/ Application de détecteur de lignes verticales (Sobel)

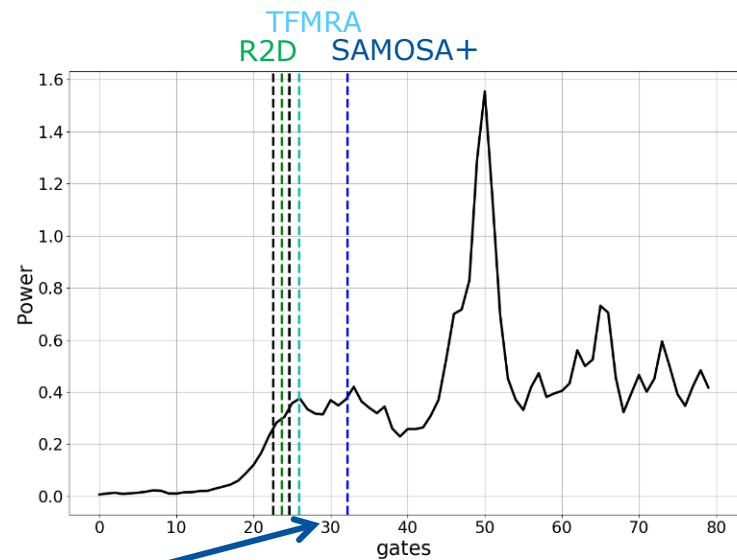
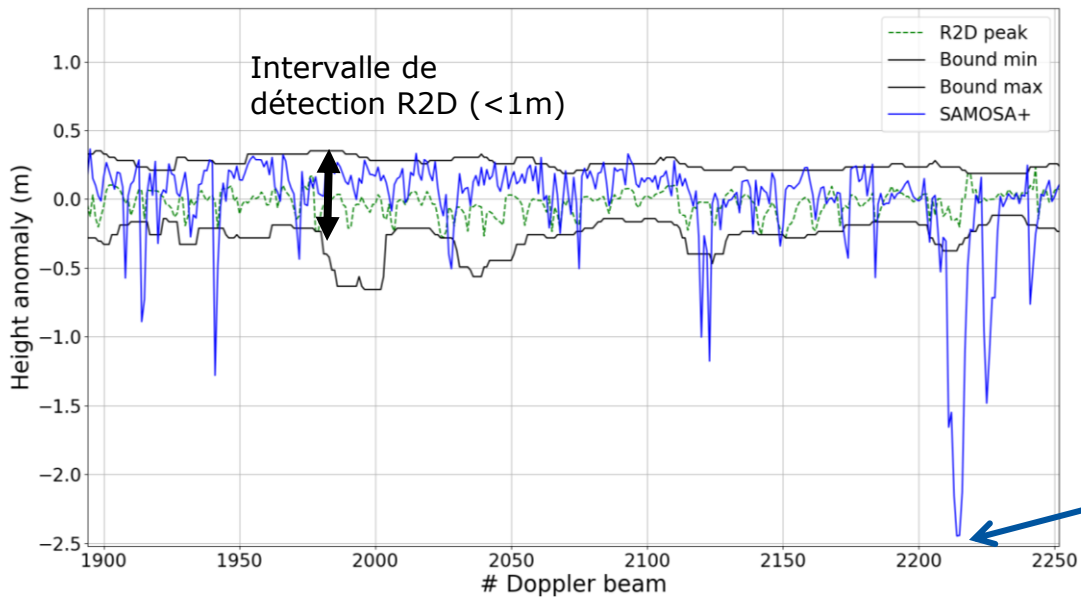
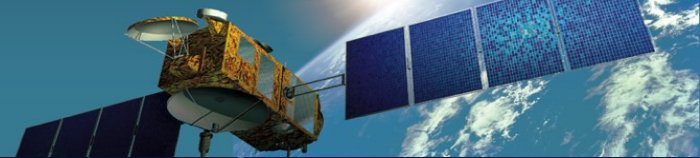
6/ Isolation du pic central

7/ Détection du nic (Sobel = 0)





Méthode: Résultats





Plan de la présentation



1. Contexte et Méthodologie
2. Source d'erreur
3. Méthode du Retracker 2D
- 4. Calcul du franc-bord avec le R2D**
5. Conclusion



4. Calcul du freeboard

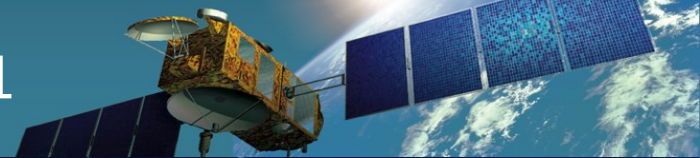


3 options pour calculer une anomalie de hauteur :

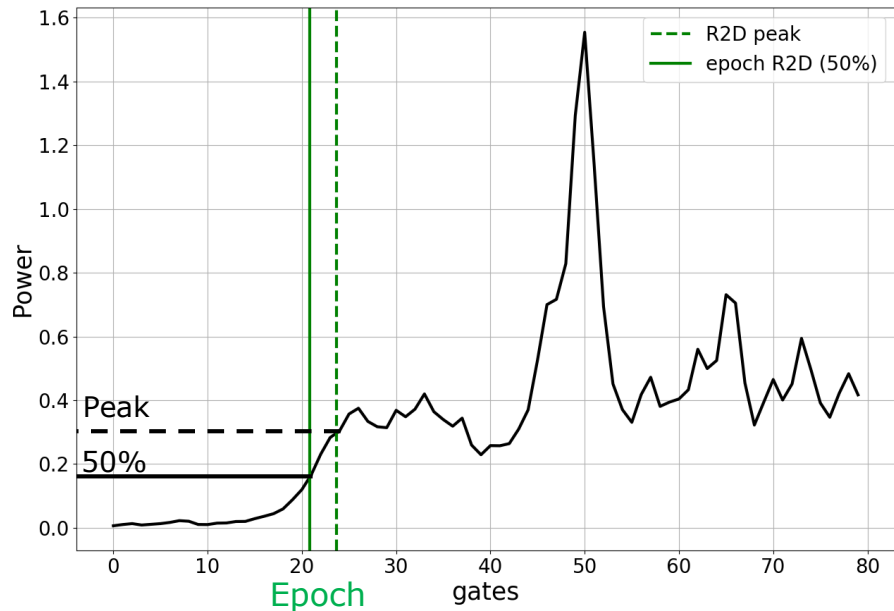
- Retracking empirique à 50% du pic
- Filtrage a posteriori des erreurs (off-nadir) de SAMOSA+ (ou autre retracker)
- Contraindre l'intervalle de recherche de SAMOSA+ (ou autre retracker)



4.1 Calcul du freeboard: Option 1

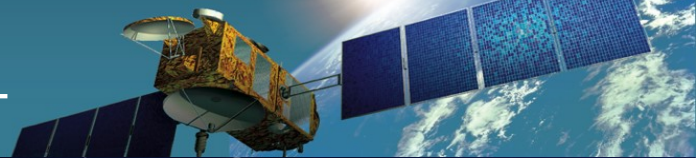


OPTION 1: Retracker à 50% du pic

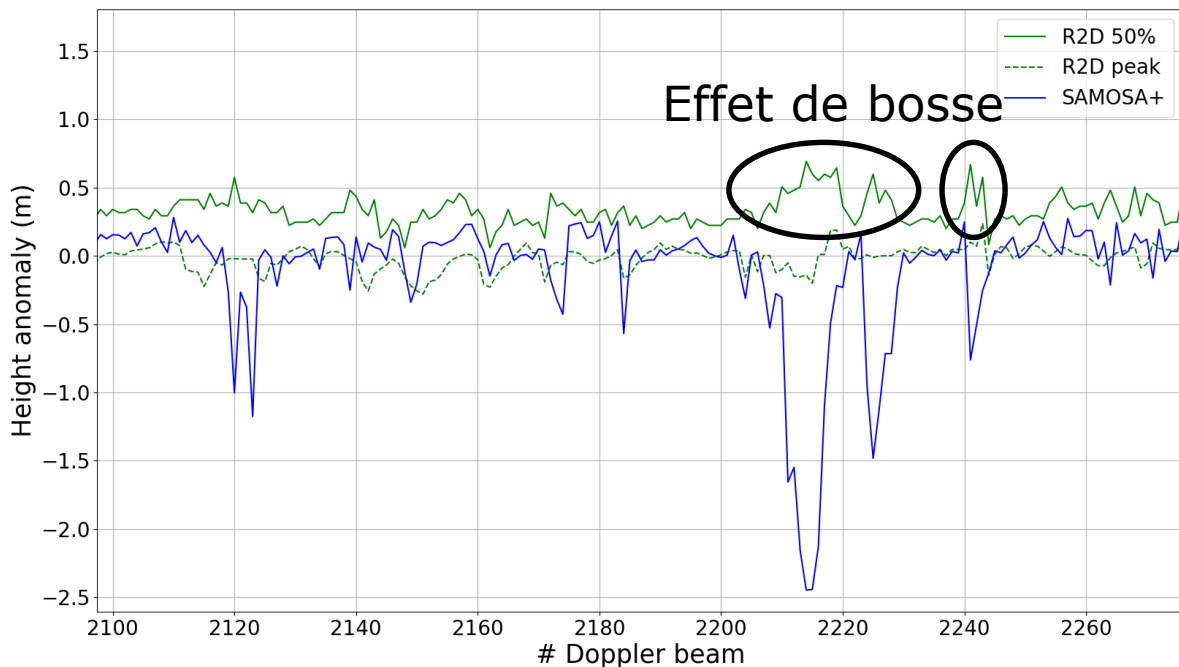




4.1 Calcul du freeboard: Option 1



OPTION 1: Retracker à 50% du pic

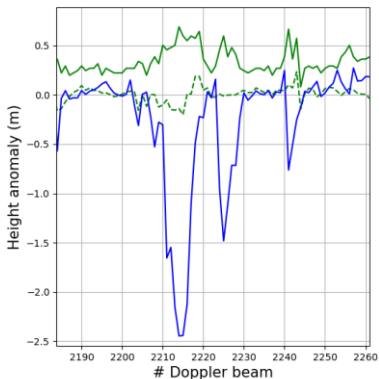




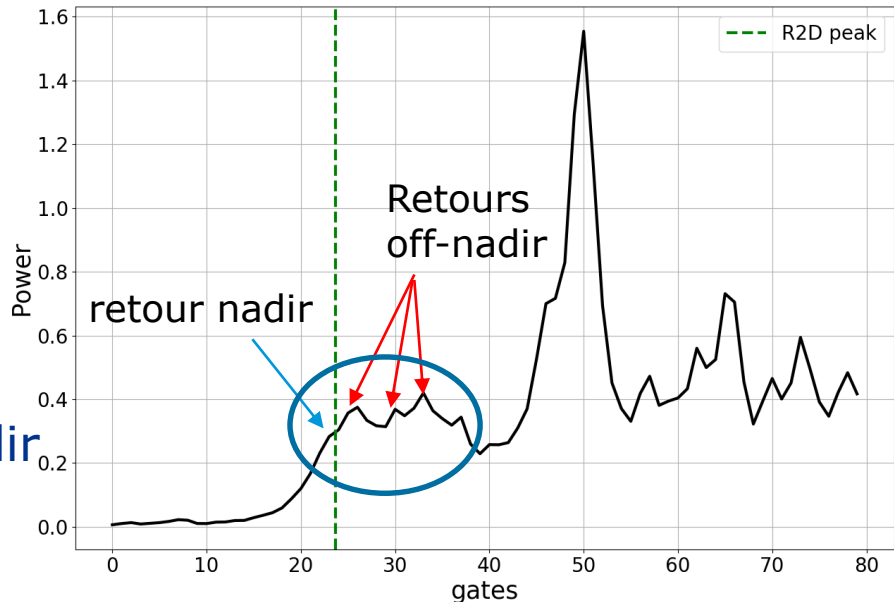
4.1 Calcul du freeboard: Option 1



OPTION 1: Retracker à 50% du pic



Front de monté nadir est noyé dans les retours off-nadir

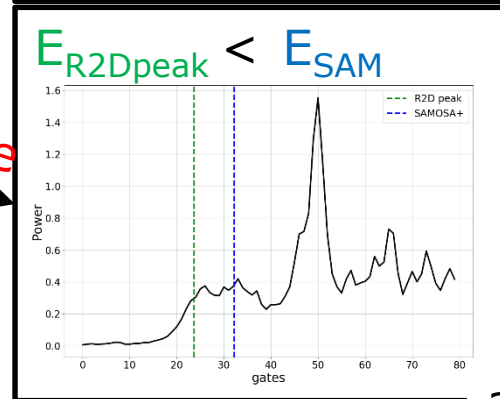
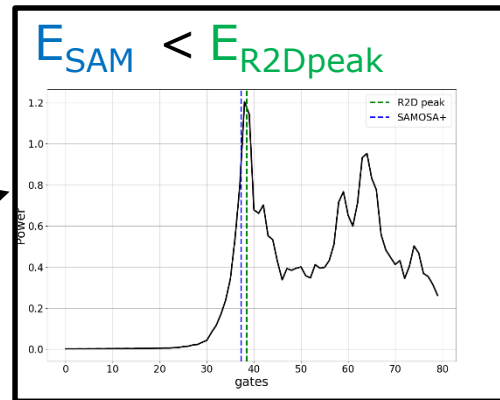
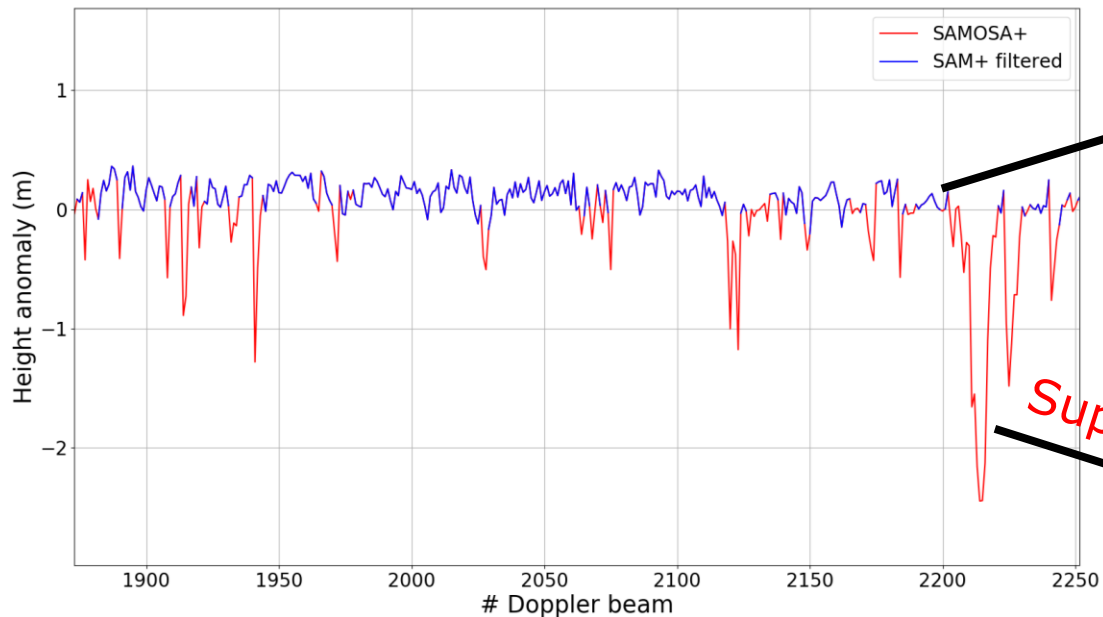




4.1 Calcul du freeboard: Option 2



OPTION 2: Filtrage des erreurs SAMOSA+



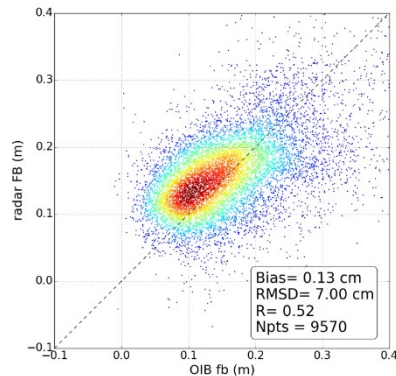


4.2 Calcul du freeboard: Option 2

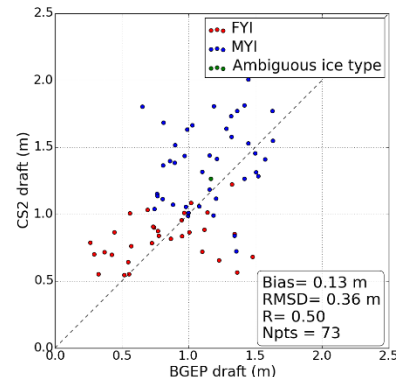
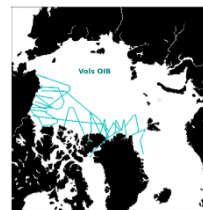


OPTION 2: Filtrage des erreurs SAMOSA+

- Bons résultats vs in-situ
- Produit mis en ligne début juillet
- 15% d'erreur off-nadir éliminées
- Peu de données sur les glaces fractionnées



Mission Nasa aéroporté
Operation IceBridge
(2013, 2014, 2015, 2017)



Beaufort Gyre
Exploration Project
mouillages (2013 -2017)



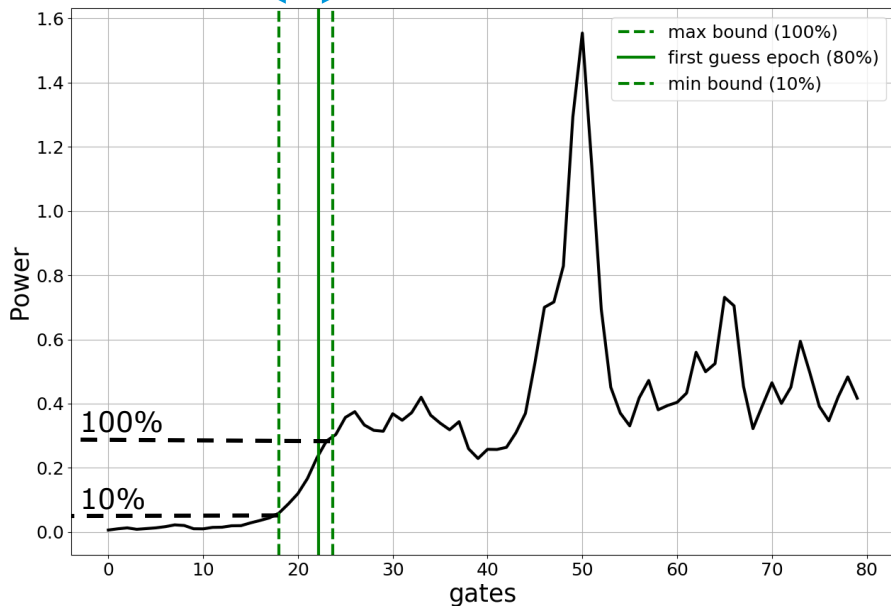


4.3 Calcul du freeboard: Option 3



OPTION 3: Contraindre SAMOSA+ avec par intervalle d'époch possible

Intervalle de valeur
autorisé pour le modèle

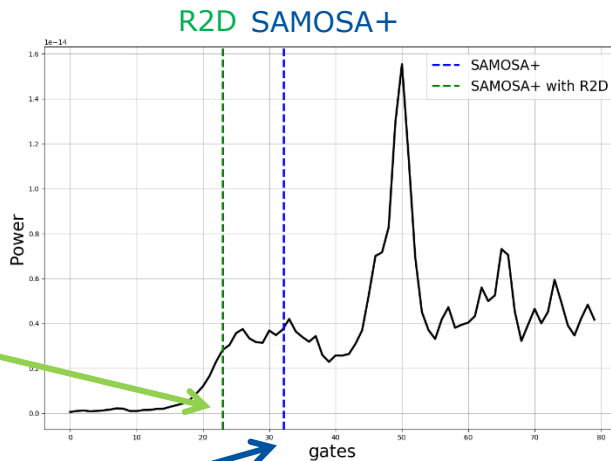
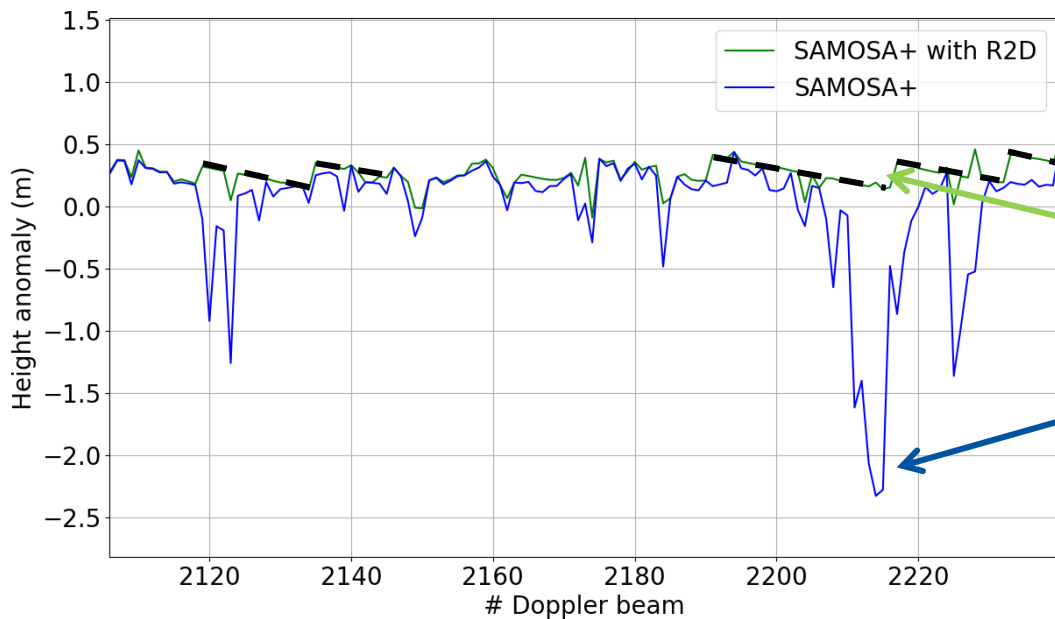




4.3 Calcul du freeboard: Option 3



OPTION 3: Contraindre SAMOSA+





Conclusions



- Algorithme fonctionnel de détection du pic nadir:
 - ✓ aucun seuil empirique
 - ✓ Ne nécessite pas l'application du Hamming
 - ✓ Rapide (traite toute la trace simultanément)
 - ✓ S'améliorera naturellement avec amélioration de la MSS et corrections
- Permet de filtrer les erreurs de SAMOSA+ avec précision (tous les retrackers)
 - ✓ Produit diffusé en juillet
- Travail en cours: permet de guider SAMOSA+ et réduire le taux d'erreur (~15%): A tester sur un cycle entier