

R&T R-S12/0T3-055

Analyse d'échos Glace/Neige en bande Ka

Denis BLUMSTEIN
Frédérique REMY

25 juin 2013

SOMMAIRE

- **Objectifs de la R&T**
- **Découpage en 2 sous-études**
 - ◆ **Modèle radiométrique (CAPGEMINI, 2012)**
 - ◆ **Inversion de formes d'ondes (CLS, 2013-2014)**
- **Analyses et principaux résultats la première partie**
- **Maquettage de la simulation de F.O. sur Vostok**

Objectifs de la R&T

Amélioration des modèles d'interaction entre l'onde EM et les surfaces englacées ou recouvertes de neige en bande Ka (mais aussi Ku)

- modèle de rétrodiffusion
- intégration dans un simulateur de formes d'ondes altimétriques (LRM)
- validation sur mesures réelles (AltiKa, Envisat)

A terme l'enjeu scientifique est d'homogénéiser les séries temporelles AltiKa avec celles acquises par Envisat et ERS.

- A plus long terme, meilleure compréhension de la physique de la mesure pour SWOT (au bémol près de l'angle d'incidence qui est différent ...)

Découpage en 2 sous-études

Partie 1: Modèle radiométrique (CAPGEMINI, 2012)

- Point de départ : modèle radiométrique en bande Ka développé pour SWOT
 - ◆ Etudes CNES 2009-2010
 - ◆ R&T-SWOT-RT-0001-CG ed: 01.00, SWOT-HR MODE STUDY Radiometric Simulation, C.RUIZ, June 2009
 - ◆ R&T-SWOT-NEIGE-GLACE-RT-0001-CG ed: 01.00, SWOT-HR MODE STUDY Radiometric Simulation – Snow and Ice, C.RUIZ, November 2010

Partie 2: Inversion de formes d'ondes (CLS, 2013-2014)

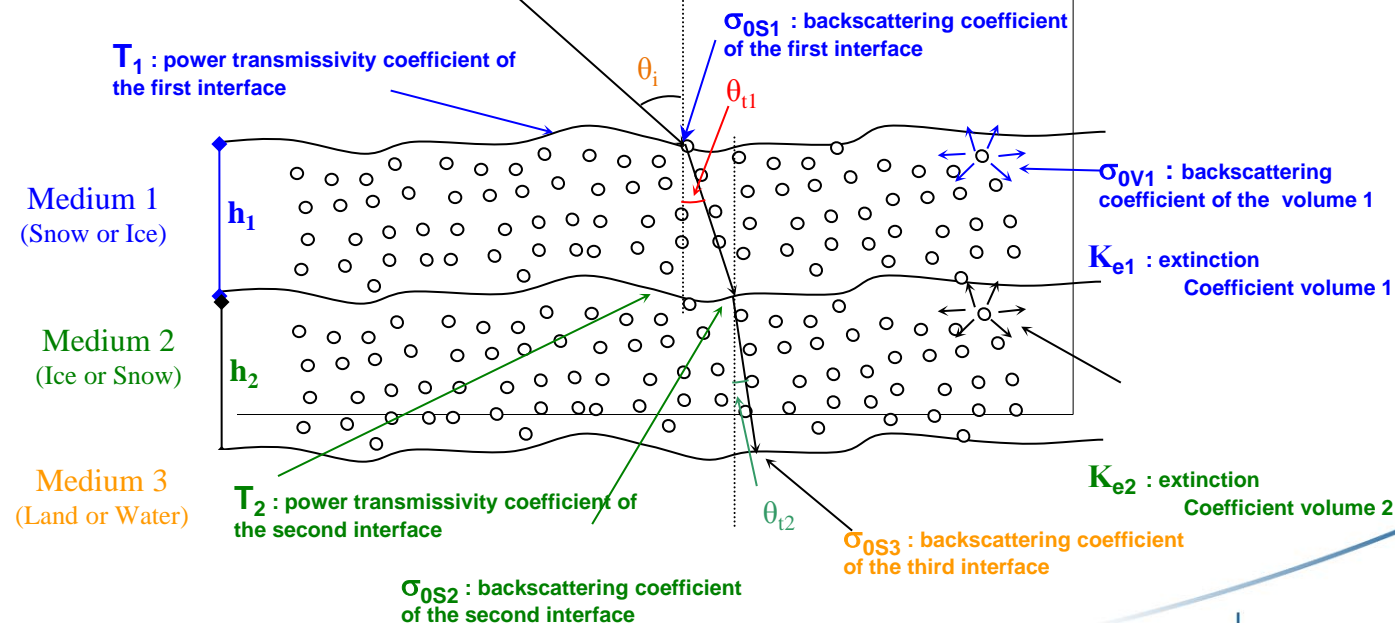
- Voir présentation de Franck Mercier
 - ◆ Lot 1: Simulateur de Formes d'ondes
 - ◆ Lot 2: Inversion des Formes d'ondes

Modèle radiométrique

Paramètres principaux gouvernant la rétrodiffusion de la neige

- surface : rugosité, coeffs. diélectrique
- grains de neige : taille, densité, coeffs. diélectriques
- interfaces internes (stratification)

Extension du modèle SWOT pour couvrir les conditions rencontrées en Antarctique (accroissement nombre de couches, profil de densité, etc.)



Analyses menées dans la première partie d'étude

Etudes de sensibilités pour déterminer les paramètres dimensionnants

- Bande Ka et Ku
- Rugosité de la surface
- Température
- Densité
- Taille des grains
- Contribution des interfaces internes
- Effets fonction de l'angle d'incidence

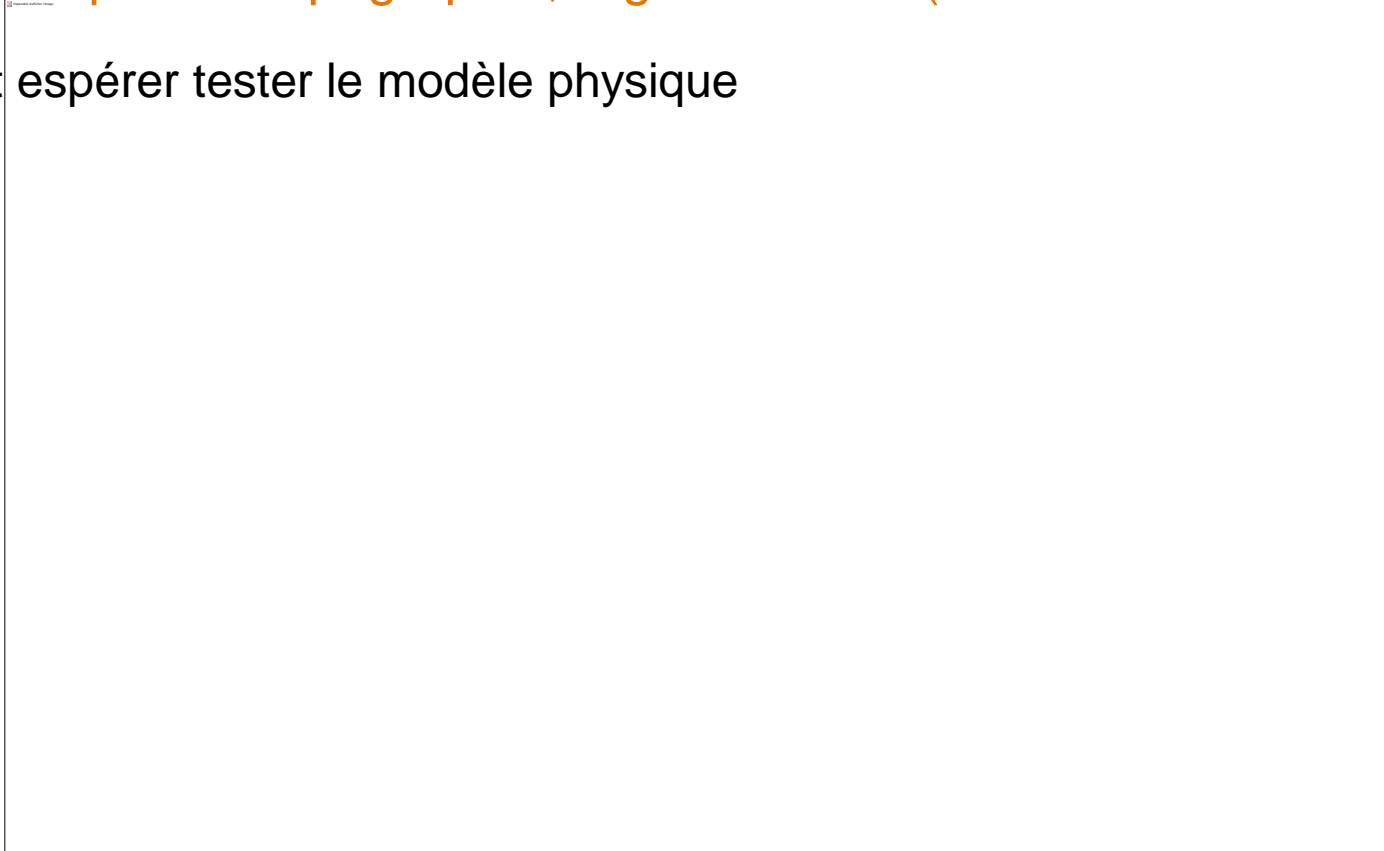
Principales conclusions

- Effet important de l'incidence locale
 - ◆ connaissance de la pdf des pentes dans la tache au sol (quelques km) ?
- On peut « homogénéiser » le modèle et le paramétrer de façon simple
 - ◆ coefficient d'extinction (gouvernant la profondeur de pénétration),
 - ◆ ratio « rétrodiffusion de volume » / « rétrodiffusion de surface »
- On dispose du code de calcul pour compléter si nécessaire ces analyses

Formes d'ondes simulées sur Vostok

Cas simple : pas de topographie, rugosité faible (« swh » = 2 mètres)

- On peut espérer tester le modèle physique

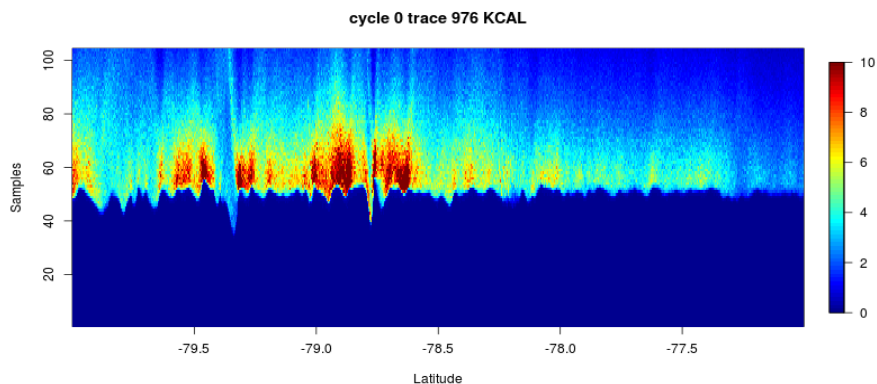




Configuration géométrique
de l'observation
(Altitude, MNT, ...)

Paramètres caractéristiques
de la cible observée
(glace ou neige)
en bandes Ku ou Ka

Données réelles mesurées
par Altika sur glace



Démarrage: 03 juillet 2013

Configuration
géométrique
de l'observation
paramètres
caractéristiques

Inversion des
paramètres
géophysiques

• Lot 1: Simulateur de Formes d'Ondes

Principe de simulation :

➤ Générer une scène physique réaliste

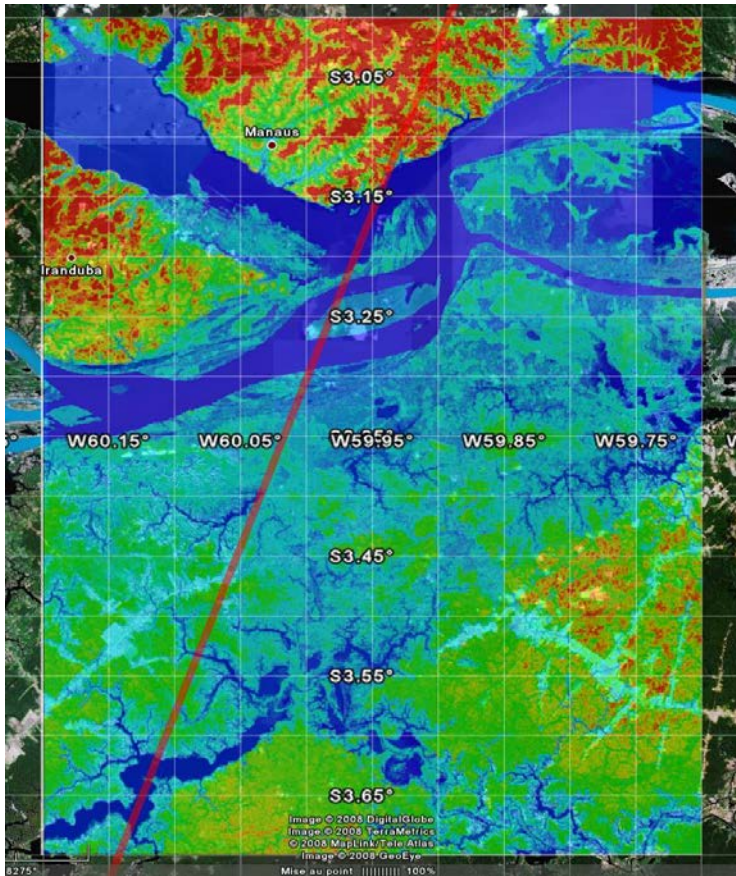
- Scène = multitude de réflecteurs élémentaires, résolution spatiale suffisamment fine
- Réflecteur = élévation, pentes et section efficace de rétrodiffusion (interaction électromagnétique complexe sur terre émergées et glaces)

➤ Modéliser le fonctionnement de l'altimètre radar

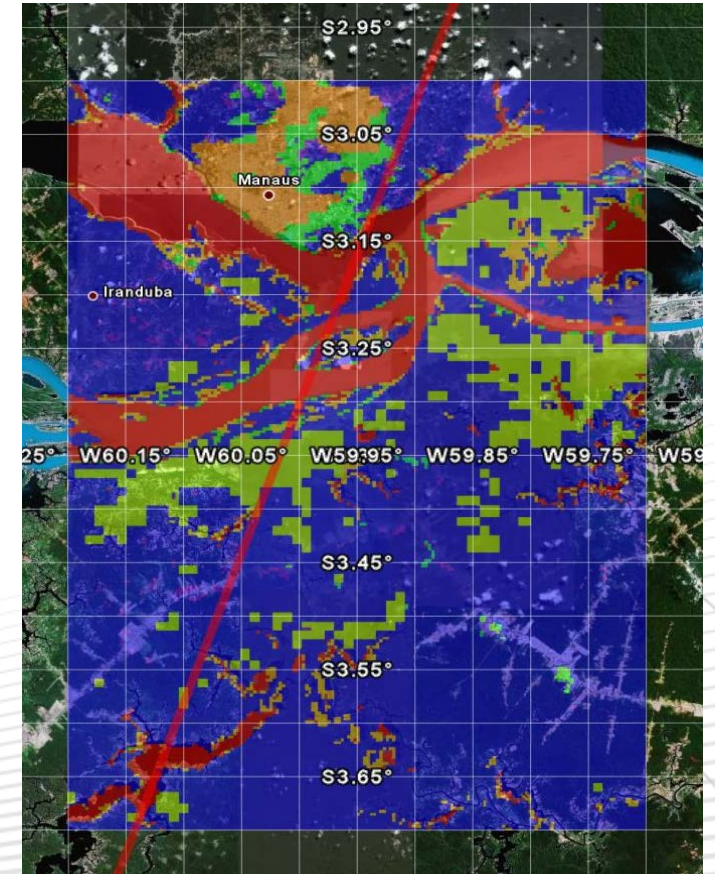
- antenne, onde incidente, interaction avec la surface, onde réfléchie et reçue au niveau de l'antenne et tout le traitement bord permettant l'obtention du signal.
- module instrument généralement indépendant de la nature de la surface survolée



- Simulateur « R&T FO Alti Hydro » (R&T 2009-2010)
- Simulateur « AltiDoppler » (2012)
- Simulateur « SWIM »



SRTM



GLOBCOVER

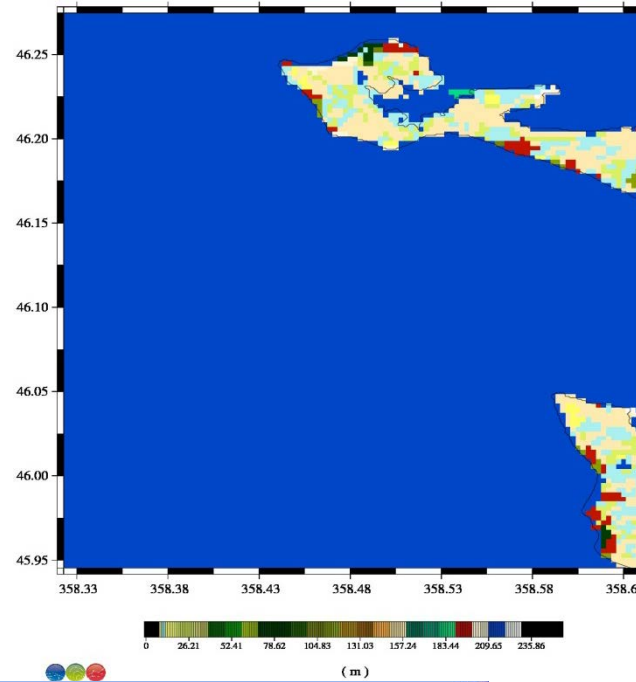
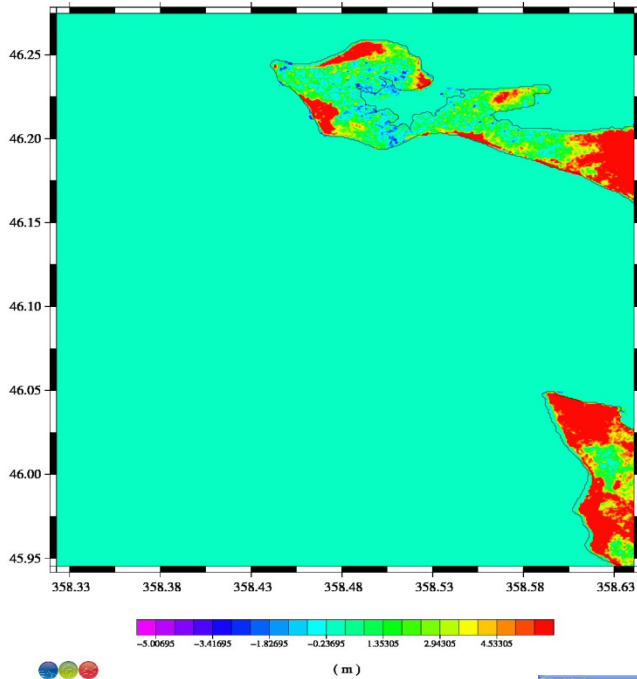
Coefficient de Rétrodiffusion (Dobson et Ulaby):

$$\sigma_{total}^0 = (1 - \tau^2) \sigma_{veg}^0 + \tau^2 \sigma_{sol}^0$$

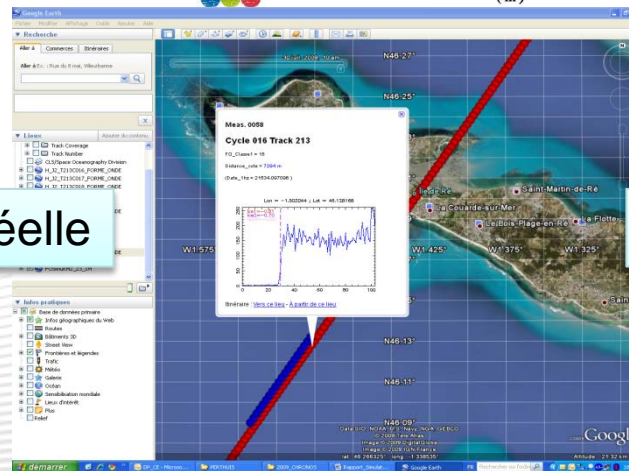
$$\sigma_{sol}^0 = 4 \cdot |\Gamma_0|^2 \left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot rms \right)^2 \left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot l \right)^2 \cos^4 \theta \cdot \exp \left\{ - \left(\frac{2\pi}{\lambda} l \sin \theta \right)^2 \right\}$$

- *rms* est l'écart-type de la hauteur,
- *l* est la longueur d'autocorrélation,
- Γ_0 est le coefficient de réflectivité de Fresnel du sol pour une incidence normale,
- θ est l'angle d'incidence,
- λ est la longueur d'onde de l'altimètre.

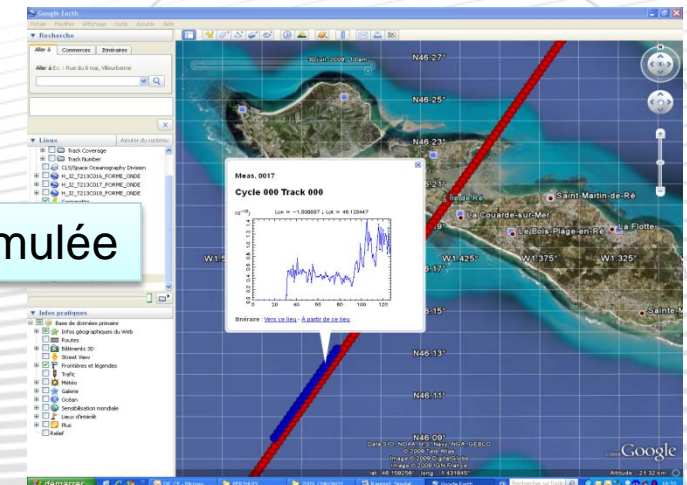
Etc ... Cf rapport R&T 2009 (et étude sensibilité à ces paramètres)

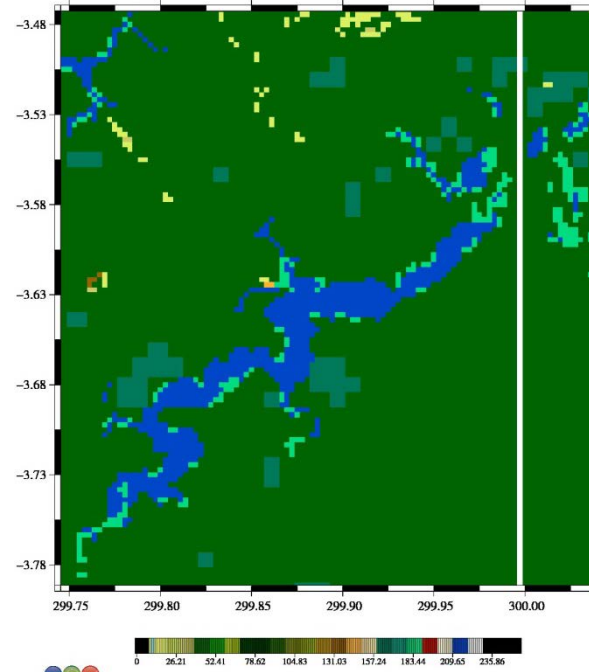
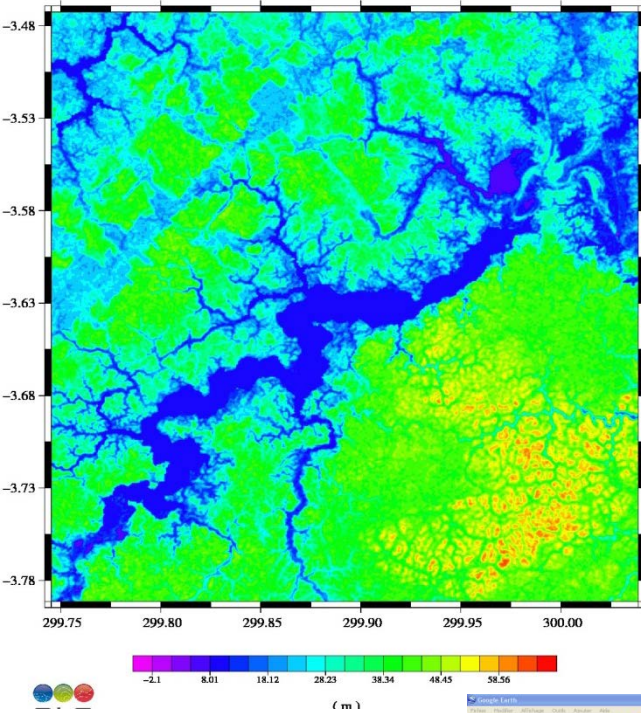


FO Réelle

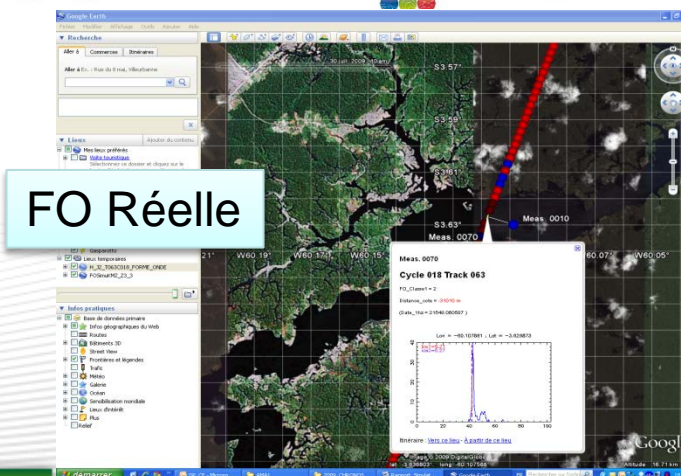


FO Simulée



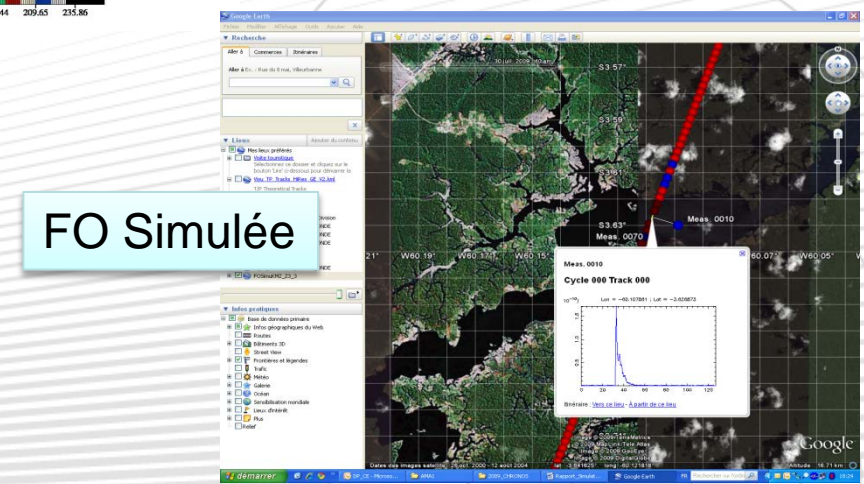


FO Réelle



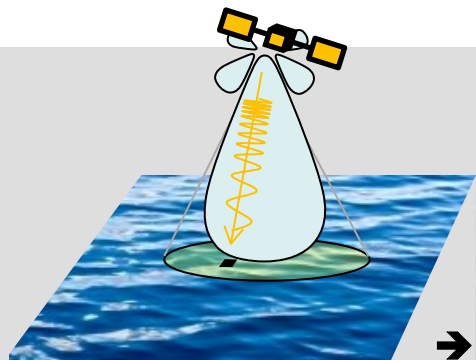
Google Earth interface showing a real satellite image of the river basin. A red line indicates a measurement track. A pop-up window displays 'Cycle 018 Track 063' with a graph of data points.

FO Simulée



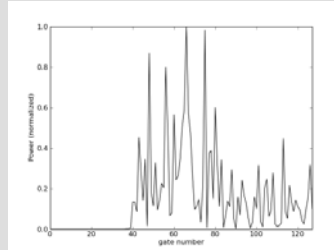
Google Earth interface showing a simulated satellite image of the river basin. A red line indicates a measurement track. A pop-up window displays 'Cycle 000 Track 000' with a graph of data points.

Architecture du simulateur d'échos SAR/Doppler de CLS



Simulateur de signaux complexes

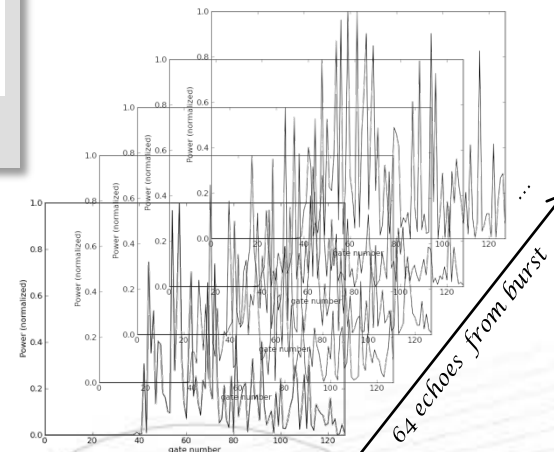
- paramètres de l'orbite
- surface
- modèle de rétrodiffusion
- caractéristiques instrumentales



→ Échos en (I,Q) de 128 x n échantillons en fréquentiel

→ Matrice de 64 échos complexes par burst (*time along-track / freq cross-track*)

→ Conversion dans le domaine temporel (*time along-track / time cross-track*)



**Génération des faisceaux Doppler
FFT azimuth**
(*freq along-track / time cross-track*)

Correction des migrations distance

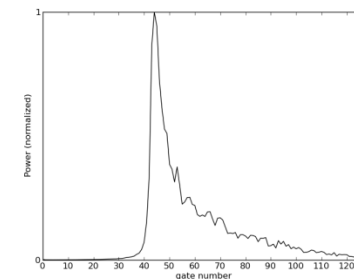
**Compression distance
IFFT distance**
(*freq along-track / time cross-track*)

Traitement Doppler appliqué pour chaque burst

Direction des faisceaux Doppler

Réponse impulsionnelle

Passage en puissance et Multilooking

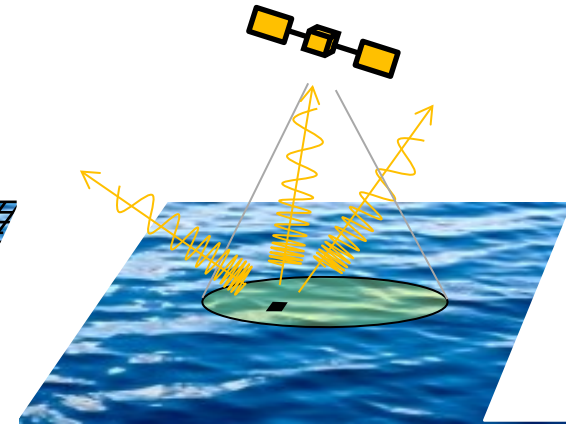
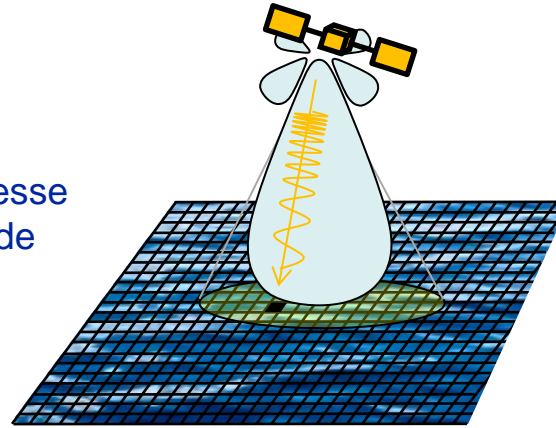


Simulation de signaux complexes: échos

Principe du simulateur

1. Simulation d'une orbite

Prise en compte des paramètres de l'orbite, de la vitesse du satellite et du temps. Configuration terre plate/ronde



2. Modélisation de la surface de mer (hauteurs et pentes)

Surface générée à partir d'un spectre de puissance des élévations (tirage aléatoire ou spectre de vagues) et, pour les petites échelles, de la *mss*. Résolution typique 20x20 m² jusqu'à 1x1 m²

3. Modèle de rétrodiffusion

$$\sigma_0(\theta) = \frac{|R(0)|^2}{mss} \sec^4 \theta \cdot \exp\left(-\frac{\tan^2 \theta}{mss}\right)$$

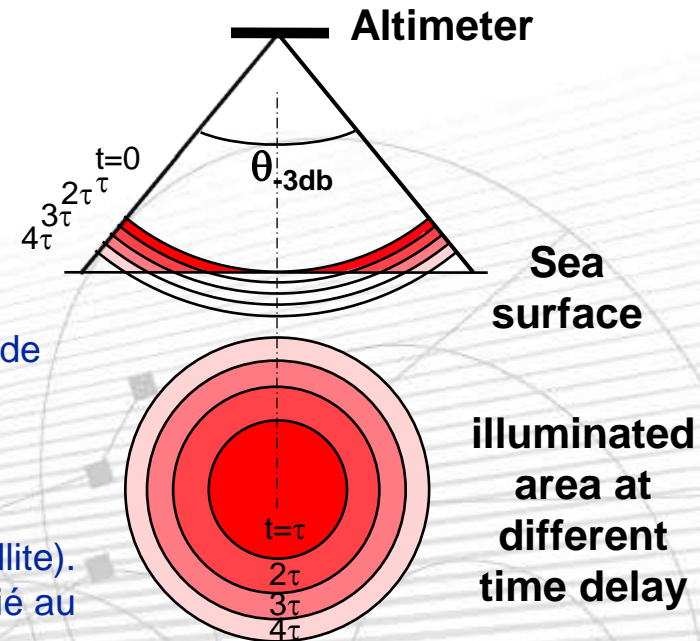
Le modèle de l'optique géométrique est utilisé pour décrire l'interaction électromagnétique avec la surface

4. Système radar

Prise en compte des caractéristiques instrumentales (longueur d'onde, largeur de bande, longueur d'impulsion, puissance émise, PRF, longueur du burst,...)

5. Simulation des signaux complexes (I et Q)

Application de l'équation radar en chaque point de la tache radar au sol puis sommation de toutes les contributions par porte distance (= distance point-satellite). (la phase des signaux = phase aléatoire du diffuseur dit *speckle* + déphasage lié au trajet A/R de l'onde)



• Lot 2: Inversion des Formes d'Ondes

But:

- mettre en place une boucle de simulation et de comparaison des mesures simulées et des mesures réelles AltiKa/Envisat
- itération sur les paramètres géophysiques (estimés par Ice2) permettant de rapprocher mesures réelles et mesures simulées.
- Commencer par des zones favorables: Dôme A, Dôme C et Vostok