

Atelier Altimétrie et Glaciologie 2017

PHASE 0 ALTI-CRYO

Amandine Guillot , Juliette Lambin, Alain Mallet, Jean-Luc Courrière,
Alexandre Guérin

CNES – DCT/SI/IP – Instrumentation Radar & Performance

CNES - DCT/SI/TR – Algorithmie, Traitements et Produits Radar

Jeudi 15 juin 2017

Amandine.guillot@cnes.fr



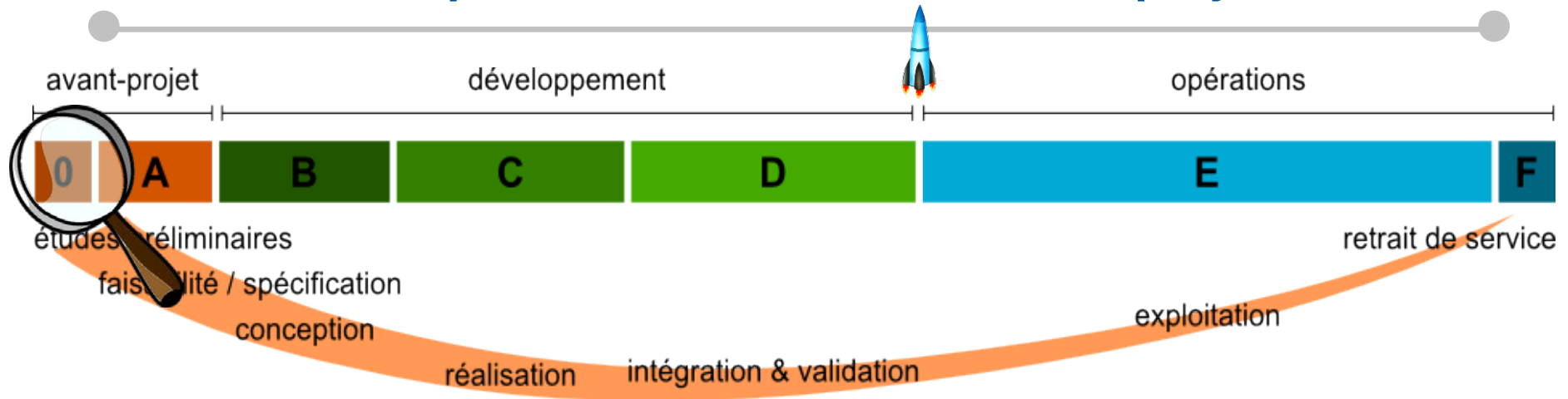
SOMMAIRE

- PHASE 0: QU'EST-CE QUE C'EST?
- OBJECTIFS MISSION VISÉS
- CONCEPTS INSTRUMENT PROPOSÉS
- PERSPECTIVES

SOMMAIRE

- **PHASE 0: QU'EST-CE QUE C'EST?**
- OBJECTIFS MISSION VISÉS
- CONCEPTS INSTRUMENTAUX PROPOSÉS
- PERSPECTIVES

La phase 0, ou comment naît un projet



Objectif premier d'une phase 0 : construire un projet de système spatial résultant d'un croisement entre

- des **attentes** ou des **besoins** émergents d'utilisateurs ou de clients,
- des capacités **techniques**,
- une enveloppe de **coût** et de **délais**
- une **organisation** ou un cadre de coopération pour le développement et l'exploitation du projet
- un niveau de maîtrise des risques

Activité courte, de quelques semaines à quelques mois

CONTEXTE PROGRAMMATIQUE

Prospective CNES:

- Répond à une recommandation de la Rochelle sur AltiKa-2, dont on ne garde que la composante « cryosphère »
 - ◆ les objectifs « océan » sont couverts par les phases 0 Alti-HR/constellation, les objectifs « hydro » par SWOT)

Copernicus « Evolution »:

- Réflexions en cours (échéance mi 2017?)

Opportunité calendaire de l'étude :

- Tirer parti des observations conjointes Cryosat (depuis 2010), AltiKa (depuis 2013), Sentinel-3A (depuis 2016), ainsi que de Sentinel-1 depuis 2015.
- Tirer parti de la dynamique « chantier Arctique » à l'INSU
- Arctic Task Force (ESA)

SOMMAIRE

- PHASE 0: QU'EST-CE QUE C'EST?
- **OBJECTIFS MISSION VISÉS**
- CONCEPTS INSTRUMENTAUX PROPOSÉS
- PERSPECTIVES

OBJET DE LA PHASE 0

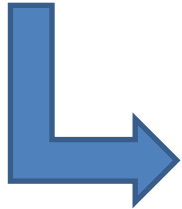
*Etude de prépositionnement sur les configurations (mission/instrument/traitement) **d'un système altimétrique dédié à l'étude de la cryosphère**, à la lumière de l'expérience acquise avec AltiKa et Cryosat.*

=> Mettre comme objectif principal les besoins spécifiques à l'observation des glaces de mer et glaciers continentaux

Ceux-ci, traditionnellement pris comme des objectifs secondaires de missions « océan », or la transition vers l'opérationnel de l'altimétrie les relègue à des exigences non-prioritaires.

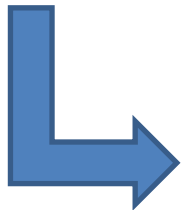
OBJECTIF DE L'ÉTUDE ALTICRYO

Proposer un concept de mission d'altimétrie optimisé pour l'étude des glaces (de mer et continentales), et basé sur l'héritage AltiKa...



bande Ka
résolution distance ~30cm
une seule antenne partagée par
l'altimètre et le radiomètre

... tout en tirant les leçons du retour d'expérience AltiKa.



améliorer l'observation des zones
pentues
Éviter la saturation des formes d'onde



Cible porteur = Proteus (300kg/300W) ou Myriade NG (150kg/150W)

ORGANISATION DE L'ÉTUDE

Besoin utilisateur

- Meeting scientifique conjoint avec l'ESA (le 3 février 2017), réunissant la communauté européenne -> rédaction d'un compte rendu
- Rédaction d'un « user requirement document »

Avec les contributions du LEGOS et de l'Ifremer

Étude instrument bi-fréquence Ka/Ku

Avec Thales Alenia Space

Design, évaluation des performances, bilan masse/volume/conso

Aspect traitement sol

Envisagé : comparaison configurations SAR/SARin, apport bi-fréquence

SOMMAIRE

- PHASE 0: QU'EST-CE QUE C'EST?
- OBJECTIFS MISSION VISÉS
- **CONCEPTS INSTRUMENTAUX PROPOSÉS**
- PERSPECTIVES

ÉTUDE INSTRUMENT : SPÉCIFICATIONS

Orbite

~720 km, haute inclinaison (latitude 88°)

Mode radar

Bandes Ka/Ku, mode SAR respectant les conditions suivantes :

- PRF $\geq 1.2 \cdot B_{\text{dop}}$ (pour éviter les ambiguïtés)
- Nombre d'échos décorrélés par seconde suffisant pour construire un écho PLRM -> pour permettre le lien avec les mission LRM passées

Résolution distance = AltiKa $\Rightarrow B=480\text{MHz}$ en Ka et Ku

Tracking

Mode closed-loop (difficultés sur les marges rencontrées en OL sur S3A)

Elargir la fenêtre d'acquisition/poursuite (glace continentale)

Algorithmes median ou EDP

Antenne

Diamètre 1m ou 1.20m

Partagée par l'alti et le radiomètre (K/Ka ou Ku/K/Ka)

ÉTUDE INSTRUMENT : CHOIX DE LA PRF

Lien entre ouverture et PRF :

$$B_{dop} = \frac{2 * V}{D} \rightarrow B_{dop} = \frac{2 * V * \theta_{3dB}^{az}}{\lambda} \quad \text{car} \quad \theta_{3dB} = \frac{\lambda}{D}$$

Puis $PRF = 1.2 * B_{dop}$

Avec ouvertures typiques AltiKa et Jason on obtient :

$$\theta_{3dB}(Ka) / \lambda(Ka) > \theta_{3dB}(Ku) / \lambda(Ku)$$

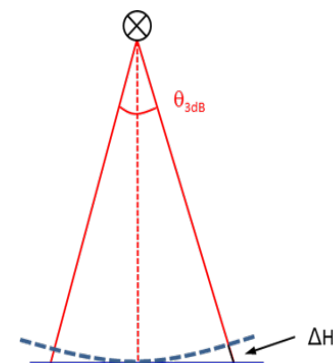
- ⇒ $B_{dop}(Ka) > B_{dop}(Ku)$
- ⇒ $PRF(Ka) > PRF(Ku)$
- ⇒ Choix PRF : $PRF(Ku) = PRF(Ka)$

ÉTUDE INSTRUMENT : CHOIX BANDE ET FENÊTRE DE TRACKING

Longueur de la fenêtre de tracking

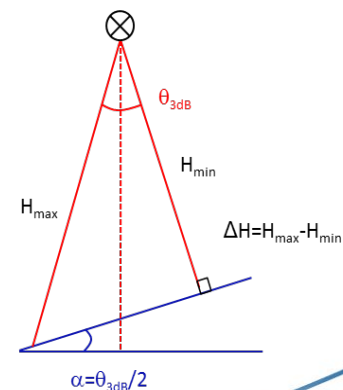
- o Surfaces de mer : $L > \Delta H$ = Différence de distance entre direction nadir et direction en bord de lobe à 3 dB

Configuration	Ka - 1 m Surfaces de mer	Ku - 1 m Surfaces de mer		Ka - 1.2 m Surfaces de mer	Ku - 1.2 m Surfaces de mer
θ 3 dB	0,61°	1,42°		0,50°	1,18°
ΔH à $\theta_{3dB}/2$	10,2 m	55,3 m		6,9 m	38,2 m
Longueur fenêtre de tracking	64,0 m	64,0 m		64,0 m	64,0 m
Durée fenêtre de tracking	0,43 us	0,43 us		0,43 us	0,43 us



- o Surfaces de terre : $L > \Delta H$ = Différence entre distance min et distance max en bord de lobe donnée par une pente égale à $\theta_{3dB}/2$

Configuration	Ka - 1 m Surfaces de terre	Ku - 1 m Surfaces de terre		Ka - 1.2 m Surfaces de terre	Ku - 1.2 m Surfaces de terre
θ 3 dB	0,61°	1,42°		0,50°	1,18°
ΔH dans faisceau 3 dB pour pente = $\theta_{3dB}/2$	40,8 m	221,1 m		27,4 m	152,7 m
Longueur fenêtre de tracking	64,0 m	255,8 m		64,0 m	255,8 m
Durée fenêtre de tracking	0,43 us	1,71 us		0,43 us	1,71 us



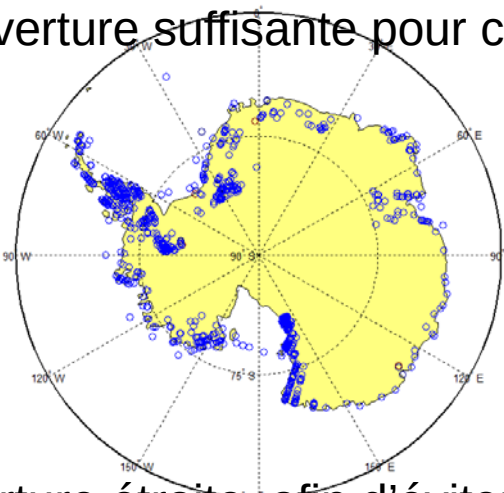
ÉTUDE INSTRUMENT : CHOIX BANDE ET FENÊTRE DE TRACKING

Choix bande de tracking

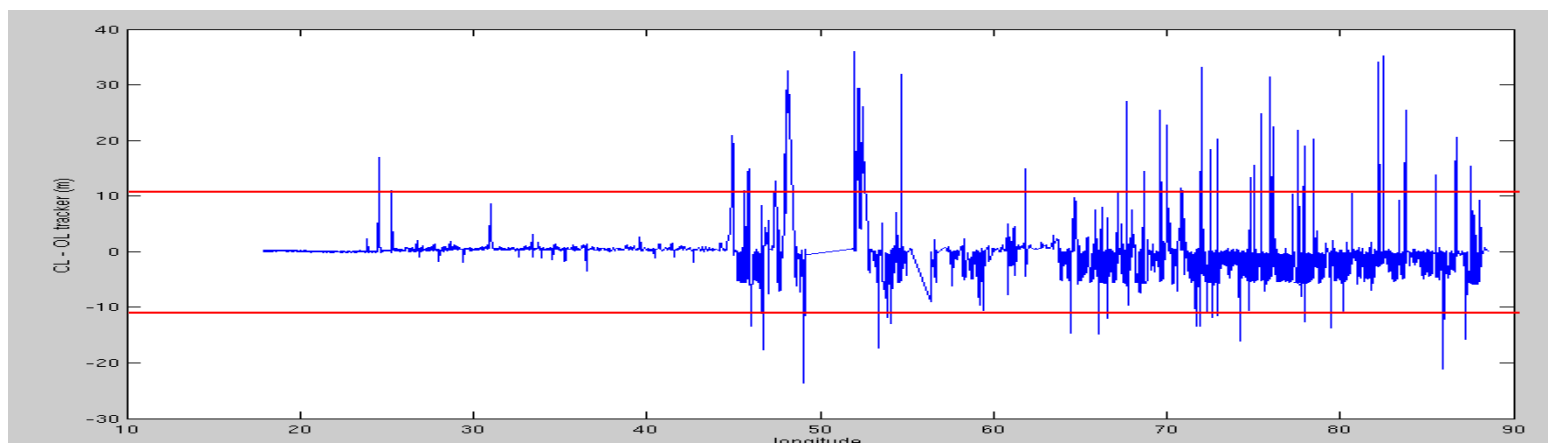
Problématiques différentes en glace de mer et glace continentale :

- Glace continentale : besoin d'une ouverture suffisante pour couvrir les zones de pentes => **choix bande Ku**

Les trous de mesures
AltiKa correspondent aux
zones de forte pente

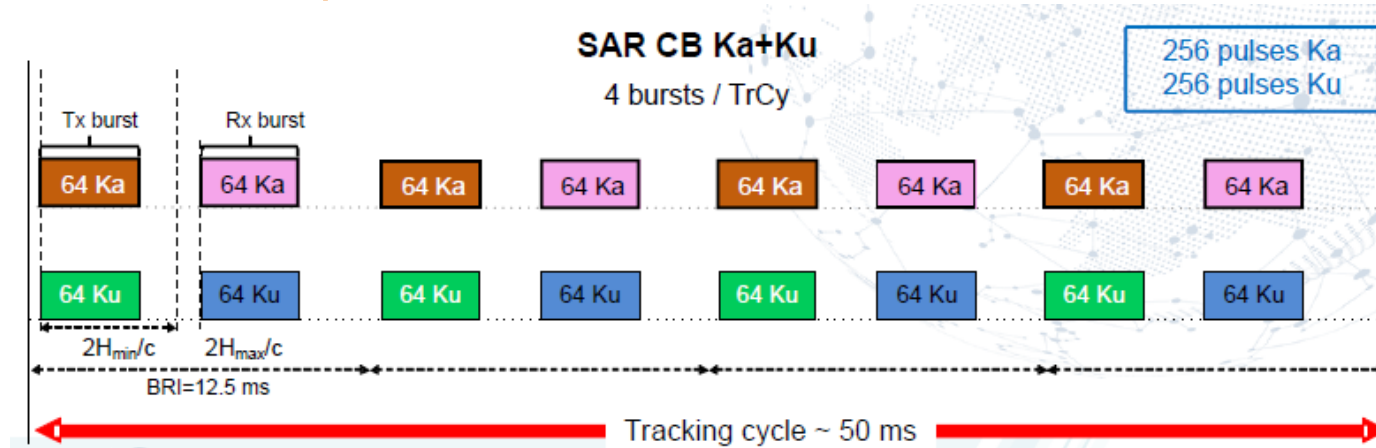


- Glace de mer : préférence pour ouverture étroite, afin d'éviter l'accrochage sur cible off-nadir => **choix bande Ka**



ÉTUDE INSTRUMENT : CHRONOGRAMMES ET RÉOLUTION AZIMUT

Emission/réception simultanée en bandes Ka et Ku



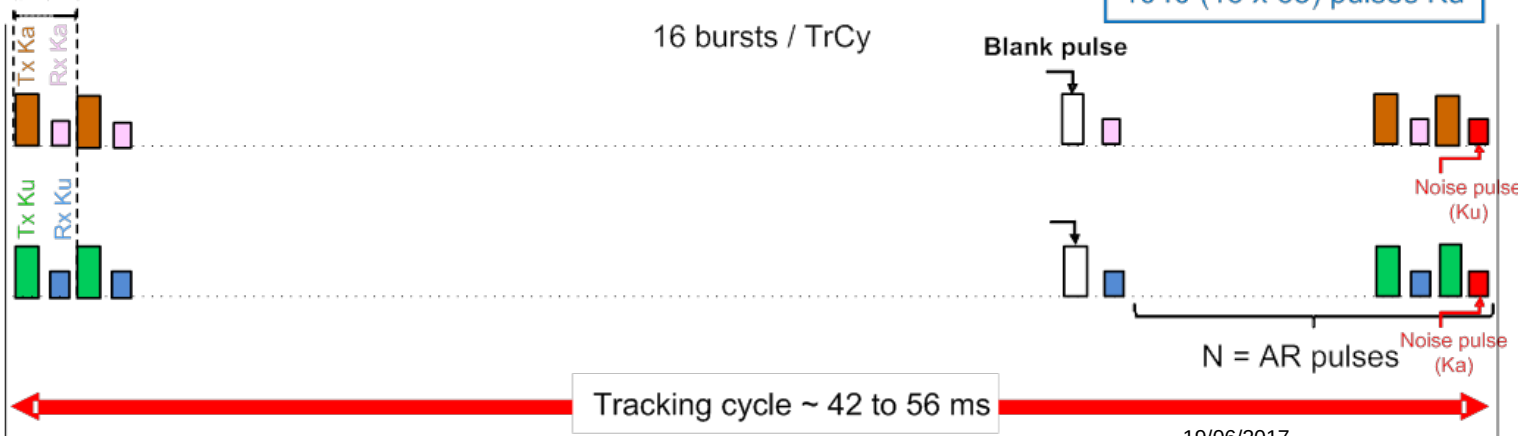
Pour antenne
1.2m,
 $res(Ka) \sim 100m$,
 $res(Ku) \sim 270m$

Configuration	Cycle de tracking	Nb. bursts / cycle	Intervalle PRF	Durée impulsion	Rang d'ambiguïté (AR)	M_{av} / M_{ap}
Ant. $\varnothing$ 1 m	[42.2, 45.6 ms]	16	[22.8, 24.6 kHz]	7.5 μs	115	4.6 μs
Ant. $\varnothing$ 1.2 m	[51.6, 55.7 ms]	16	[18.7, 20.1 kHz]	12.5 μs	94	3.8 μs

PRF# 19-25 kHz

SAR Interleaved Ka+Ku

16 bursts / TrCy



PLRM =
LRM



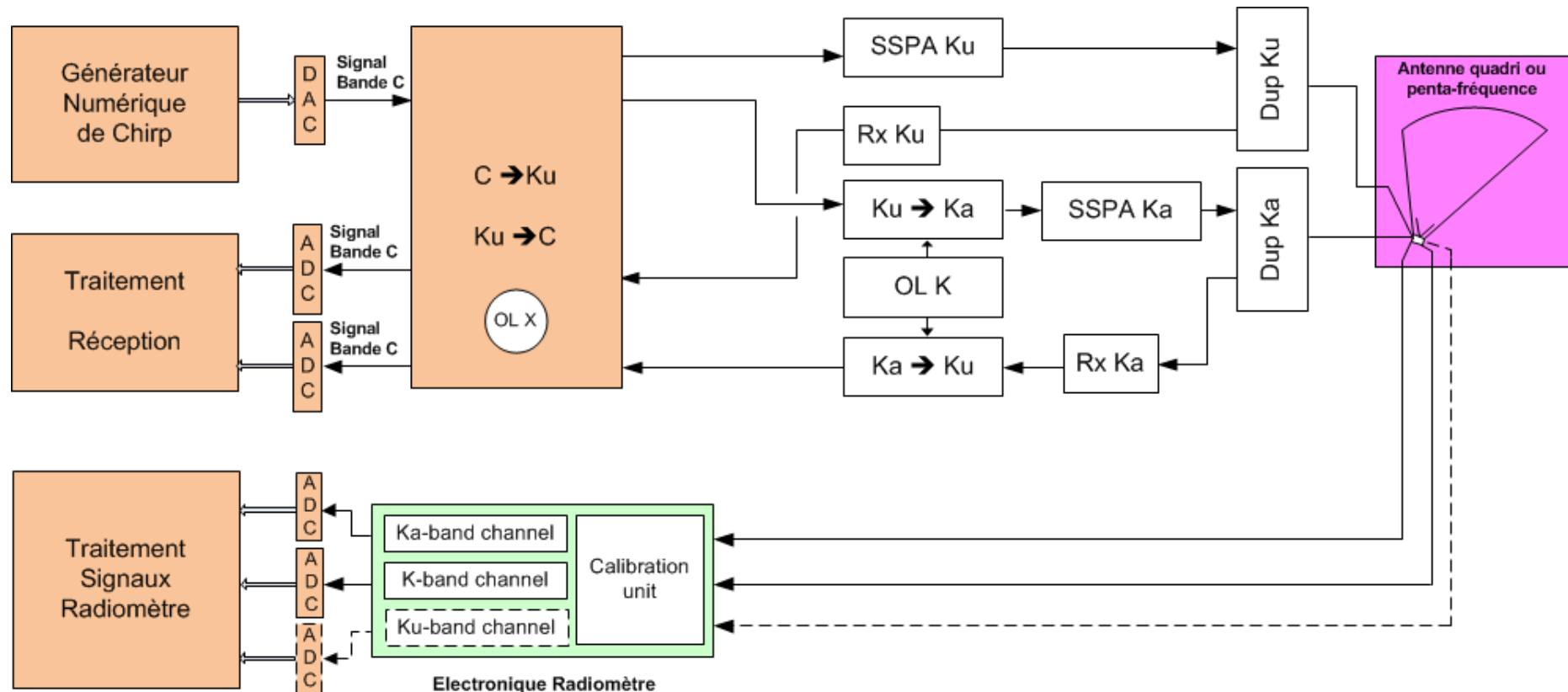
Taille
burst au
choix si
on veut

$res\ Ka=Ku$

ÉTUDE INSTRUMENT : ARCHITECTURE ÉLECTRONIQUE

Choix d'une architecture numérique

- + Tx/Rx simultanée dans les 2 bandes
- + Volume et conso section numérique réduits



ÉTUDE INSTRUMENT : PERFORMANCES

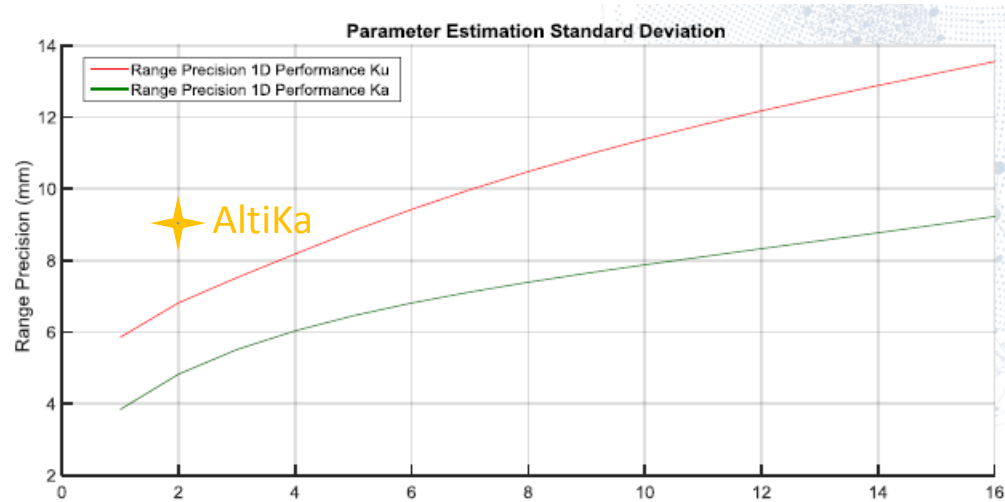
Bilan de liaison

OK pour assurer le tracking en SAR CB et interleaved avec antenne 1.2m

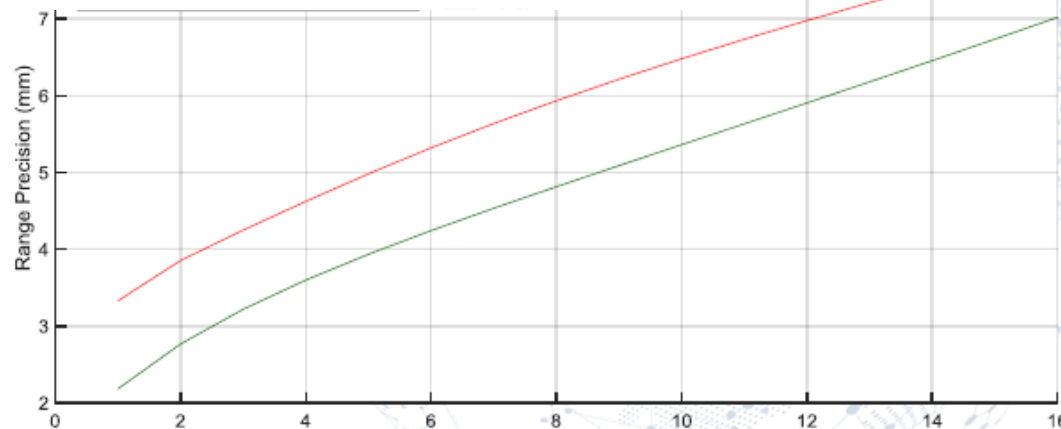
Bruit 1hz simulé (MLE3) en fonction des vagues

Performance sur océan = point de référence bien connu

SAR closed-burst :



SAR interleaved :
(plus d'échos /sec)



ÉTUDE INSTRUMENT : BILAN MVC ET DÉBIT TM

Instrument Alti Cryo	Masse	Volume (L x W x H)	Consommation SAR Closed-Burst	Consommation SAR Interleaved
DPU	5 kg	330 x 120 x 270 mm ³	40 W	40 W
RFU	13 kg	415 x 350 x 240 mm ³	50 W	105 W
Antenne ø 1.2 m	18 kg	1450 x 1200 x 1300 mm ³		
Harnais	3 kg			
TOTAL	39 kg		90 W	145 W

⇒ Étude thermique nécessaire

⇒ Technos long terme (suppression duplexeur, SSPA en GaN) permettraient de réduire la conso

Mode Alti Cryo	Débit	Hypothèses
Surfaces de mer		
SAR Closed Burst	42 Mbps	Header : 128 bytes - TrC=50ms - 8 bits/ech. I ou Q
SAR Interleaved	162 Mbps	Header : 128 bytes - TrC=52.9 ms - 8 bits/ech. I ou Q
Surfaces de terre		
SAR Closed-Burst	84 Mbps	Header : 128 bytes - TrC=50ms - 8 bits/ech. I ou Q
SAR Interleaved	323 Mbps	Header : 128 bytes - TrC=52.9 ms - 8 bits/ech. I ou Q

=> Débit peut être réduit en /2 fenêtre mesure Ka (en restant compatible de l'ouverture antenne), ou en implémentant des traitements à bord (ex: RMC sur mer)

SOMMAIRE

- PHASE 0: QU'EST-CE QUE C'EST?
- OBJECTIFS MISSION VISÉS
- CONCEPTS INSTRUMENTAUX PROPOSÉS
- **PERSPECTIVES**

RESTE À FAIRE

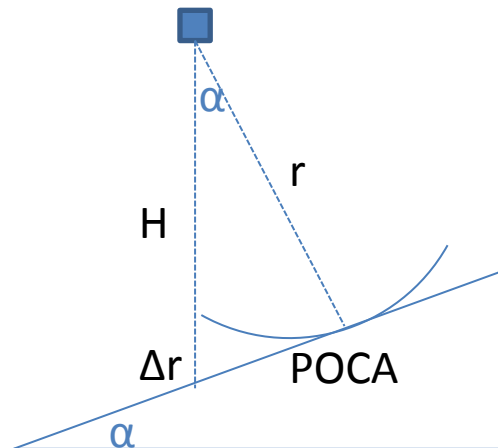
Aspect traitement

Points envisagés :

Comparaison entre SAR (1 antenne) et SARin sur glace continentale (calcul de la correction de pente), et sur glace de mer (détection des retours off-nadir)

- Correction de pente : estimée à partir d'un MNT en SAR / estimée à partir de l'angle interféro en SARin

$$\Delta r = H * \alpha^2 / 2$$



Faisabilité de l'estimation d'épaisseur de neige sur glace de mer en SAR

Liste des contraintes sur le système global (satellite, lien bord/sol...)

Déterminer s'il faut approfondir certains points, et dans quel cadre (PASO, R&T...)

BACKUP SLIDES

ETUDE INSTRUMENT : HYPOTHÈSE SIGMA0

Bande Ku : spécifications Cryosat

○ Bande Ku – Spécifications Cryosat-2 :

Mode	Echo type	σ_0 min	SNR (*)
LRM	Ocean echoes + ice echoes	0 dB	8 dB
SAR CB	Ocean echoes + ice echoes	0 dB	18 dB
SARIn CB	Ocean echoes + ices echoes (ice margins)	-10 dB	18 dB

(*) : SAR processing gain (#12 dB) included in SNR

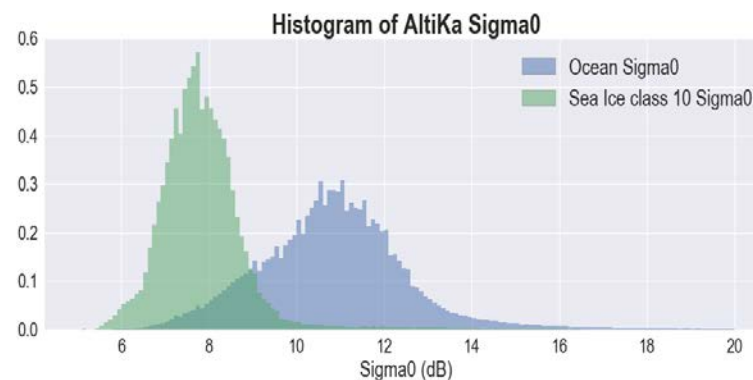
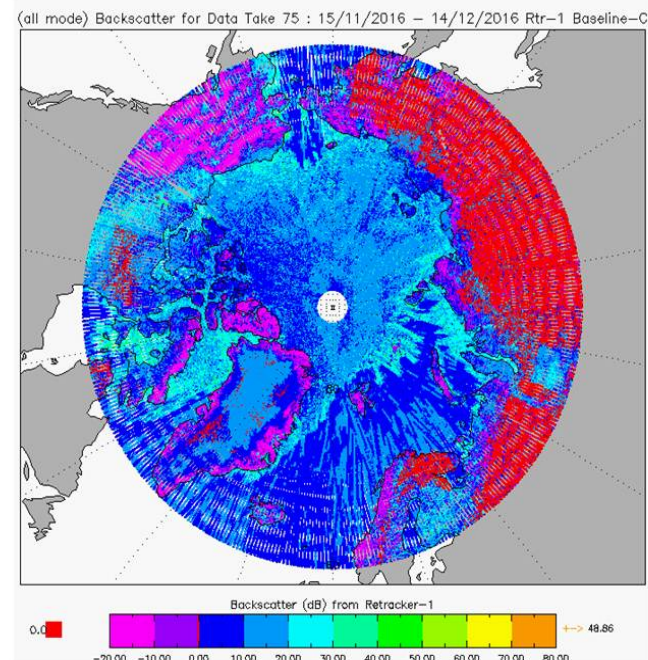
Tracking sur surfaces de terre :

- Spéc : SNR (**) = 6 dB @ σ_0 = 0 dB
- Objectif : SNR (**) = 6 dB @ σ_0 = -10 dB

○ Bande Ka - Tracking sur surfaces de mer :

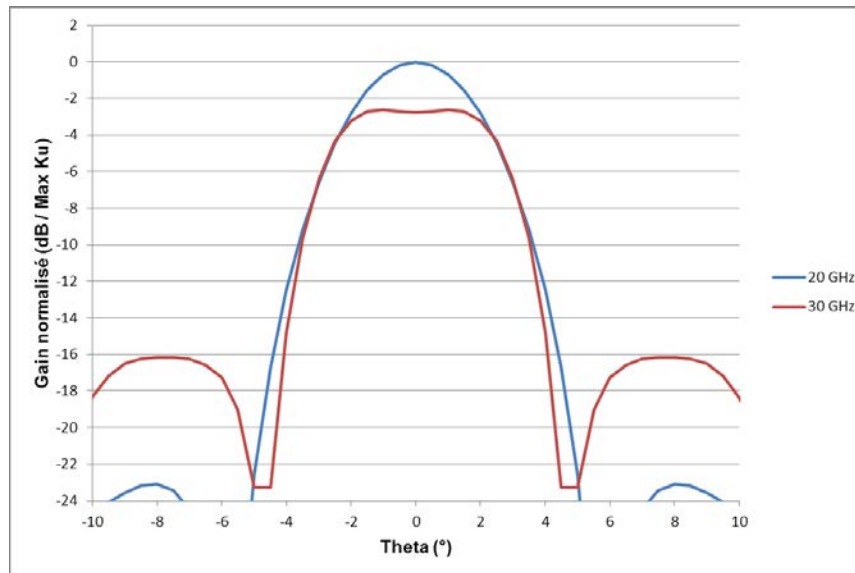
- Spéc : SNR (**) = 6 dB @ σ_0 = 5 dB
- Objectif : SNR (**) = 6 dB @ σ_0 = 0 dB

(**) : SNR avant traitement SAR



ETUDE INSTRUMENT : TEST GAIN KA~KU

Demande utilisateurs glace de mer pour avoir la même ouverture en Ka et Ku



Utilisation d'un shaping ->
Perte de la forme
gaussienne

-> rédhibitoire d'un point de vue de la PRF : PRF = **46,9kHz** (antenne 1,2m)

-> rédhibitoire d'un point de vue bilan de liaison :

SNR (Ka SAR) = **-1,4dB** (antenne 1,2m)

À comparer à la spécification CY de 18dB!

ÉTUDE INSTRUMENT : LONGUEUR FENÊTRE MESURE ET TRACKING

Configuration	Ka - 1.2 m Surfaces de mer	Ku - 1.2 m Surfaces de mer	Cryosat-2 LRM & SAR CB	Ka - 1.2 m Surfaces de terre	Ku - 1.2 m Surfaces de terre	Cryosat-2 SARIn CB (Ice margins)
θ 3 dB	0,50°	1,18°	1,23° (*)	0,50°	1,18°	1,23° (*)
ΔH	6,9 m	38,2 m	41,5 m	27,4 m	152,7 m	165,9 m
Bande du chirp	480 MHz	480 MHz	320 MHz	480 MHz	480 MHz	320 MHz
Fréquence d'échantillonnage	600 MHz	600 MHz	320 MHz	600 MHz	600 MHz	320 MHz
Résolution distance	31,23 cm	31,23 cm	46,84 cm	31,23 cm	31,23 cm	46,84 cm
Echantillonnage distance	24,98 cm	24,98 cm	46,84 cm	24,98 cm	24,98 cm	46,84 cm
Nb. d'échantillons tracking	256	256	128	256	256	102
Facteur Accumulation Distance (AD)	1	1	1	1	4	8
Longueur fenêtre de tracking	64,0 m	64,0 m	60,0 m	64,0 m	255,8 m	382,2 m
Durée fenêtre de tracking	0,43 us	0,43 us	0,40 us	0,43 us	1,71 us	2,55 us
Nb. d'échantillons mesure échos	256	256	128	512	512	512
Longueur fenêtre de mesure	64,0 m	64,0 m	60,0 m	127,9 m	127,9 m	239,8 m
Durée fenêtre de mesure	0,43 us	0,43 us	0,40 us	0,85 us	0,85 us	1,60 us
(*) : Ouverture across-track						