



CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

Altimétrie Doppler et bénéfices pour la glaciologie

François Boy
CNES – DCT/SI/AR

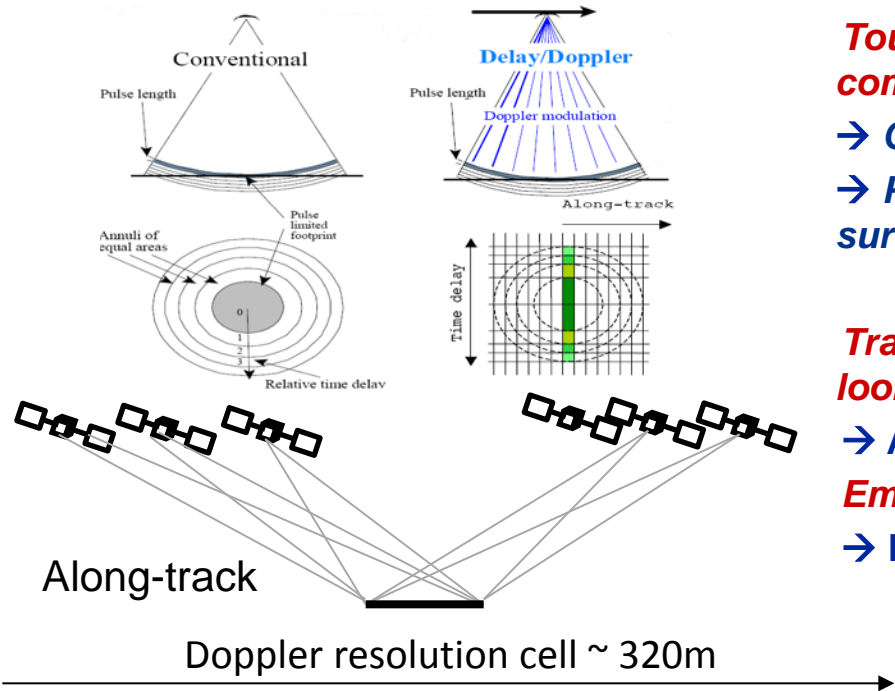
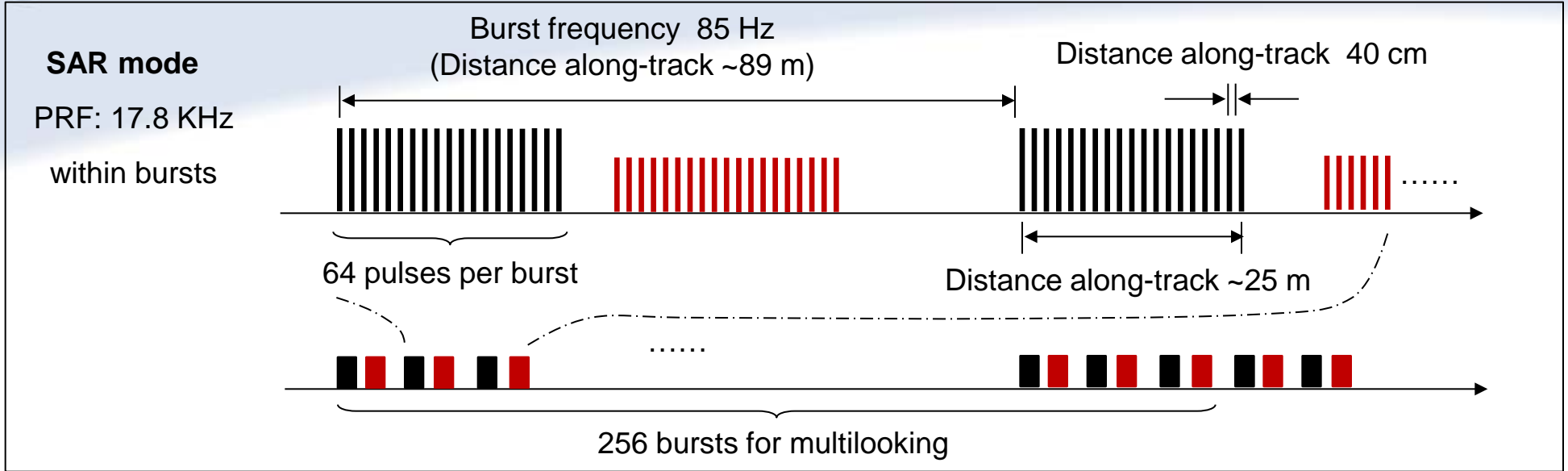
❑ **Mode de mesure altimétrique nadir basé sur les principes forts de l'imagerie SAR:**

1. **Utilisation de la variation de la fréquence Doppler** générée par le déplacement du satellite entre deux impulsions pour discriminer les cibles en azimuth (Radar à Synthèse d'Ouverture) → **Amélioration de la résolution azimuth de l'instrument (environ 300m)**
2. Une même cellule est vue par plusieurs positions du satellite → accumulation des différentes vues pour réduire le bruit de speckle (**multi-looking**)

❑ **Mode de mesure disponible sur la mission CRYOSAT-2** mais activé sur quelques zones géographiques

❑ **Mode de mesure nominal sur la mission Sentinel-3 (100% SAR)**

Mode Doppler sur CY-2 / S3



Toutes les impulsions radar sont descendues à la PRF en complexe (I,Q). L'écho Doppler est formé au sol.

→ Grande richesse d'informations

→ Plusieurs possibilités de traiter l'information (dépendant de la surface)

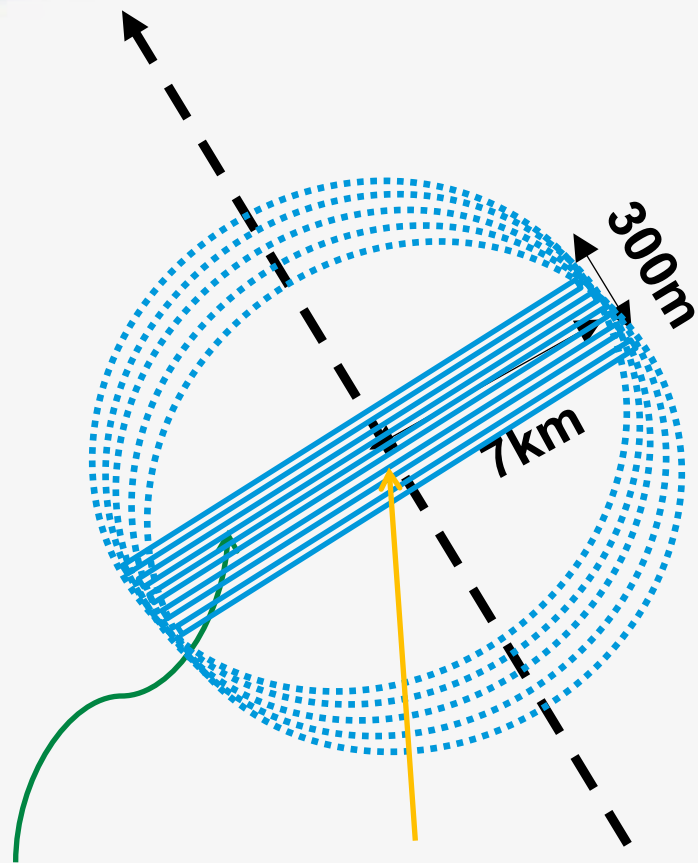
Traitement de synth. Doppler sur chaque BURST (« single look »)

→ Amélioration de la résolution azimuth de l'altimètre (300m)

Empilement de vues (« multi look ») : « stacking »

→ Réduction de bruit de Speckle

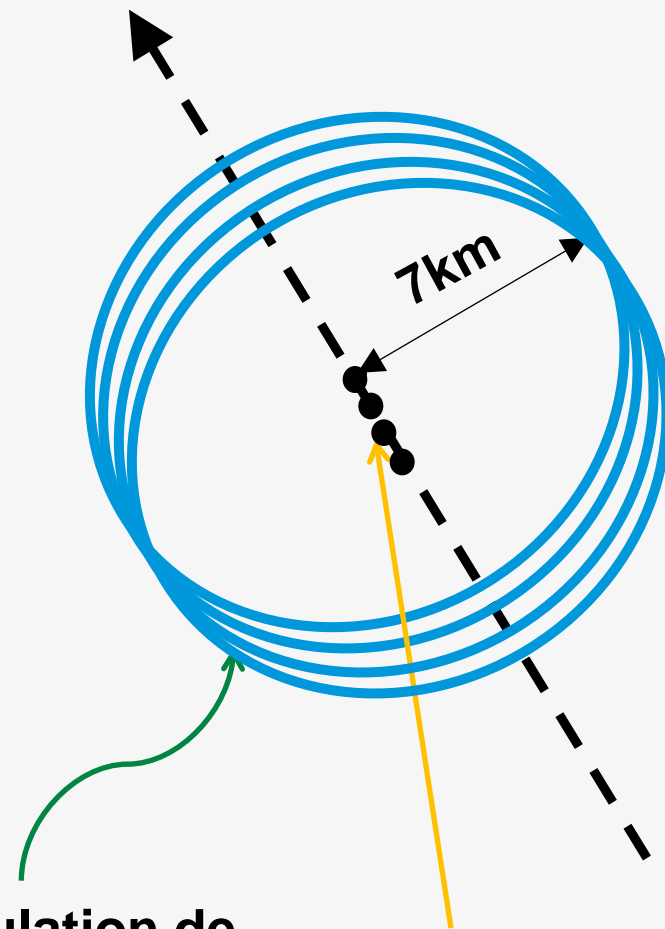
DOPPLER



Accumulation de
220 vues
(multilooking)

Une mesure tous
les 300 m (20Hz)

LRM



Accumulation de
90 impulsions à
bord

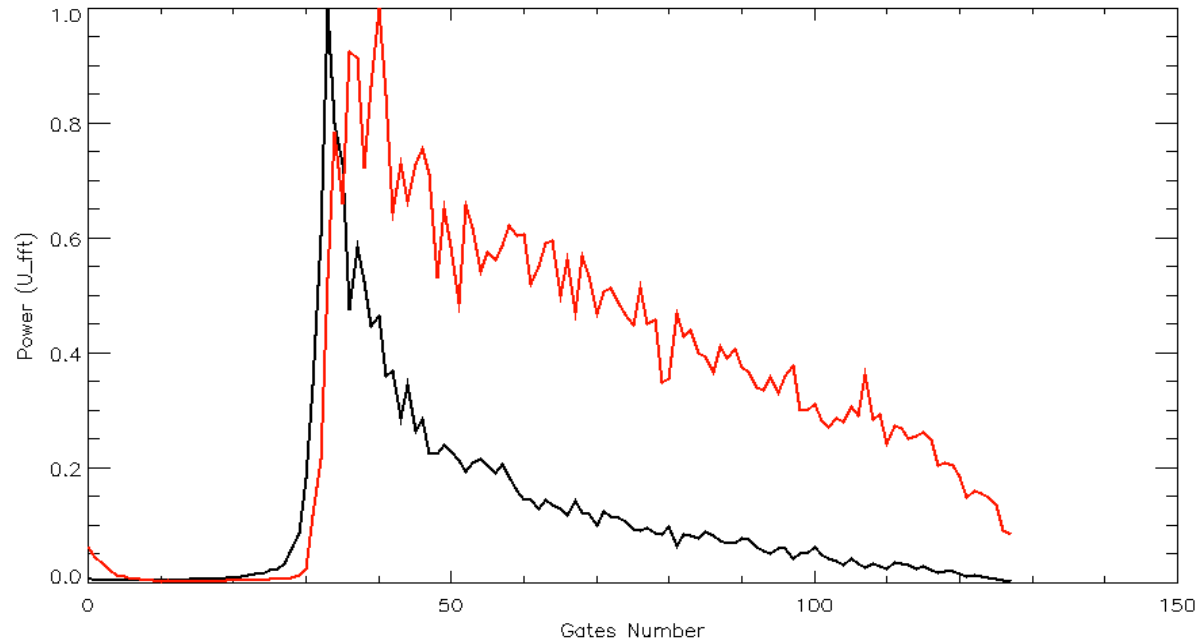
Une mesure tous
les 300 m (20Hz)

Mesures SAR et P-LRM

From SAR BURST pulses

A diagram consisting of a rectangular box with a black border containing the text 'From SAR BURST pulses'. A vertical line extends downwards from the center of the bottom edge of the box, meeting a horizontal line that spans the width of the box.

Mesures SAR et P-LRM



P-LRM (or RDSAR) is a LRM reference to validate/calibrate the SAR results.

But, given that only 32 echoes are accumulated, this reference is more noisy than real LRM ($\sqrt{3}$ higher than real LRM).

CNES SAR Ocean Retracking solution

Based on a full numerical Doppler model:
 Numerical computation of the radar echo:

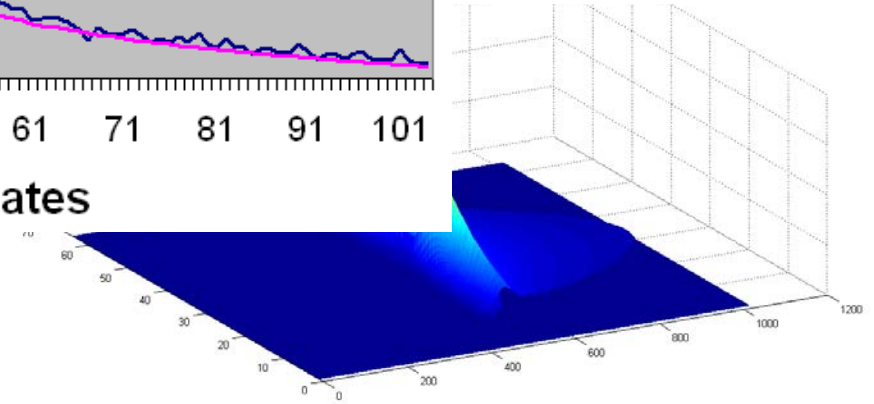
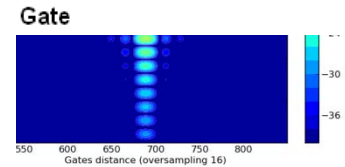
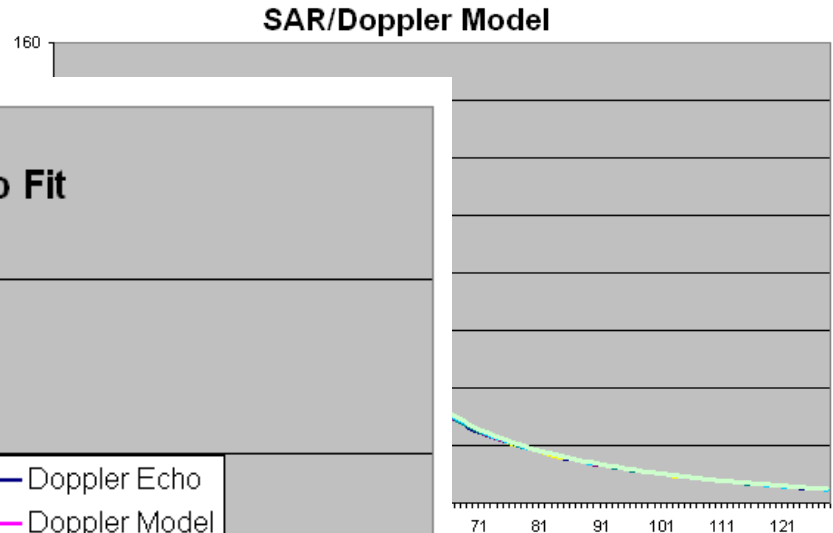
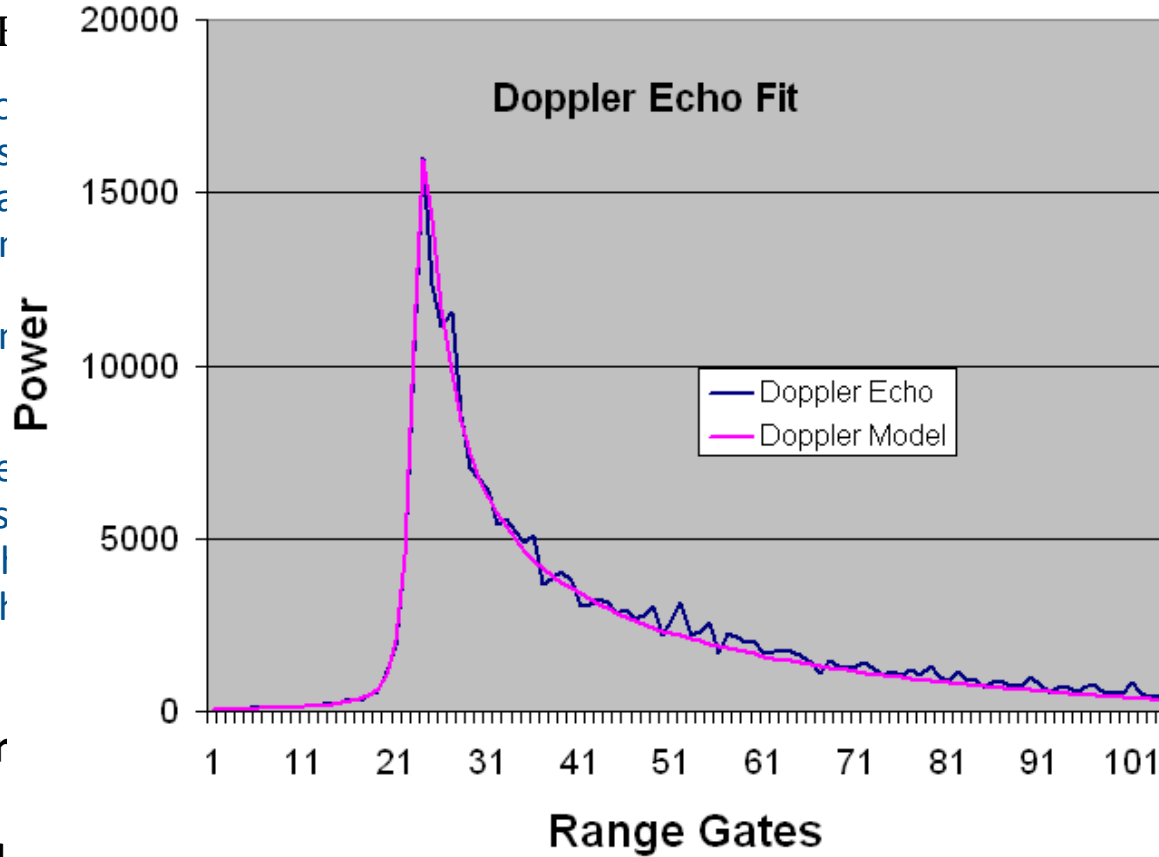
Echo = I

Single Looks

- Computation (64). A constant is taken into account
- Convolution with the Doppler Response
- Convolution with the Doppler Model

Multi Look

- Then, range gate is applied to each single look
- Sum of each Doppler echo

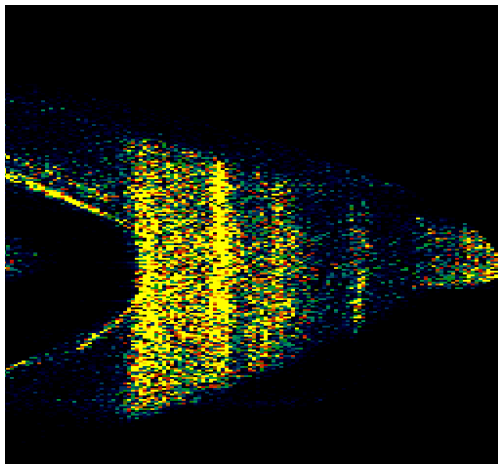


Retracking: \hat{r} is derived from \hat{r} derivatives are not used

Mispointing information taken from StarTrackers

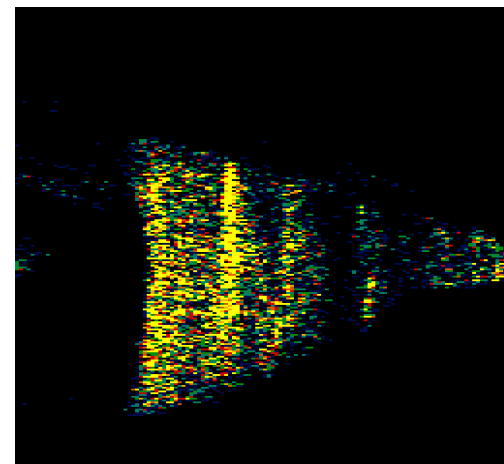
Bénéfices du mode SAR/Doppler pour la glaciologie

- ❑ Amélioration de la résolution azimuth → description plus précise de la topographie
- ❑ Disponibilité des échos (I,Q) à la PRF
- ❑ Accès à une très grande richesse d'informations (rugosité, pentes, ...)
- ❑ Possibilité de traiter la donnée SAR de différentes manières (avec ou sans synthèse Doppler, pondération de hamming, zéro padding, ...)



Stack des SingleLooks

Hamming



Stack des SingleLooks

Données Cryosat-2 disponibles sur les glaces en mode SAR

- ❑ **Quelques acquisitions** (segments longs) sur le Groenland et l'Antarctique en début de mission et début 2013.
- ❑ **Données peu analysées** jusqu'à maintenant (R. Cullen)

En préparation de Sentinel-3, qui proposera le mode SAR sur les glaces continentales, il faut engager des actions pour:

- ❑ **Acquérir plus de données** Cryosat-2 en mode SAR sur les glaces (contact T. Parinello/ESA)
- ❑ **Traiter et analyser la donnée** avec le CPP (CNES) en concertation avec les experts en glaciologie
- ❑ **Inter-comparer** avec le mode LRM conventionnel (comparaison SAR/RDSAR)