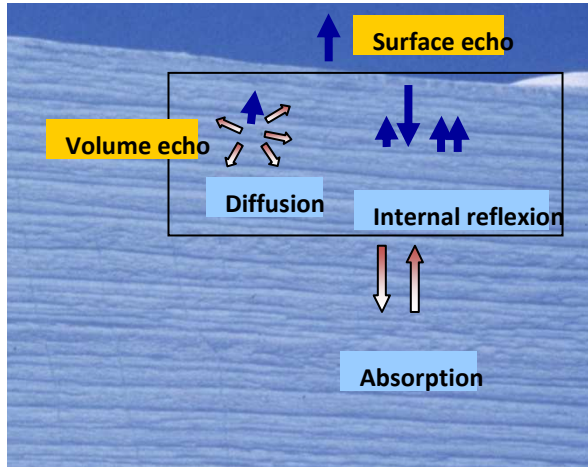


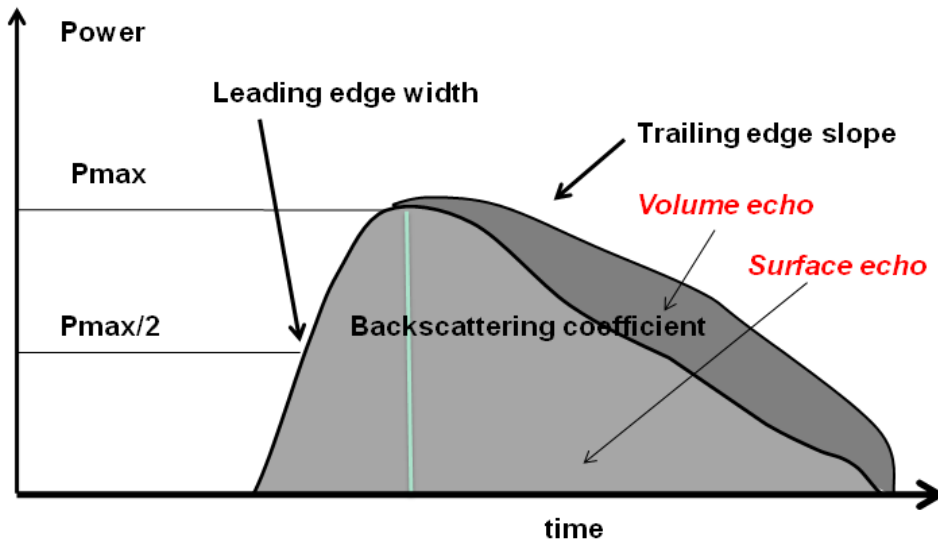
Le traitement de données du Legos et la méthodologie associée
→ De la forme d'onde à la carte

1) de la forme d'onde à la donnée : réflexion sur les problèmes inhérents à l'altimétrie sur les glaces

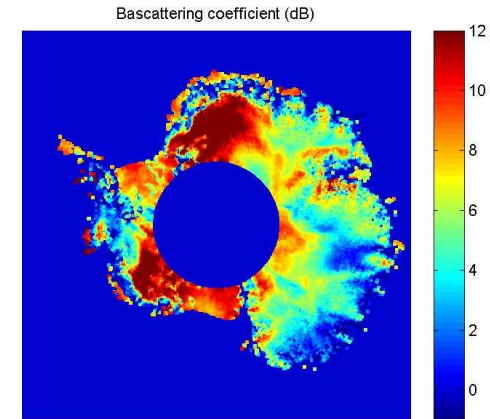
2) de la donnée à la carte : réflexion sur l'échantillonnage spatio temporel et la fusion de données différentes



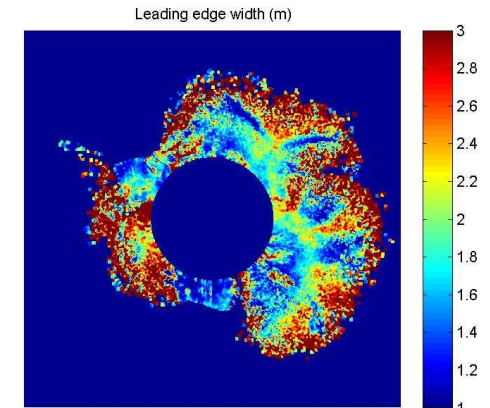
Ice-2 retracker



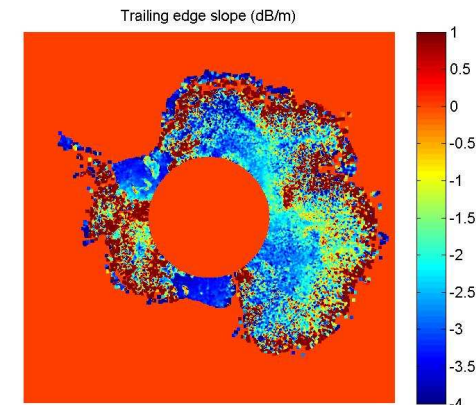
Féménias et al, 1993 → front modélisé par erf
 Legrésy et al, 1997 → ajoute para fo → ice 2



Bs Rédrodifusion (surf + vol)

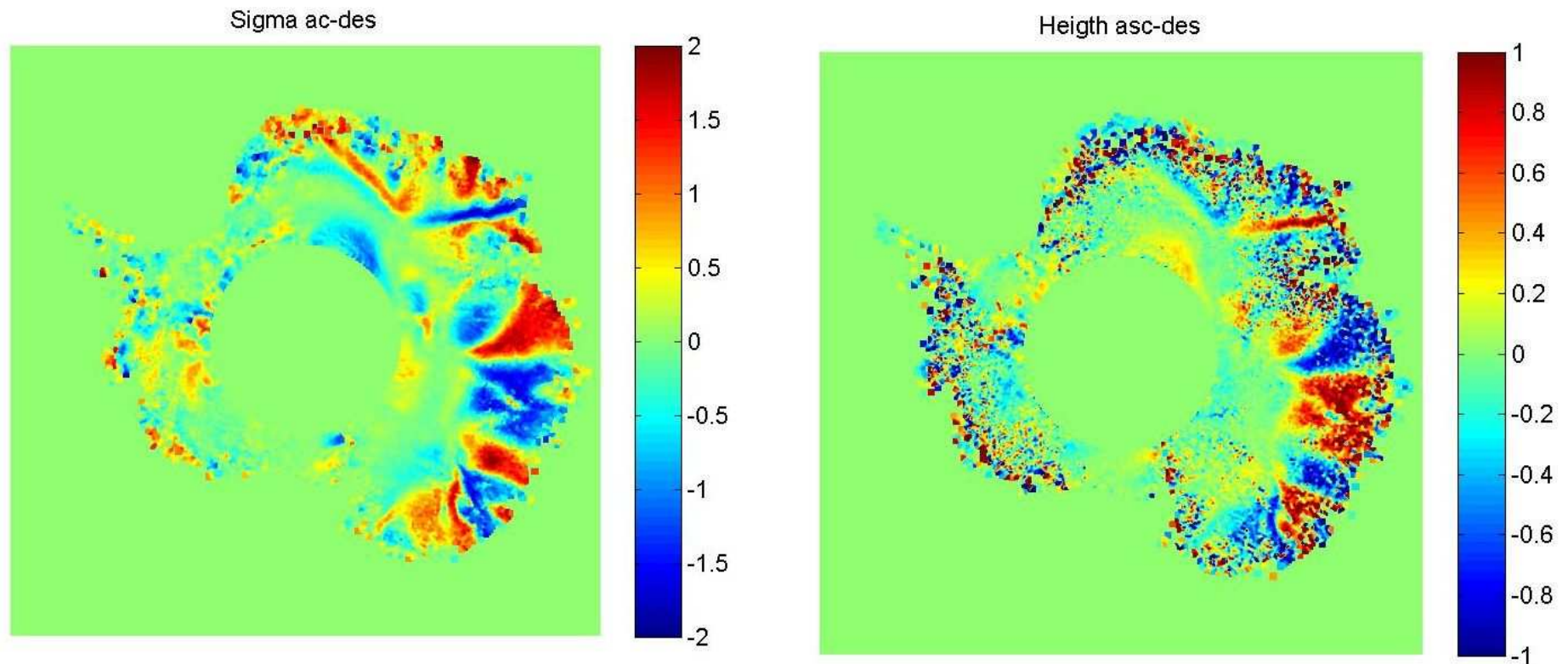


Front de montée (rugosité, volume)

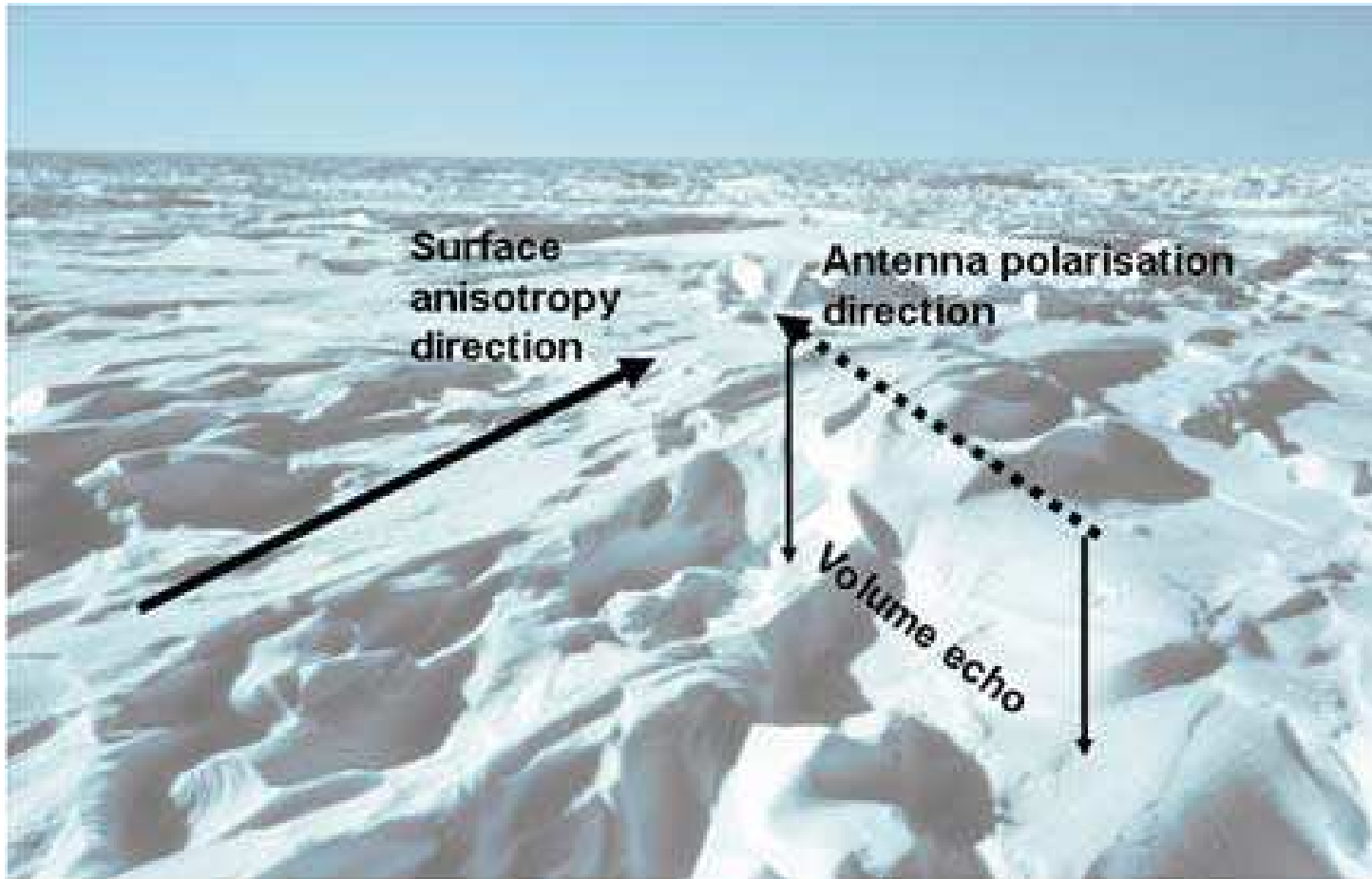


Flanc descendant (ratio surf/vol)

Différence entre les données ascendantes et descendantes



Jusqu'à 2 dB pour Bs, 1 m pour la hauteur
Forte anticorrelation entre les deux
→ Plus ou moins d'écho de volume

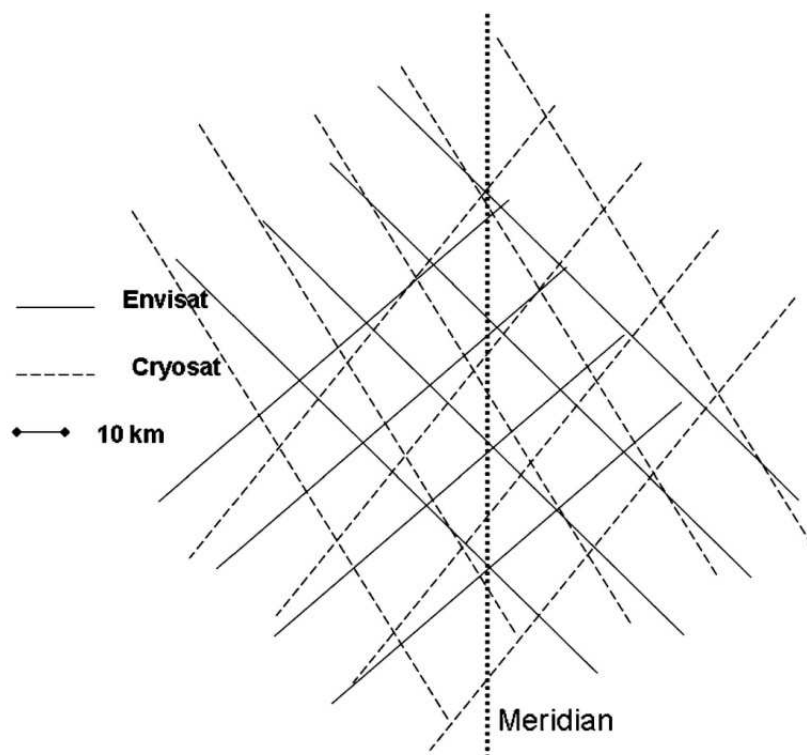


L'écho de volume est modulé par l'angle entre les structures de la surface et la direction de polarisation

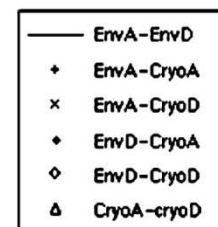
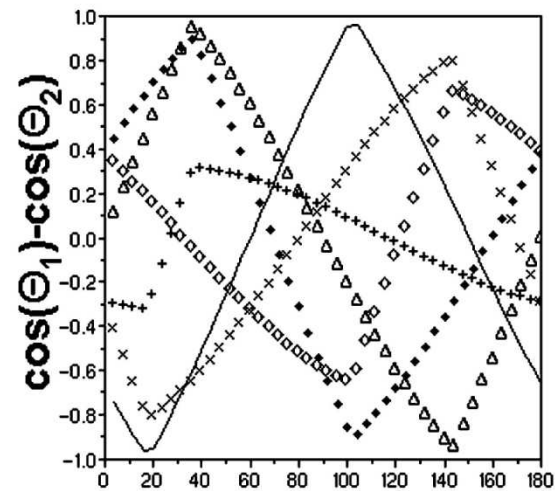
Soit par des effets de pénétration (Legrésy and Remy, 1998)

Soit par une extinction anisotrope (Arthern et al., 2001)

Exemple de pb: comparison cryosat-envisat
(ni la même orbite, ni la même direction de polar)

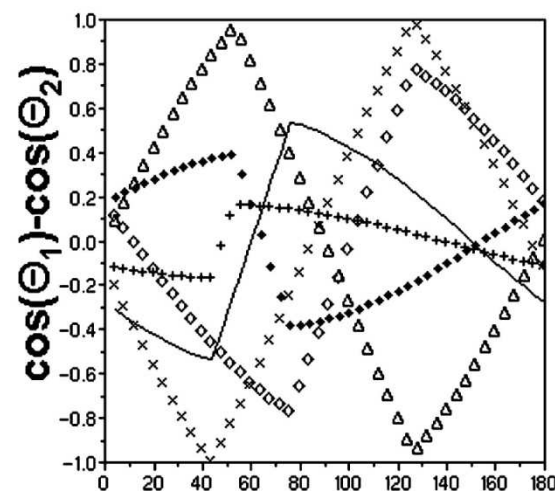


→ Effet sur les pdc cryosat-cryosat ou cryo-envisat est du même ordre de grandeur (within the dB and the m)



a) latitude = 70° S

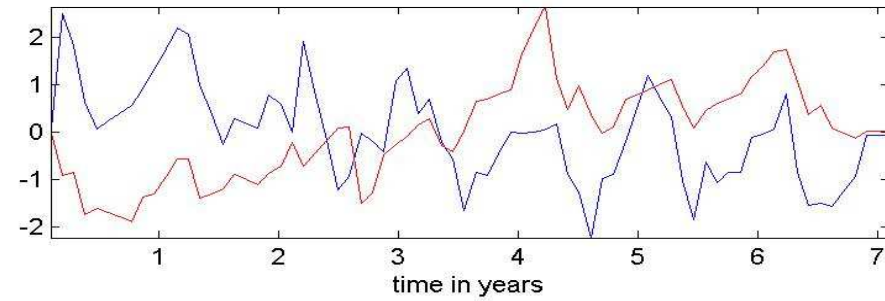
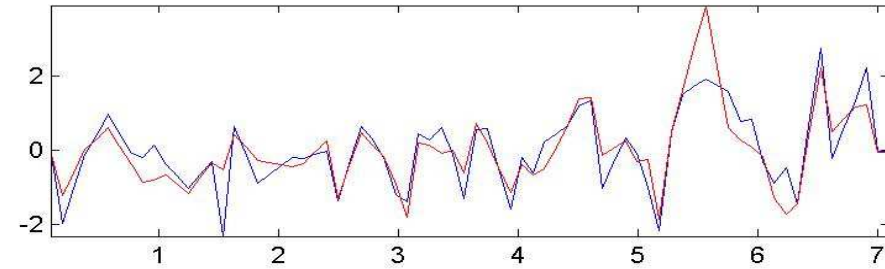
b) latitude = 80° S



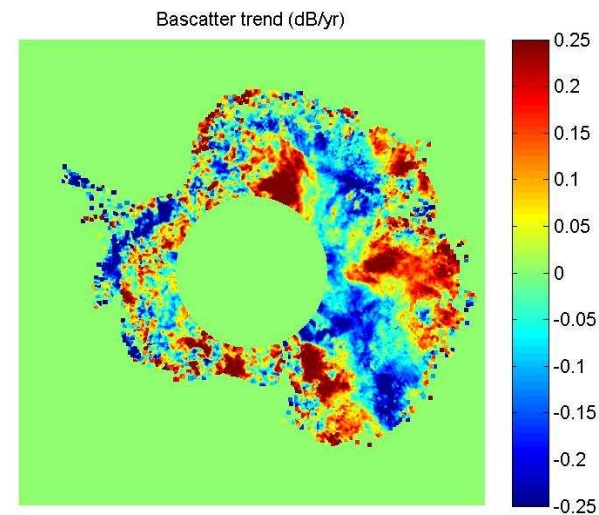
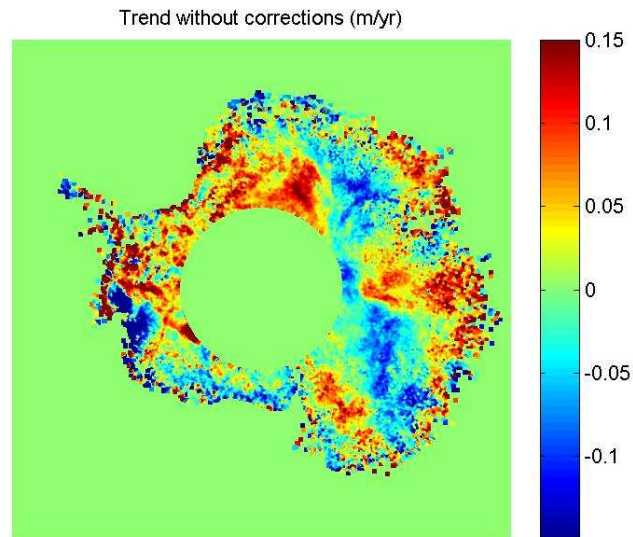
Sastrugi field orientation (°)

Autre effet
La variabilité temporelle de la partie surface

→ correlation entre H and Bs (surf)



H and Bs series for two places



→ Dans la réalité, les deux effets sont mélangés

Présence d'écho de volume

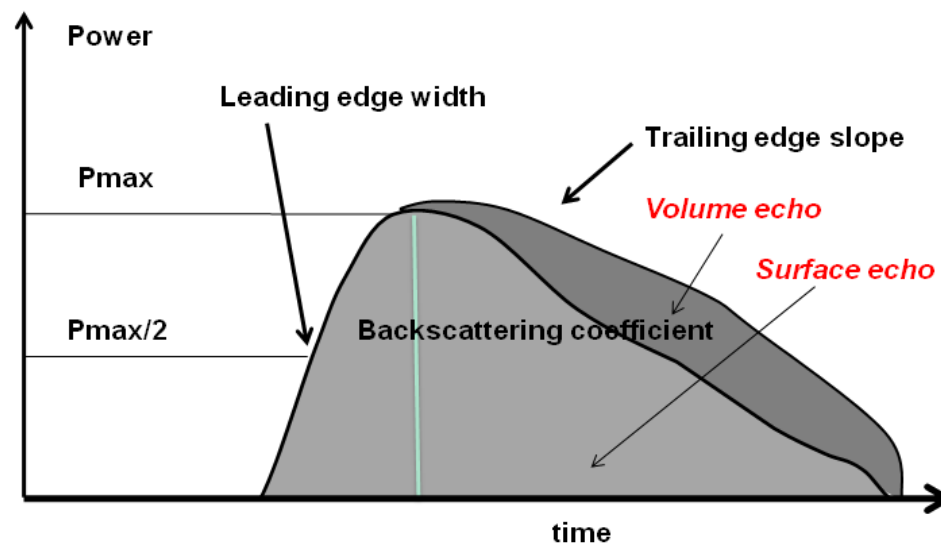
→ Effet au point de croisement violent (> 1m) → limite comparaison d'orbite différente et/ou de polar différente

→ Effet sur l'estimation de la tendance prohibitif

Problème: A quel niveau du front, il faut retracker ?

$$\alpha_{Le} = \delta \alpha \delta Le \text{ or}$$

$$\alpha = \alpha(Le)$$



Ajustement empirique sur les données

- Sur les points de croisement pour réduire la différence

$$dh = a \text{ dBs (cor=0.3)}$$

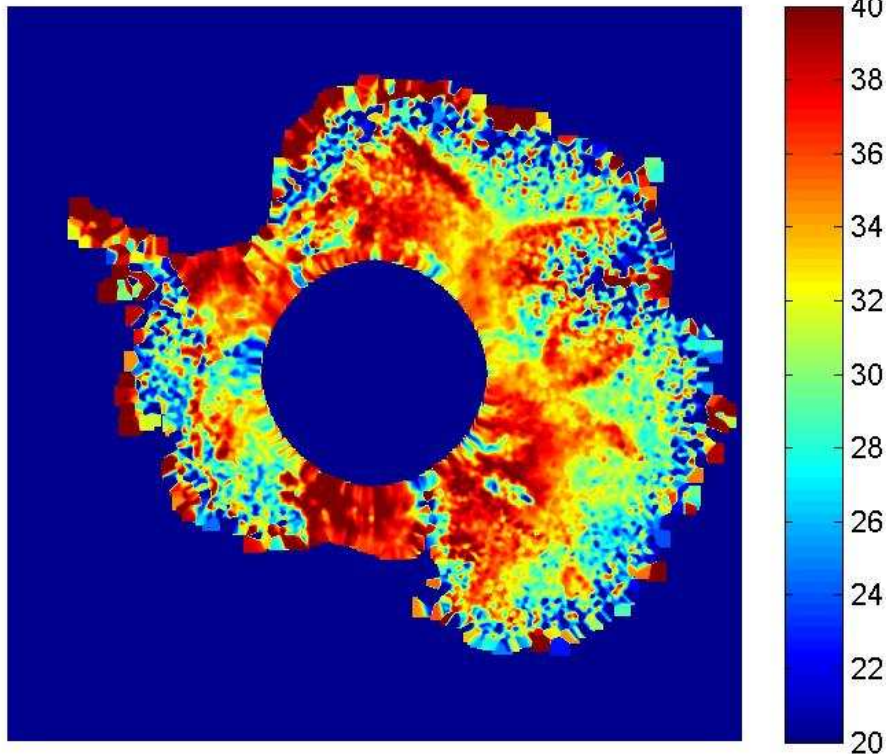
$$dh = a \text{ dBs} + b dLe \text{ (cor=0.7)}$$

$$dh = a \text{ dBs} + b dLe + c Le * dLe + d dTe \text{ (cor=0.76)}$$

$$\rightarrow dh = Le * (Le + Te + Le * Te) \text{ (cor= 0.76)}$$

r.m.s descend de 0.52 m à 0.27 m

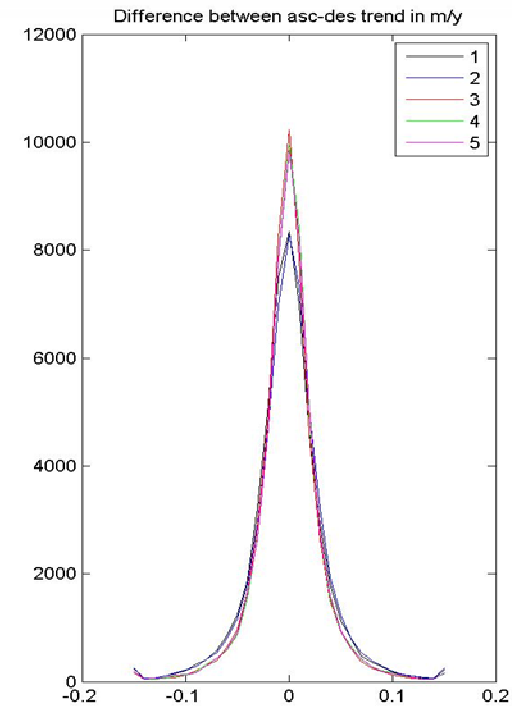
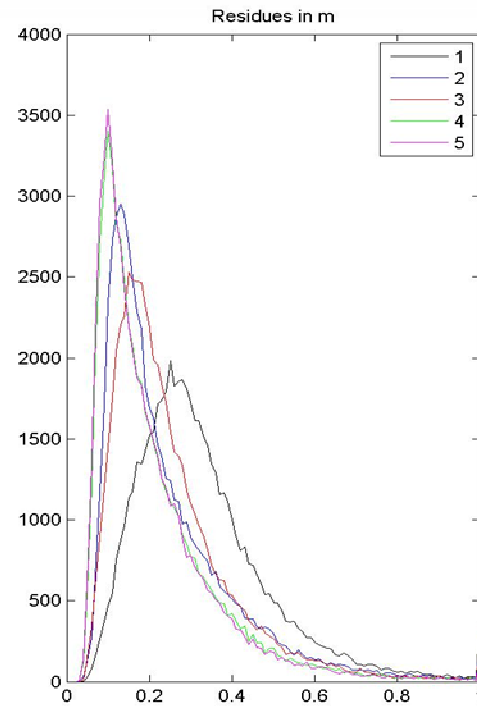
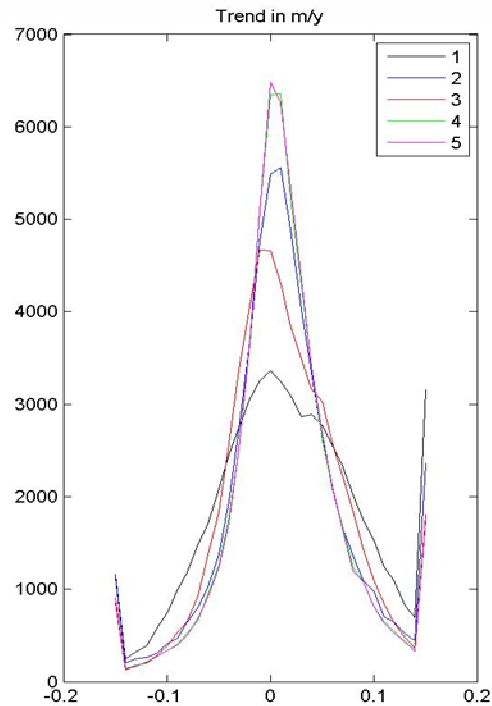
Place of the retracking (in % of the total length)



Ajustement empirique
suggère de retracker à 20 -
40% du front et non 50%

→ 20% si volume

Ajustement empirique sur les données - Sur toutes les séries temporelles

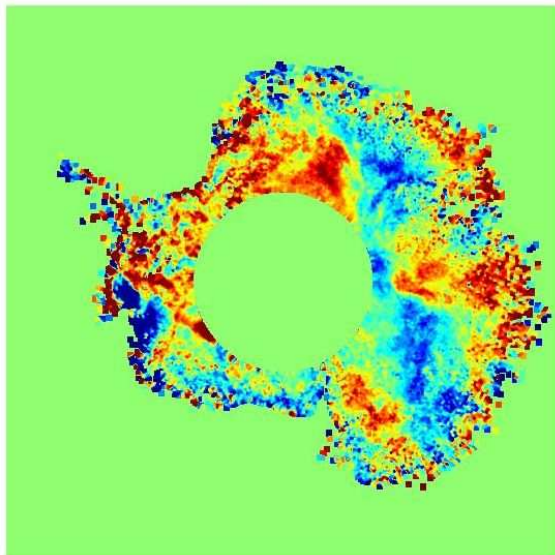


- | | |
|----------------------|-----------|
| 1: sans correction | 4.2 cm/yr |
| 2: $h=f(Bs)$ | 3.7 cm/yr |
| 3: $h=f(Bs, Le)$ | 3.5 cm/yr |
| 4: $h=f(Bs, Le, Te)$ | 3.3 cm/yr |
| 5: $h=xov$ relation | 3.3 cm/yr |

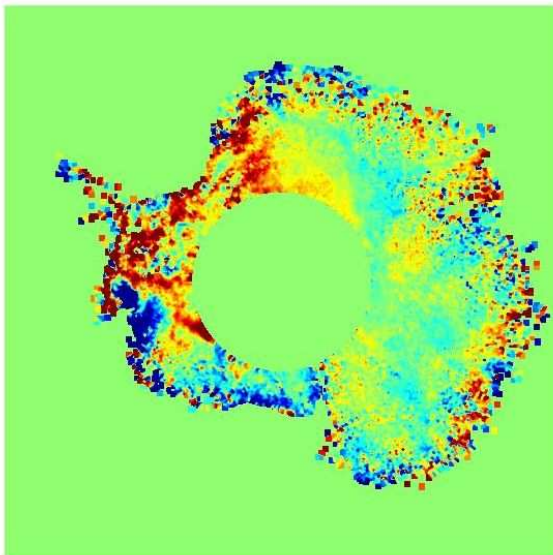
Pour réduire l'erreur en termes de résidus et de tendance temporelle

→ **Les paramètres formes d'onde sont impératifs**

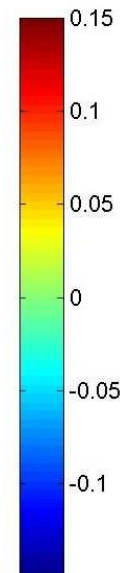
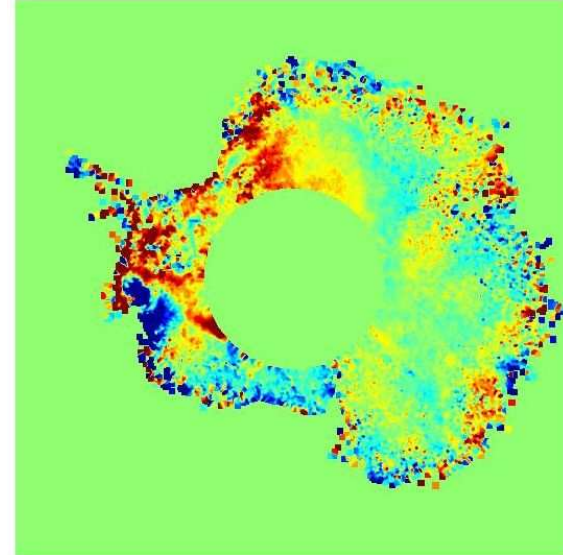
Trend without correction



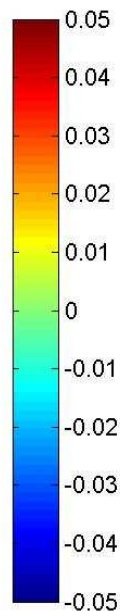
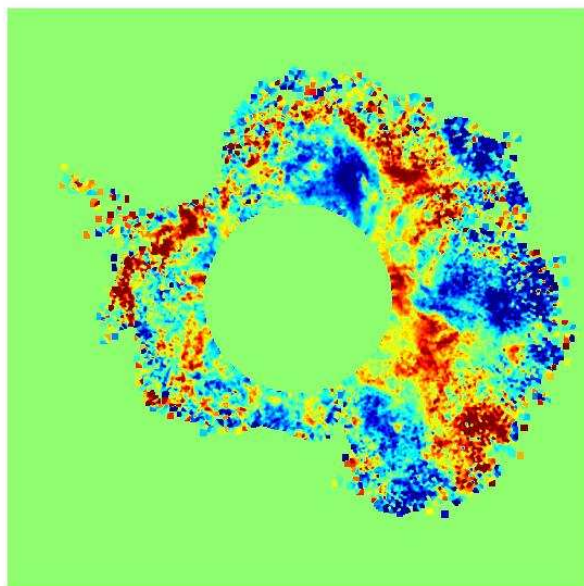
trend with sig correction



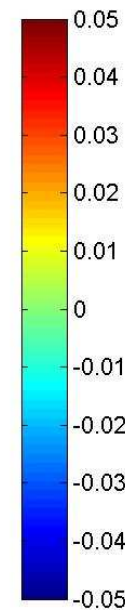
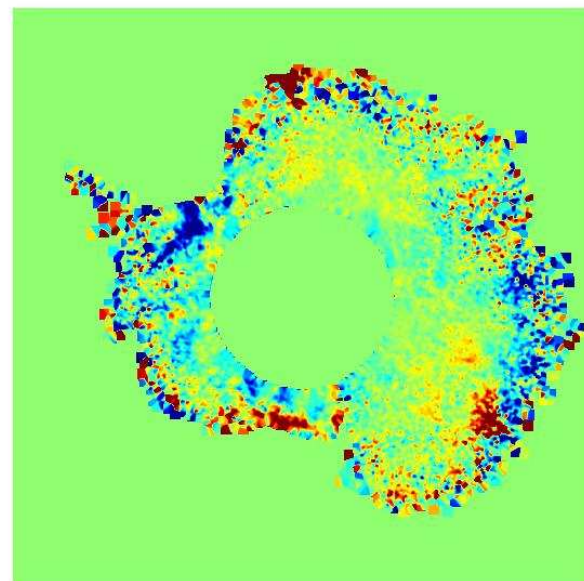
trend with sig and f.o correction



Tendance temporelle en m/an en fc des corrections (pas, simple, avec tous fo)



trend with w.f and Bs minus with only Bs



Conclusion

La pénétration de l'onde dans la neige → 2 problèmes

1- différence au pdc dès que l'orbite, la fréquence, la direction de polarisation sont différentes

→ l'ensemble des paramètres formes d'onde doit être utilisé

→ $hc = h + \alpha Le$

avec $\alpha = a Le + b Te$ → correspond à retraiter à 20 - 40 % du front de montée.

→ résidus à 0.27 cm r.m.s (individual noise of 0.19 cm)

2- impact de la variabilité temporelle

→ l'ensemble des paramètres formes d'onde doit être utilisé, corrige surement pas tout mais peut être trop...

Les deux relations empiriques trouvées sont proches, vers une correction optimale...

→ A-t-on besoin d'un nouveau retraitement ? si oui impératif d'être optimisé à partir des deux phénomènes

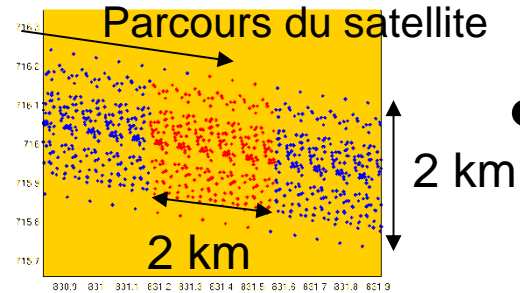
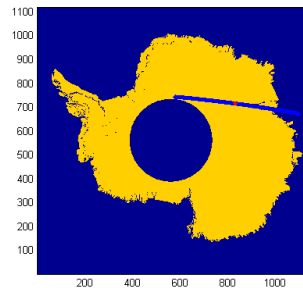
→ A cause de ces effets, l'intercalibration de sigma doit être faite

→ Altika : moins de volume

Altimétrie radar : de la donnée à la carte

Thomas Flament

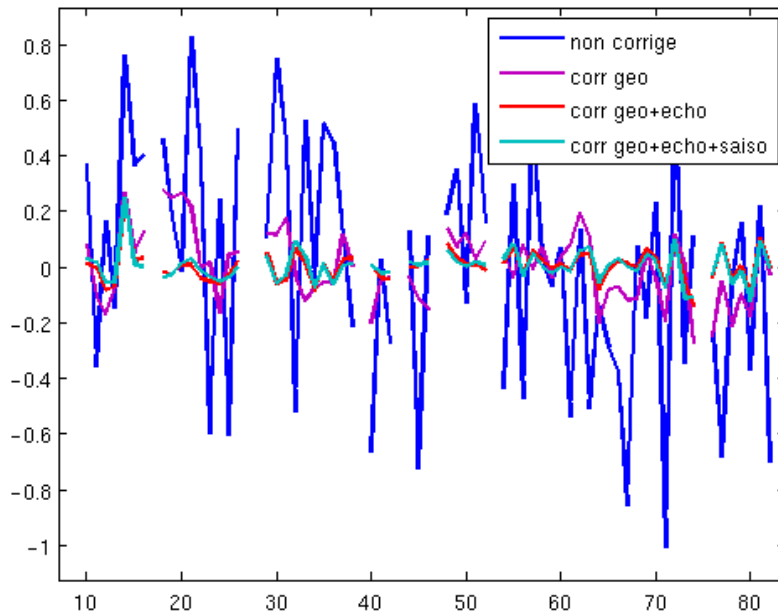
Traitement des données



2 km

- Corrections :

- Géographiques (5+1 param)
- Forme d'onde (3 param)
- Temporelle (1 param)

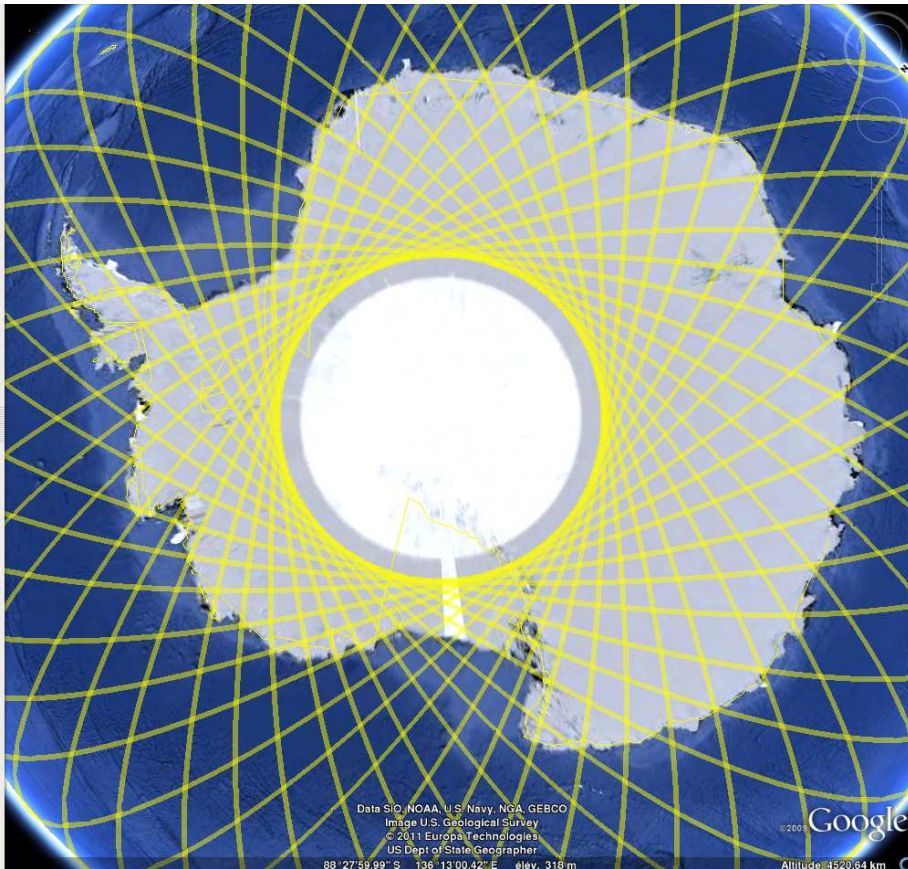


Moyenne des résidus après traitement par différents ajustements

$$\begin{aligned}
 h(x, y, t, \sigma, LEW, TES) = & h_{moy} \\
 & + \frac{dh}{dx} * x + \frac{d^2h}{dx^2} * \frac{x^2}{2} + \frac{dh}{dy} * y + \frac{d^2h}{dy^2} * \frac{y^2}{2} + \frac{d^2h}{dxdy} * xy \\
 & + \frac{dh}{d\sigma} * \sigma + \frac{dh}{dLEW} * LEW + \frac{dh}{dTES} * TES \\
 & + \frac{dh}{dt} * t \\
 & + \epsilon
 \end{aligned}$$

- 10 paramètres à ajuster sur 350 points environ -> robustesse
- Fournit dh/dt ainsi que les pentes suivant les deux directions.

L'échantillonnage



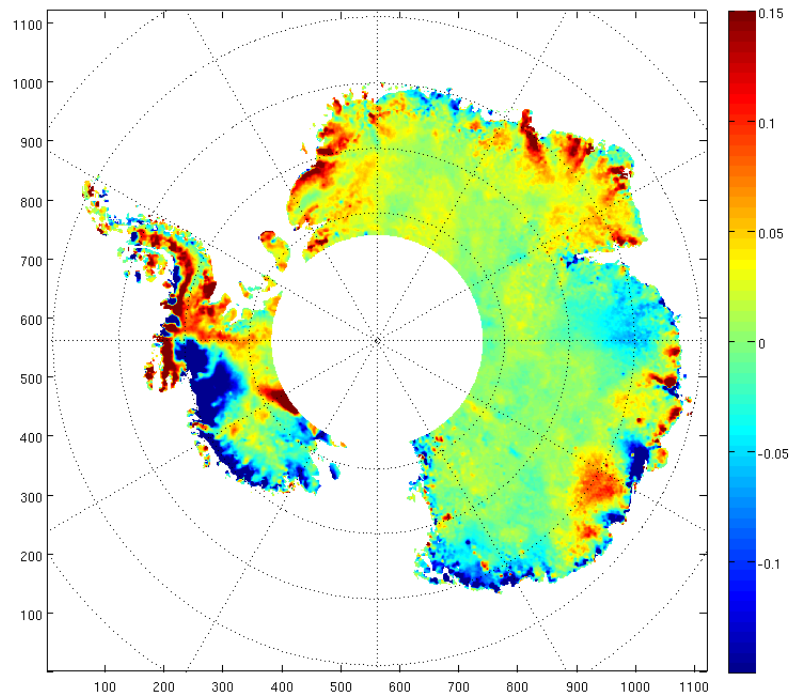
Sous-cycle (3j) de la mission Envisat (cycle de 35j)

Interpolation

A partir d'un échantillonnage discret, comment construire des cartes continues ?

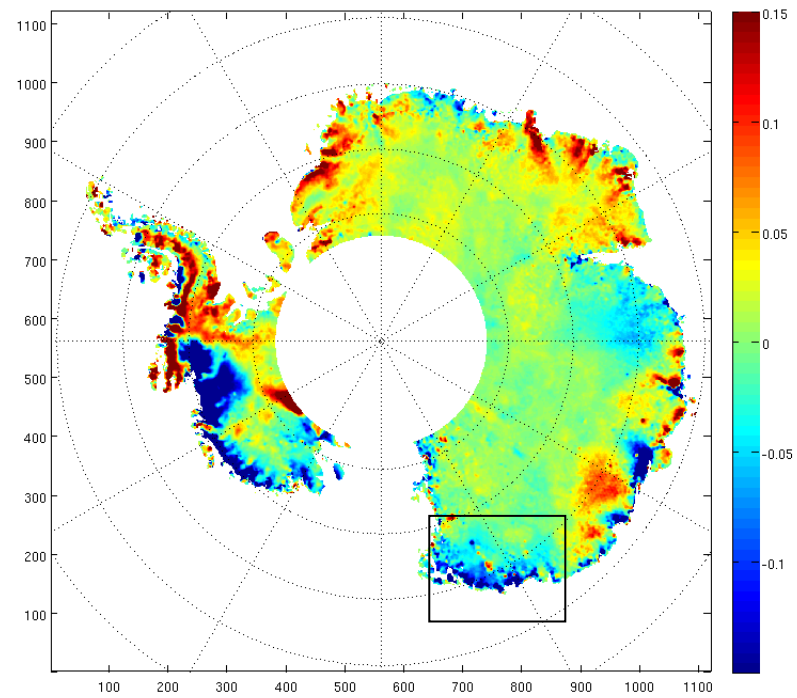
- Moyenne sur un pixel
- Moyenne pondérée
- Krigeage

Résultat

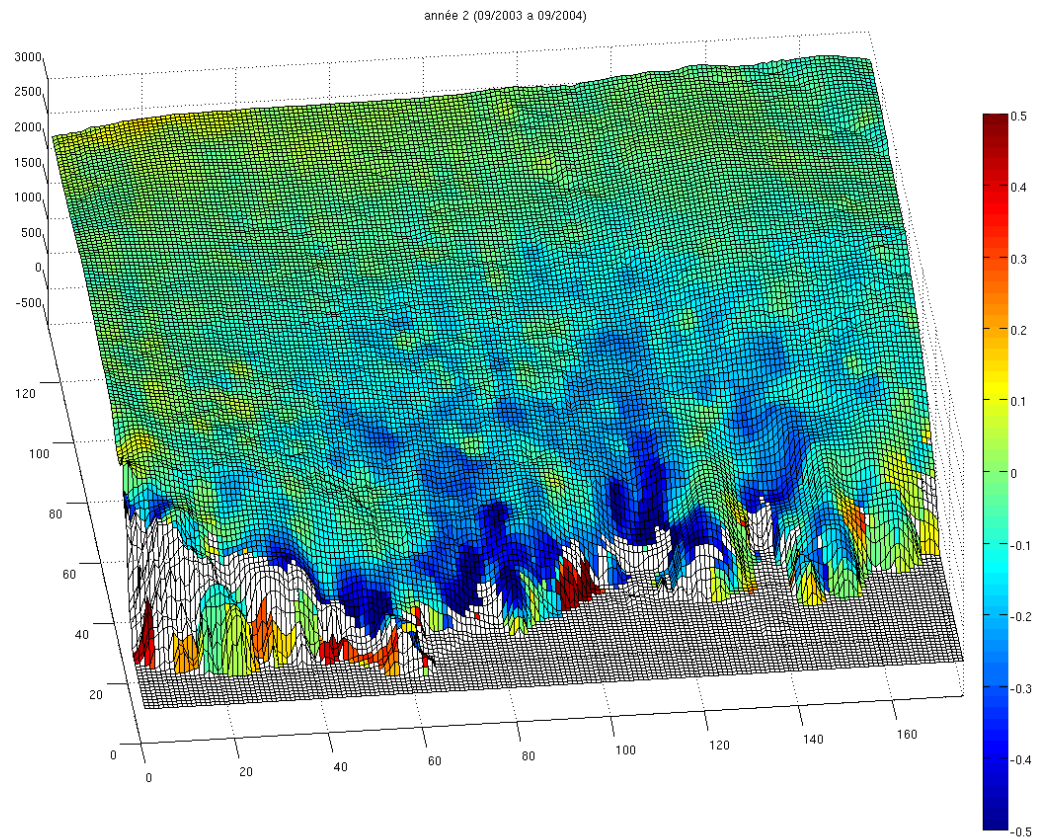


Evolution de la hauteur de la surface en m/an au cours de la mission Envisat à 35j (09/2002 à 10/2010)

Echantillonnage spatial et temporel

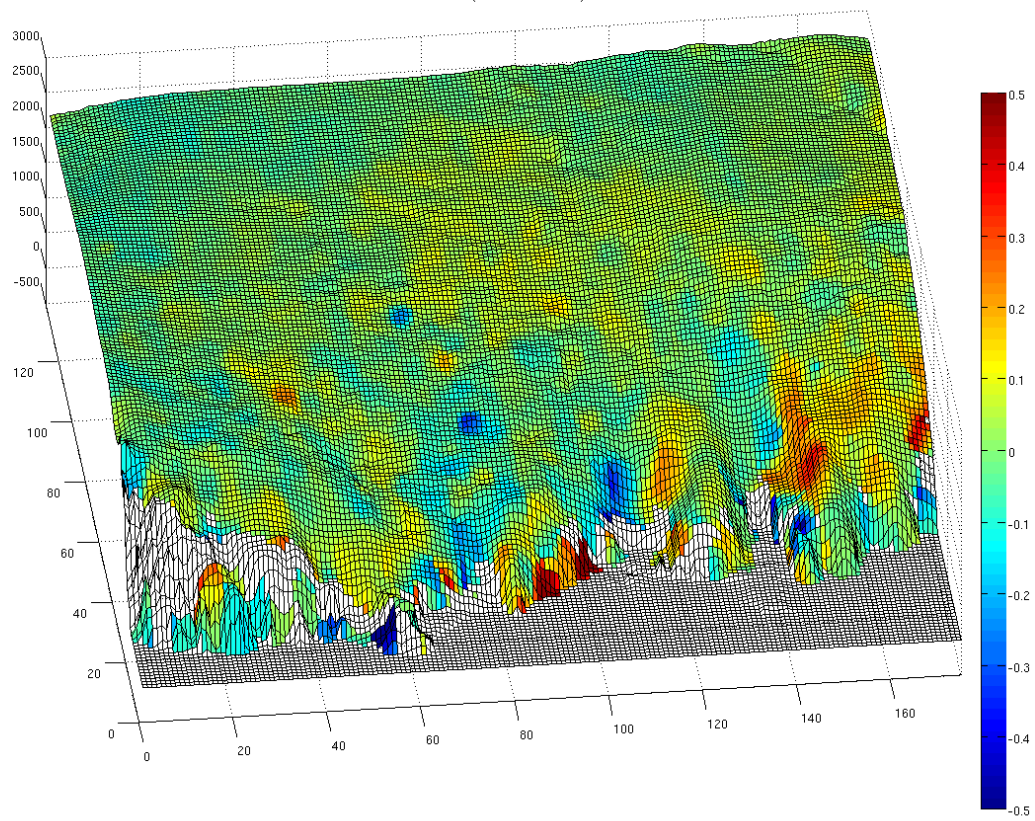


Glaciers Ninnis, Cook et Mertz...

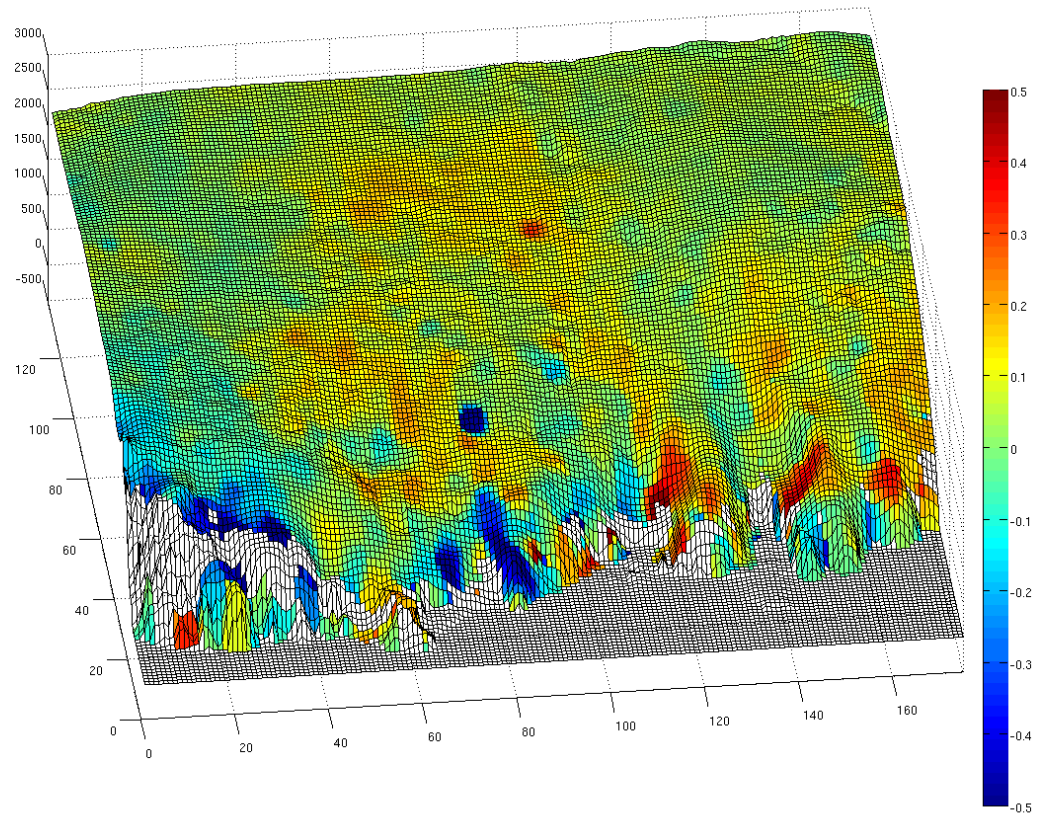


T. Flament

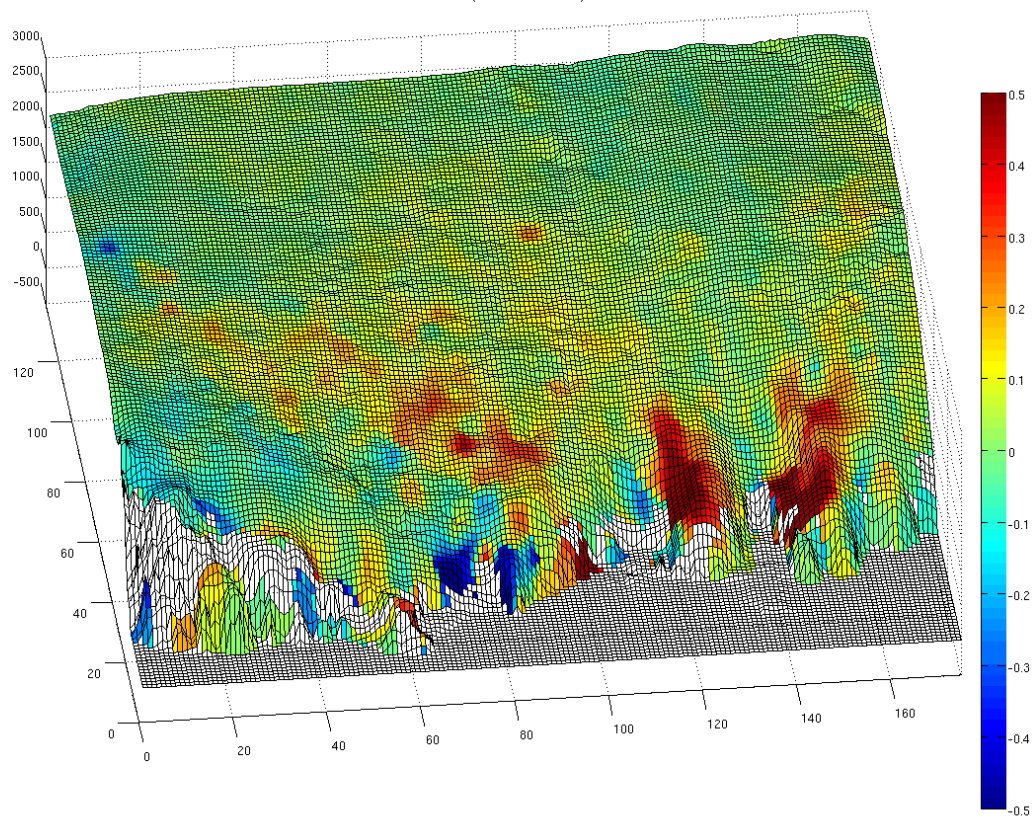
année 3 (09/2004 à 09/2005)



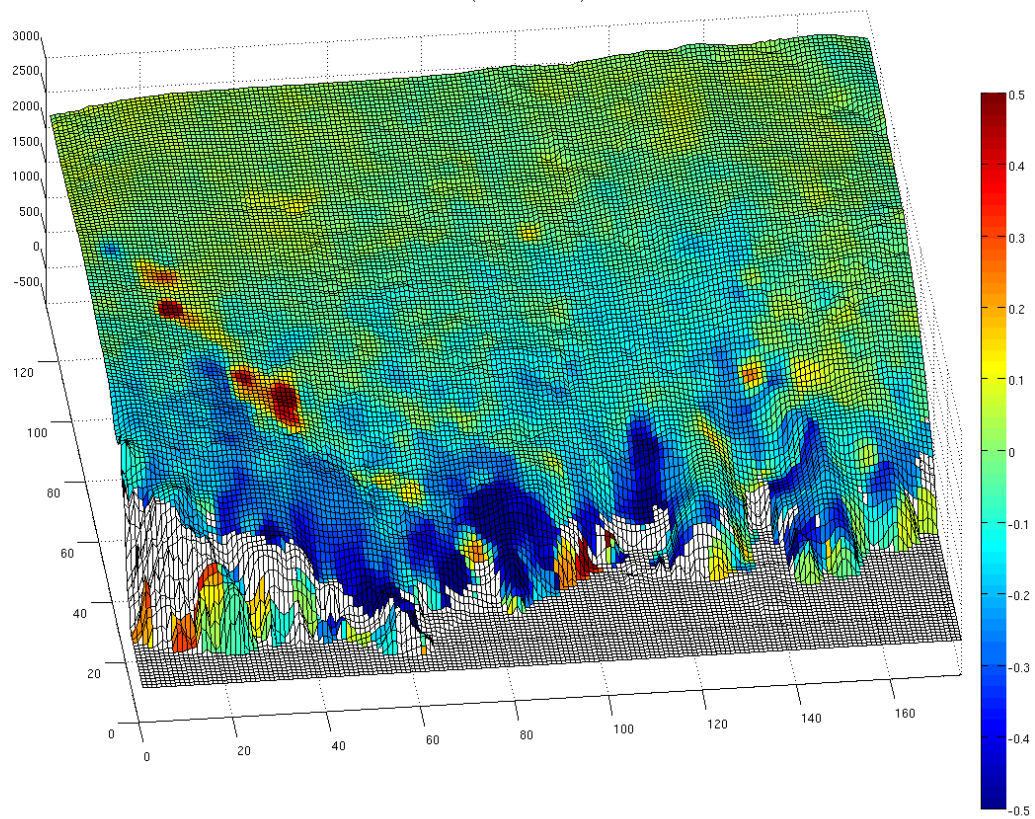
année 4 (09/2005 à 09/2006)



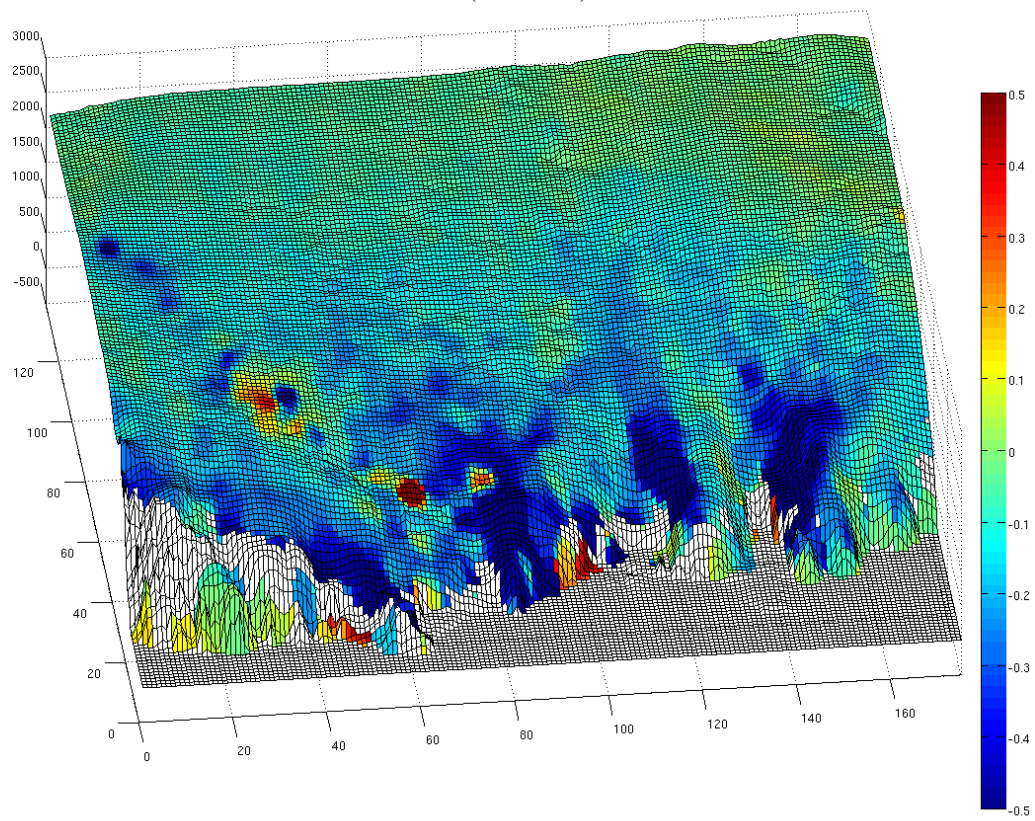
année 5 (09/2006 à 09/2007)



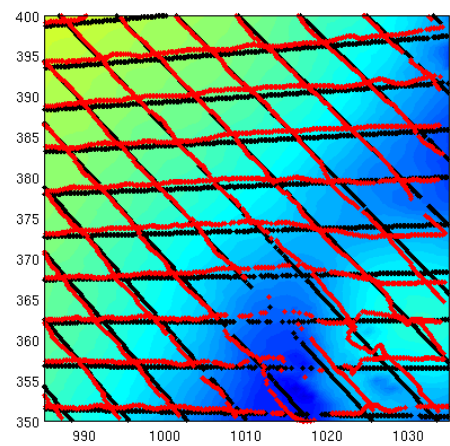
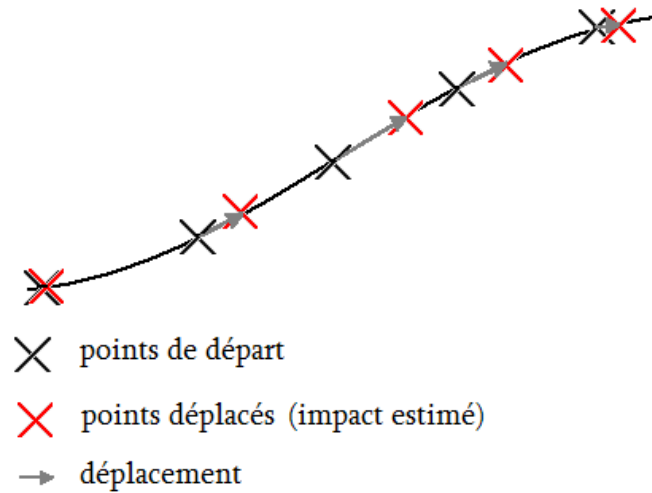
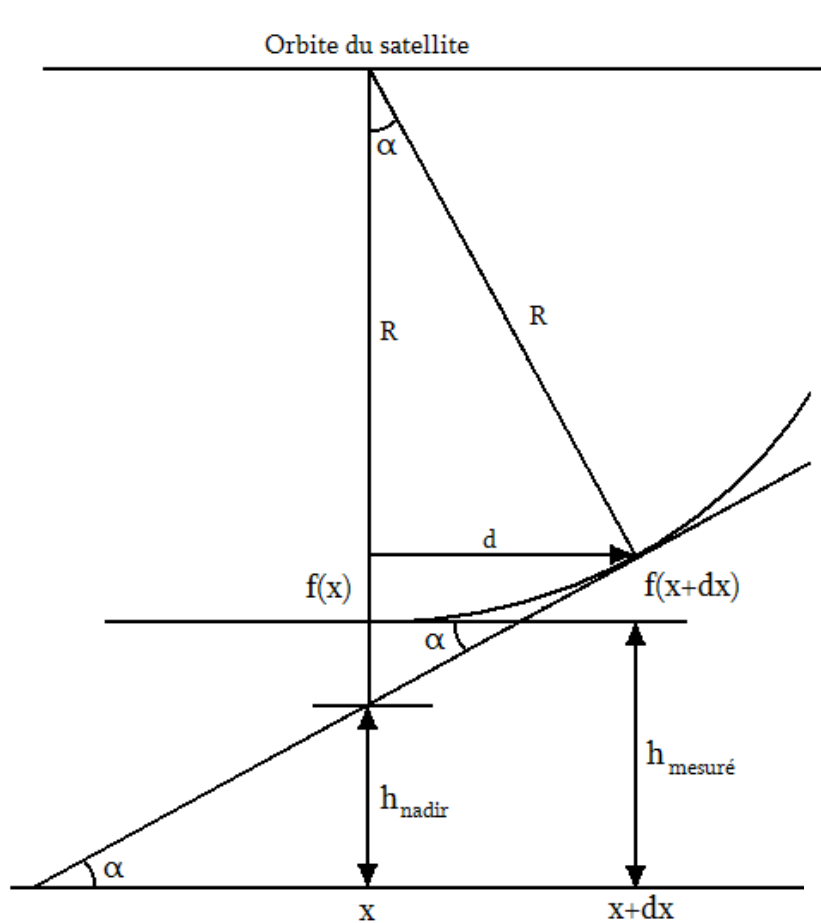
année 6 (09/2007 à 09/2008)



année 7 (09/2008 à 09/2009)

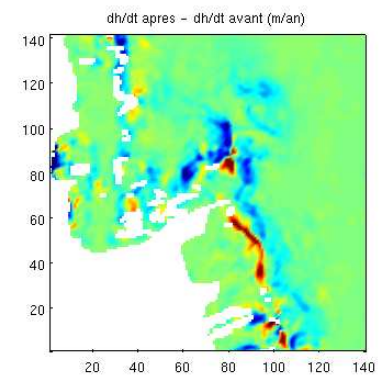
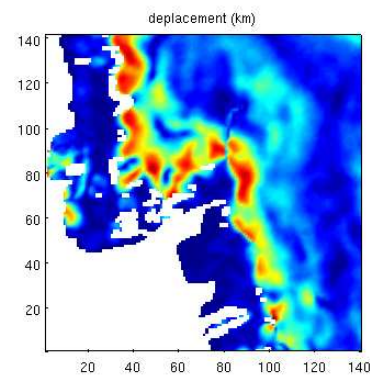
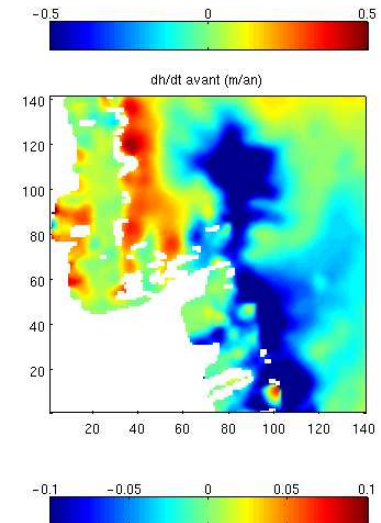
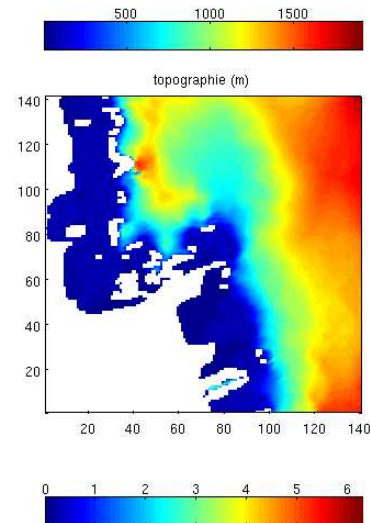
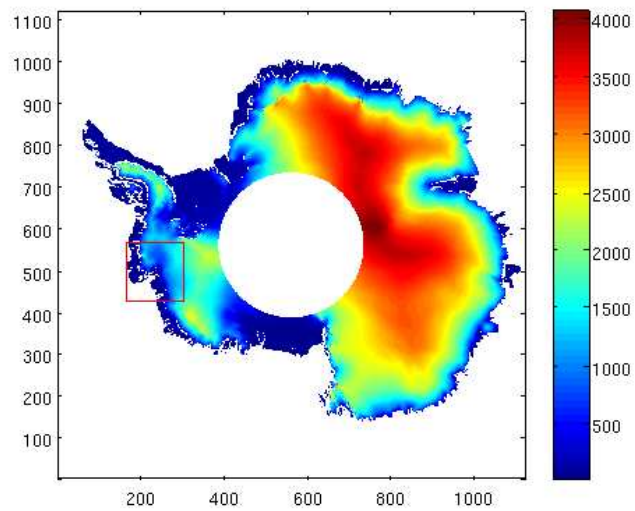


L'erreur de pente et sa correction



Points visés en noir,
points déplacés en rouge

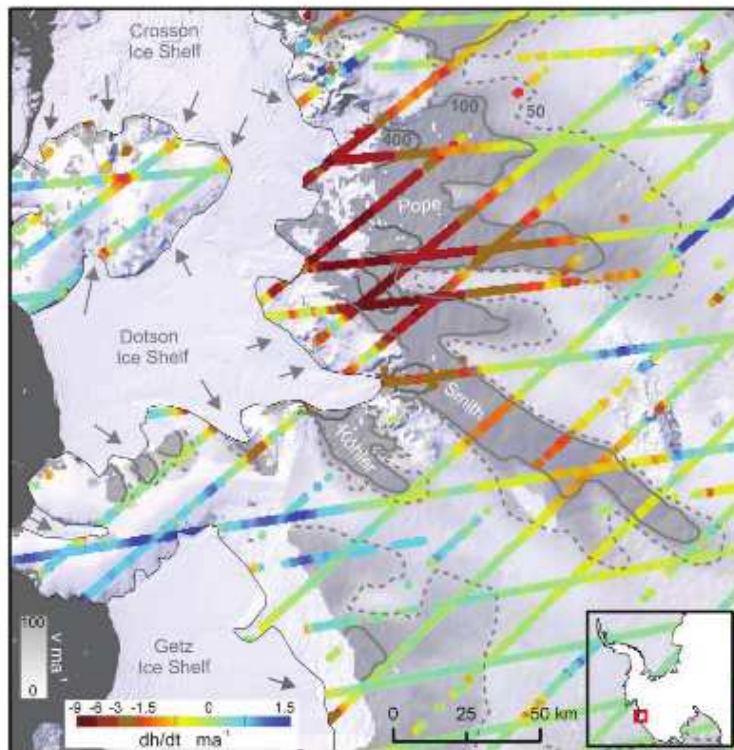
Effet sur la carte de dh/dt



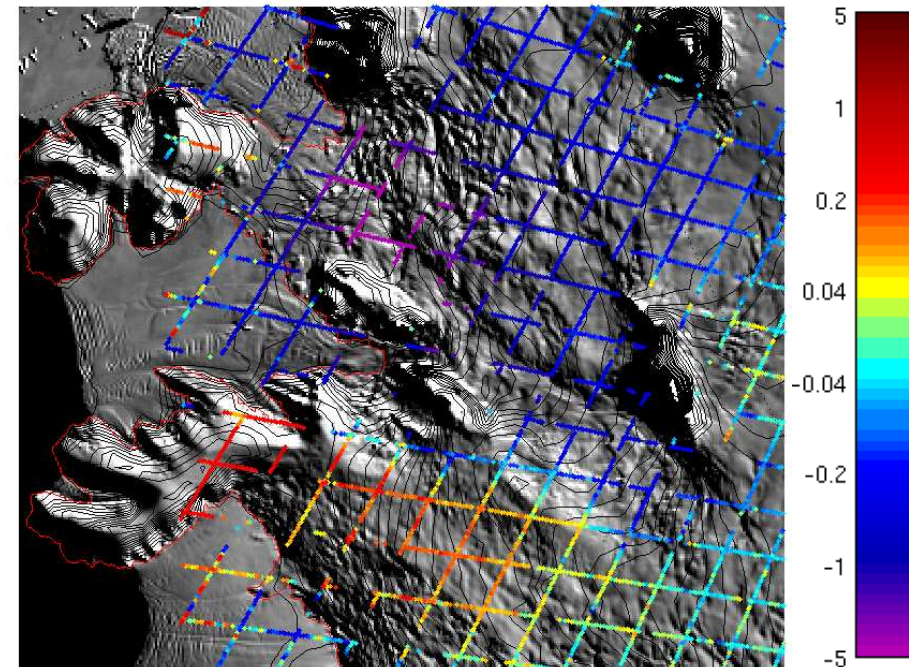
Le déplacement modifie le rendu de la carte car il est couplé à un gradient de dh/dt .

Données ENVISAT, cycles 9 à 82

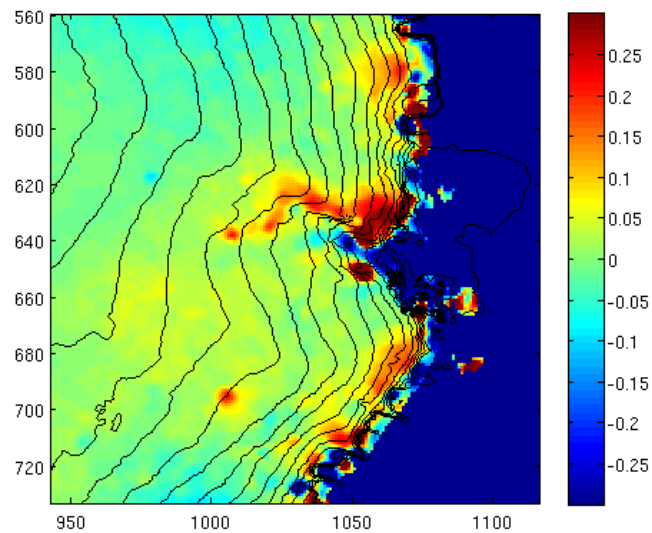
Comparaison ICESat/Envisat



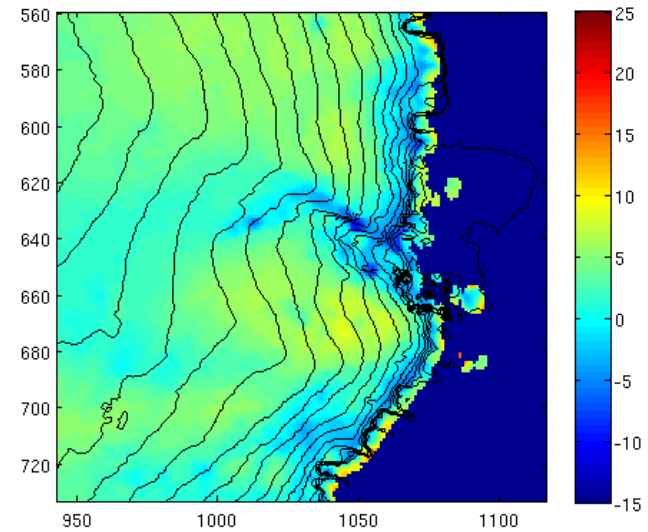
Pritchard et al., 2009



Physique de la mesure



dh/dt , m/an



rétrodiffusion moyenne, dB

Moindres carrés : risque de perte d'une partie du signal

Résumé

Problème de pénétration de l'onde radar entraîne deux erreurs (l'une spatiale aux pdc et l'autre temporelle) qui complique énormément l'interprétation et la fusion de données, alors que la variabilité spatio-temporelle nécessiterait un meilleur échantillonnage.

Le futur

- En orbite :
 - Cryosat-II
 - TanDEM-X
- Presque lancé
 - AltiKa
- En projet
 - Sentinel 3
 - ICESat-II
 - SWOT