

## COMPTE RENDU DE REUNION

DIRECTION DU CENTRE SPATIAL DE TOULOUSE  
 SOUS-DIRECTION CHARGES UTILES SCIENTIFIQUES & IMAGERIE  
 SERVICE ALGORITHMIQUE, TRAITEMENTS ET PRODUITS RADAR

Ref : DCT/SI/TR/15-11821

Date : 29/06/2015

Page : 1/17

DATE REUNION :	25/06/2015	LIEU :	ENAC
OBJET :			
<b>Atelier altimétrie et glaciologie</b>			

PRINCIPALES CONCLUSIONS :
<p>L'atelier altimétrie et glaciologie réunit maintenant des équipes de toute la France.</p> <p>L'analyse des données SARAL se poursuit. A quelques mois du tir Sentinel3 des travaux d'analyse du mode SAR sur glace démarrent, grâce aux acquisitions Cryosat.</p> <p>L'approche multi-capteurs se renforce cette année et est très enrichissante.</p> <p>La thématique 'glace de mer' s'est considérablement développée depuis le lancement d'AltiKa, dans le contexte PEACH1 notamment.</p>
PROCHAINE REUNION : dans un an (juin 2016)

### PARTICIPANTS :

Cf liste en Annexe

### DIFFUSION : PARTICIPANTS +



atelier\_glaciologie.ms  
g

### VISAS

	Préparé / rédigé par		
Sigle	DCT/SI/TR	DCT/PO/AL	LEGOS
Nom	Amandine Guillot	Nicolas Picot	F. Remy
Visa			

**ORDRE DU JOUR :**

**Objectifs de la journée :**

- faire un état des lieux sur l'altimétrie sur glace (mer et continentale)
- dégager des pistes d'améliorations
- travailler sur la synergie entre capteurs
- fédérer une communauté toulousaine et plus largement française
- poursuite de l'exploitation des données SARAL/AltiKa

**Planning de la journée :**

heure début	intervenant	société	titre	durée
09:00			<b>ACCUEIL</b>	00:15
9:15	F. Remy	LEGOS	Introduction	0:15
9:30	J. Bouffard	ESA	statut de la mission Cryosat, acquisitions SAR sur Antarctique	0:15
9:45	N. Picot	CNES	mission Sentinel3	00:15
10:00	D. Hauser/C. Tison		mission CFOSAT	00:15
10:15	A. Mouche	Ifremer	Analyse des données GPM	0:15
10:30	J. Tournadre	Ifremer	ALTIBERG	00:15
10:45			pause	00:30
11:15	K. Guerreiro	LEGOS	Caractérisation des glaces de mer par altimétrie	00:15
11:30	JC Poisson	CLS	Classification des formes d'onde, Calcul du freeboard avec SARAL/AltiKa	0:15
11:45	A. Guillot	CNES	Comparaison images TerraSARX et SARAL/AltiKa	0:15
12:00	G. Hajduch	CLS	Imagerie SAR (TerraSAR, S1, ... ) sur glace de mer	0:15
12:15			Discussion	00:30
12:45			Déjeuner	01:30
14:15	N. Bouhier	Ifremer	Iceberg et température de surface	00:15
14:30	P. Thibaut	CLS	Conclusions du meeting glace de mer ISSI Bern	0:15
14:45	A. Mialon/S. Bircher	Cesbio	SMOS sur Antarctique (cryosmos)	00:15
15:00	D. Blumstein	LEGOS	Inversion des formes d'onde en Ka et Ku sur l'Antarctique	0:15
15:15	F. Remy	LEGOS	AltiKa sur l'Antarctique	0:15
15:30	N. Tran	CLS	Classification des neiges et glaces	0:15
15:45	H. Freville	Meteo France	Evaluation de la température de surface de MODIS en Antarctique et application à l'évaluation de la Ts de différents modèles	00:15
16:00			pause	00:30
			DISCUSSIONS	
16:30	A. Guillot		REX AltiKa sur glace	00:15
16:45			Expression de besoin pour une future mission d'altimétrie dédiée à la cryosphère	00:30
17:15			<b>CONCLUSION</b>	00:15

### 1) Introduction (F. Rémy, LEGOS)

L'atelier altimétrie et glaciologie 2015 rencontre un vrai succès avec 74 inscrits issus de 19 laboratoires ou organismes ! A noter également qu'à travers les présentations 9 capteurs sont abordés (et pas seulement des altimètres).

La communauté glaciologique est très active et cela se traduit notamment par la proposition de 8 articles pour le numéro spécial Marine Geodesy consacré à SARAL, dont la parution est prévue en septembre 2015. Un nouveau numéro dédié à SARAL pourrait voir le jour mais il y a besoin de volontaires pour gérer la sélection et la revue des papiers.

#### Chantier Arctique/ glace de mer

Il s'agit d'un programme national de recherche sur les grands enjeux scientifiques de l'Arctique en sciences de l'environnement, écologie et géosciences, sciences humaines et sociales, et sciences de la santé.

En pratique il s'agit d'un consortium national, qui va jouer le rôle d'un observatoire afin de mettre au point des méthodologies capables de répondre aux enjeux scientifiques.

Dans ce cadre, plusieurs projets sont en cours au LEGOS et à CLS. Il existe maintenant un axe scientifique transverse à l'OMP, piloté par Elena Zakharova, ainsi qu'un "groupe" glace de mer centré sur Altika, piloté par Guillaume Valladeau.

Un nouveau groupe européen sur la glace de mer piloté par Pierre Thibaut (CLS) a vu le jour dans le cadre de l'institut ISSI Bern. La première réunion de travail de ce groupe s'est tenue du 16 au 18 juin 2015.

#### ESA

Cryosat : des acquisitions en mode SAR ont été réalisées en Antarctique.

Retraitement Reaper (ERS1/ERS2) : les données sont disponibles.

Phase F Envisat : application des corrections echo et géo en cours.

Living Planet Symposium : la prochaine édition aura lieu du 9 au 13 mai 2016 à Prague ; il y aura une session dédiée à la cryosphère.

### 1) (bis) Statut de la mission SARAL/AltiKa (A. Guillot, CNES)

Charge utile : aucune anomalie n'a été détectée.

Produits : une nouvelle version (patch3) est en cours de préparation. Le standard d'orbite évolue (passage au GDR-E) à partir du cycle 25 pour les GDR, et dès le 30 juin pour les IGDR.

Orbite : un rappel du calendrier des précédentes manœuvres de maintien à poste est présenté.

22	31/03/2015 13:50:16.792	31/03/2015 13:50:18.970	station keeping maneuver. Delta_Vy twice more than expected.
22	09/04/2015 12:28:10.079	09/04/2015 12:28:14.127	station keeping maneuver to stop the westward drift. Impact on SRL_OPN_2PTS022_0609_20150409_120449_20150409_134350.EUM.nc
23	01/05/2015 12:36:37.505	01/05/2015 12:36:40.226	station keeping maneuver aborted => ground track shift
23	26/05/2015 12:51:07.903	26/05/2015 12:51:12.767	station keeping maneuver. (deltaV applied twice less than expected) thruster firing has taken place between 10:00 to 10:04 UT to control a reaction wheel error => impact on SLA in the OGDR SRL_OPN_2PTS023_0949_20150526_091055_20150526_104841.EUM.nc guidance has been performed with thrusters (instead of RW)=> impact observed on SLA in the OGDR SRL_OPN_2PTS023_0951_20150526_104840_20150526_122654.EUM.nc SRL_OPN_2PTS023_0953_20150526_122653_20150526_140613.EUM.nc SRL_OPN_2PTS023_0955_20150526_140613_20150526_155928.EUM.nc SRL_OPN_2PTS023_0958_20150526_155928_20150526_173916.EUM.nc SRL_OPN_2PTS023_0960_20150526_173916_20150526_191843.EUM.nc

24	16/06/2015 13:23	16/06/2015 13:39	station keeping maneuver (to calibrate satellite rotation with thrusters) The main objective is not to recover the nominal ground track but to calibrate this new way of performing satellite rotation. Impact on SRL_OPN_2PTS024_0553_20150616_130614_20150616_145932.EUM.nc
----	---------------------	---------------------	---

Depuis fin mars le maintien de la trace au sol ne s'effectue plus de manière nominale, en raison d'un problème rencontré sur les roues (servant à effectuer le changement d'attitude du satellite avant d'appliquer une poussée avec les tuyères).

L'ISRO et le CNES doivent maintenant décider de la stratégie à suivre : faisabilité du maintien de la trace en effectuant le contrôle d'attitude (durant les manœuvres) avec les tuyères ou dérive de la trace.

Attention, le graphique de suivi de la trace présenté n'est valable qu'à l'équateur.

## 2) Statut de la mission Cryosat-2 (J. Bouffard, ESA/ESRIN)

Le rôle de Jérôme Bouffard est de s'assurer de la qualité, de la performance des algorithmes et des produits Cryosat-2 sur la thématique glaciologique (l'océan restant du périmètre de P. Femenias).

Les objectifs de la mission sont rappelés : suivi de l'épaisseur de la glace de mer, suivi de la glace continentale.

L'utilisation de cette mission pour l'océan est une opportunité (produits IOP/GOP).

*A noter que ces produits océan ont été élaborés grâce à la fourniture d'algorithmes par le CNES.*

La définition théorique de l'orbite est rappelée :

Cycle de 369 jours, non héliosynchrone, altitude 717km, inclinaison de 92° pour une bonne couverture des régions polaires.

*Cependant, l'orbite n'est pas strictement répétitive (pour les traces descendantes); ce qui pose problème pour les analyses effectuées le long de la trace. Ceci est une conséquence de la mise à poste qui n'a pas été optimale (excentricité de l'orbite).*

L'inclinaison de l'orbite Cryosat permet de couvrir une surface supplémentaire par rapport aux autres missions d'altimétrie équivalente au Groënland (environ 2 millions de km<sup>2</sup>).

Evolution des produits :

La chaîne « Ice » est maintenant en Baseline C (ajout du champ freeboard) ; un reprocessing sera effectué. La conversion des produits au format NetCDF est prévu en 2016.

Acquisitions SAR en Antarctique : en préparation à la mission Sentinel3, de nouvelles acquisitions SAR en Antarctique ont été programmées en collaboration avec le CNES. Le CNES a obtenu des acquisitions TerraSAR-X contemporaines des mesures Cryosat sur la zone Spirit.

Lors de la prochaine édition du Living Planet Symposium, il y aura une session dédiée à Cryosat.

Pour les modifications du masque de mode, les demandes sont à adresser à Tommaso Parinello via un formulaire.

L'ESA a eu des retours des anglais sur le mode SARin, mais pas de la communauté française.

Des faibles dépointages pourraient être envisagés en fin de mission, afin de se rapprocher de la configuration SWOT.

## 3) Mission Sentinel3 (N. Picot, CNES)

*Remarque : il n'est pas sûr que les produits Cryosat baselineC soient en ligne avec les traitements implémentés pour Sentinel3.*

La date de lancement est confirmée au 31/10/2015, aucun point de blocage n'ayant été rencontré en tests d'intégration.

Grâce à la mission Sentinel3 on va disposer de données multi-capteurs co-datées et co-localisées ; cette synergie sera à exploiter.

<b>Ref :</b> DCT/SI/TR/15-11821	<b>Date :</b> 29/06/15 <b>Page :</b> 5/17
---------------------------------	--

A noter que la trace au sol Sentinel3 est nouvelle, avec un cycle à 27 jours.

Le satellite S3B sera lancé 18 mois après S3A. Le dossier du phasage S3A/S3B sur l'orbite a été ré-ouvert à la discussion ; il est donc envisagé de trouver un phasage plus favorable à la mission topographie sans dégrader la mission optique.

Le segment sol est complexe, avec un partage entre ESA et EUMETSAT.

- FOS (centre de contrôle) : sous responsabilité ESA en commissioning, puis sous responsabilité EUMETSAT
- Centres de traitement (PAC) : différents selon les instruments. A noter que l'ESA diffusera uniquement les produits « Land », et Eumetsat les produits « Marine » (pour le niveau 2). Si l'utilisateur souhaite une couverture globale, il devra faire lui-même la fusion des produits. Ainsi, pour une étude glace de mer il faudra récupérer les produits EUMETSAT, tandis que pour une étude glace continentale il faudra récupérer les produits ESA.

A ce jour le mode SAR n'a toujours pas été évalué sur les glaces continentales. Une étude CNES de R&T va démarrer sur le sujet mais elle ne suffira probablement pas pour adresser toutes les problématiques de stacking et de de retracking.

Il y a davantage d'expérience sur glace de mer, mais les instruments SIRAL (Cryosat) et SRAL (Sentinel3) diffèrent.

#### **4) Mission CFOSAT (C. Tison, CNES / D. Hauser, LATMOS / A. Mouche, Ifremer)**

CFOSAT est une mission franco-chinoise embarquant un diffusiomètre à vagues SWIM (France) et un diffusiomètre à vent SCAT (Chine). C'est la première fois que ces deux types d'instruments sont embarqués à bord d'un même satellite.

Le lancement est prévu mi- 2018.

La mission CFOSAT comporte des objectifs secondaires, dont la cryosphère. En effet, l'orbite est polaire (altitude 519 km à l'équateur) donc il y aura des mesures sur glace. Le cycle orbital est de 13 jours.

La caisse du satellite mesure 1,50m de côté, tandis que l'antenne SWIM mesure 2m de haut.

La spécification scientifique est d'observer les vagues de longueur d'onde entre 70 et 500m, ce qui représente une innovation par rapport à l'imagerie SAR (capacité à observer des « petites » vagues) en plus de l'observation omni-directionnelle.

SWIM réalise des acquisitions successives à 6 incidences entre 0° et 10°. La rotation de l'instrument (6tr/min) permet d'obtenir une caractérisation en azimut de 0° à 360°.

SCAT est un diffusiomètre à vent de type « fan beam » (large fauchée tournante à 360°) avec des incidences entre 20°-50°.

Les deux instruments ont des mesures co-localisées en temps et espace.

Les centres de missions seront dupliqués en France et en Chine, et traiteront les mesures SWIM et SCAT. Côté français, le CNES effectuera les traitements temps réel des niveaux L0 à L2, tandis que l'Ifremer s'occupera des traitements de niveaux L2S à L4 en temps différé.

Les produits SWIM fourniront 3 types d'information :

- Nadir (vagues, vent, sigma0 sur glace et terre)
- Vagues
- Sigma0

Pour la glace, les produits les plus pertinents sont les suivants :

- SWIM L1a : sigma0 sur chaque porte géolocalisée + forme d'onde
- SWIM L2 : sigma0 IceNew sur glace de mer + sigma0 ice1 sur glace continentale + profil de sigma0
- SCAT L1b : sigma0 en chaque porte radar.

En janvier 2016, un appel sera lancé pour constituer un groupe CalVal.

#### **5) Analyse des données GPM (A. Mouche, Ifremer)**

<b>Ref :</b> DCT/SI/TR/15-11821	<b>Date :</b> 29/06/15 <b>Page :</b> 6/17
---------------------------------	--

La mission GPM (Global Precipitation Mission, JPL/JAXA) dispose de 2 radars en Ku et Ka à faible incidence (respectivement [-18,+18] et [-8 ;+8] degrés). Il s'agit donc d'une configuration proche des futures missions CFOSAT (Ku) et SWOT (Ka).

Les dimensions des fauchées sont 120km en bande Ka et 250km en Ku.

La latitude maximum couverte est 65°, ce qui permet d'observer des événements extrêmes, des zones de fort courant, de la glace de mer et des icebergs.

#### Analyse des données GPM :

La dynamique de la section efficace radar obtenue avec GPM au nadir au-dessus des surfaces océaniques est cohérente avec les mesures AltiKa co-localisées en temps et en espace. Un biais de 0.1 dB est observé. D'autre part, les co-localisations systématiques entre les sections efficaces radar de GPM en bande Ku et Ka aux différents angles d'incidence disponibles ont montré une grande sensibilité de la décroissance du signal en fonction de l'angle d'incidence aux différents états de mer (vent et vagues).

#### Acquisitions sur glace de mer en Antarctique :

La mesure est très spéculaire, beaucoup plus que sur la mer. Par rapport aux mesures en plein océan, on obtient donc

- Une rétrodiffusion plus forte au nadir.
- Une décroissance du signal en fonction de l'angle d'incidence plus forte.

Une compensation de cette décroissance du signal en fonction de l'incidence permet de produire des cartes mensuelles de NRCS de glace en Ku et Ka en utilisant l'ensemble de la fauchée de GPM. Ces cartes révèlent :

- qu'une discrimination glace/mer est possible. Une mesure de l'étendue de la glace de mer (à 5km de résolution) est donc possible avec des radars actifs en near nadir.
- une forte variabilité spatio-temporelle sur les zones de glace de mer qui suggère la présence d'informations de concentration de glace et de rugosité dans le signal.

GPM, ASCAT (bande C) et AltiKa sont utilisés pour étudier la variation temporelle en un lieu donné (mer de Weddell) de la section efficace radar:

- A 40° d'incidence (ASCAT) le signal saisonnier est faible.
- AltiKa montre une forte variabilité du signal. Elle est attribuée à la forte sensibilité du signal au nadir à la réflexion spéculaire.
- Avec GPM, on observe que la sensibilité observée avec AltiKa décroît avec l'incidence. D'autre part, la variation du signal en fonction du temps obtenue avec GPM montre trois grandes phases : (i) une très forte transition (eau/glace) au moment de l'apparition des premières glaces, (ii) une décroissance de la rétrodiffusion jusqu'à mi-Septembre (maximum de glace de mer), puis (iii) une augmentation du signal au moment de la fonte.

L'analyse de la variation de la décroissance du signal dans le temps montre qu'au tout début de l'hiver (Avril) le  $\sigma_0$  chute très fortement quand l'incidence augmente. Puis au cours de l'hiver (Mai-Septembre), pendant la période de croissance de la zone de glace de mer cette décroissance du signal semble rester assez constante avant de se mettre à diminuer pendant la période de fonte. Les raisons de ces modifications de pentes et de niveaux de NRCS sont encore mal comprises. Toutefois, la forte décroissance observée au début de l'hiver est attribuée à de la réflexion est spéculaire sur de la glace de mer très jeune et lisse. De même la diminution de la pente du signal pendant la saison de la fonte est attribuée à une forte modification de la rugosité de la glace avec des pentes plus fortes et des longueurs d'ondes plus grandes et l'apparition de zones de fractures où la mer peut être présente et significativement jouer sur la rétrodiffusion. L'impact de la modification du milieu (permittivité) et de la présence possible de neige est encore mal comprise.

#### **A retenir :**

- Les mesures de NRCS en bande Ku et Ka en proche nadir sont très sensibles à la glace de mer et doivent permettre une discrimination entre glace de mer et océan
- En Ku comme en Ka, la décroissance de la section efficace radar proche du nadir permet de mieux renseigner les différents mécanismes d'interactions ondes électromagnétique/surface de glace qu'une mesure à un seul angle d'incidence.
- Même si la pluralité des phénomènes en jeux et la « jeunesse » du jeu de données utilisé rendent encore complexe l'analyse et préliminaires les conclusions présentée, les mesures GPM doivent être considérées comme une bonne opportunité pour la préparation des missions CNES que sont SWOT et CFOSAT.

## 6) ALTIBERG (J. Tournadre, Ifremer)

Le transfert d'eau douce vers l'océan Austral s'effectue par la fonte des bases des plateformes glacières et par la fonte des icebergs. Ces deux voies de transfert sont équivalentes et estimées à 1500Gt/an.

On dispose de peu de données sur les icebergs.

L'altimétrie permet d'accéder à une mesure du profil de franc bord pour les grands icebergs et de détecter les petits. Cette détection se traduit par un pic dans la forme d'onde avant le front de montée de l'écho océanique.

La base de données contient maintenant 9 missions altimétriques. Pour chaque mission il existe un produit grillé de volume, de probabilité de présence, de surface moyenne des icebergs.

Entre les différentes missions on observe des disparités sur la distribution de  $\sigma_0$ , notamment dues aux caractéristiques des orbites et des capteurs. La distribution des surfaces d'iceberg est homogène entre les missions.

La série temporelle multi-mission des volumes d'icebergs montre un cycle périodique de 10 ans mais nous n'avons pas de séries assez longue pour confirmer cette périodicité.

La carte de volume mensuel moyen montre que les icebergs sont plus petits au Nord, du fait de la fonte.

Pour les grands icebergs on peut comparer l'altimétrie avec MODIS.

Pour visualiser les icebergs dans les formes d'onde, la consigne tracker est prise en compte.

5000 profils d'élévation ont été traités à la main, du fait de l'absence de détection automatique des bords de l'iceberg. On obtient une base de données de volume des gros icebergs (>100km<sup>2</sup>) de 2002 à 2012.

Sur les séries temporelles de volume issues de l'altimétrie on observe une fonte constante entre 2002 et 2012. Le nombre d'icebergs reste à peu près stable mais du fait de la fracturation cela ne veut pas dire que le volume total de glace augmente.

La fonte des gros icebergs est un faible contributeur à la perte de volume, c'est la fragmentation en plus petits icebergs (dont la fonte est plus efficace) qui prédomine.

Quelques perspectives sont listées :

- mieux comprendre le processus de fragmentation.
- Quelle est la rétraction de la glace de mer sur les icebergs ?
- Quelle est la relation avec les grands cycles de l'atmosphère ?

### A retenir :

L'altimétrie est un outil très performant et unique pour étudier la distribution du volume de glace transporté par les icebergs. Ceux-ci constituent la composante essentielle du flux d'eau dans l'océan au large des côtes du continent Antarctique. De nouvelles possibilités s'ouvrent par le développement de l'altimétrie SAR (meilleure détection, estimation plus précise de la surface) et l'utilisation de GPM.

## 7) Estimation de l'épaisseur de neige sur la glace de mer Arctique (K. Guerreiro, LEGOS)

Tout au long de l'année la neige à la surface de la banquise impacte le bilan thermodynamique de la glace. Pendant l'hiver elle isole la glace de l'air et ralentit sa croissance alors que durant le printemps la fonte de la neige forme des melt ponds ce qui entraîne une diminution de l'albédo et une accélération de la fonte de la glace de mer.

L'épaisseur de neige est également utilisée pour calculer l'épaisseur totale de glace à partir du freeboard.

L'environnement Arctique est en constante évolution à l'instar du changement climatique et l'atlas des épaisseurs de neige communément utilisé (Warren et al., 1999) n'est plus à jour, d'où l'importance des observations spatiales.

Il faut savoir que la neige sur glace de mer a des propriétés différentes de celle sur glace continentale :

- La taille des grains est très élevée (entre 4 et 20mm)
- La température peut augmenter de 20-30° en quelques jours
- Les leads apportent de l'humidité

<b>Ref :</b> DCT/SI/TR/15-11821	<b>Date :</b> 29/06/15 <b>Page :</b> 8/17
---------------------------------	--

Pour cette étude les missions Cryosat-2 (SAR : produit CPPv14, SARin : produit ESA Baseline B) et SARAL/AltiKa sont utilisées (retracking ice1). La période d'étude commence donc en 2013, et la latitude maximale couverte est 81,5°.

L'hypothèse de départ est la suivante :

- En Ka la hauteur retrackée correspond à l'interface air/neige
- En Ku la hauteur retrackée correspond à l'interface neige/glace (hypothèse historique)

Ainsi, par différence des hauteurs estimées en Ka et en Ku on devrait obtenir une estimation de l'épaisseur de neige.

Sur les cartes obtenues pour l'hiver 2013/2014, on retrouve la zone de MYI (multi year ice) là où l'épaisseur de neige est la plus importante. Ceci s'explique par le fait que la MYI est plus rugueuse et donc retient mieux la neige ; la FYI (first year ice) est plus lisse et donc la neige est plus facilement balayée par le vent.

En mars/avril il y a peut-être une surestimation de l'épaisseur de neige sur les zones de fast ice (glace accrochée à la terre).

Ces résultats sont comparés avec les données OIB (operation ice bridge) pour validation ; on obtient une corrélation de 0,71.

Sur la FYI, les petites épaisseurs de neige semblent sous-estimées, tandis que l'on note un bon accord sur la MYI (épaisseur < 40cm).

Sur la MYI la climatologie Warren99 est cohérente avec l'altimétrie. Sur la FYI, l'épaisseur retrouvée par altimétrie (tout comme pour les mesures in-situ actuelles) est beaucoup plus faible que pour la climatologie.

A la fin de l'hiver (à partir de Mars), l'épaisseur de neige retrouvée par altimétrie n'est plus corrélée aux observations in-situ. Plusieurs hypothèses sont plausibles.

- Un changement de pénétration du à l'augmentation brutale de température durant cette période
- Une modification du type de glace dans les zones observées du au déplacement de la glace
- Une densification de la neige

#### **A retenir :**

La présence d'altimètres opérant à différentes fréquences est une réelle opportunité pour l'observation des zones de la cryosphère. Cette étude démontre le potentiel des altimètres en bande Ka et Ku à faire des estimations d'épaisseurs de neige mais leur utilisation conjointe pourrait dans le futur nous en apprendre d'avantage sur l'état de la neige (taille de grain, densité...).

### **8) Glace de mer : classification des échos et calcul du freeboard avec SARAL/AltiKa (JC. Poisson, CLS)**

Le calcul du freeboard se fait en 6 étapes :

1. Classification des formes d'ondes pour distinguer les leads de la glace
2. Retracking
3. editing des hooking (cible off-nadir)
4. filtrage de la hauteur de la glace
5. interpolation de la hauteur de la glace au-dessus des leads
6. calcul du freeboard au niveau des leads

Le choix du calcul du freeboard au niveau des leads a été fait pour s'affranchir de l'incertitude sur le niveau d'eau sous la glace. On a ainsi moins de valeurs de freeboard mais on est plus confiant sur la hauteur estimée. Par cette méthode on minimise également l'impact des corrections de grandes longueurs d'onde (par rapport à la largeur des leads) comme la MSS.

#### Classification :

Certaines classes ne sont pas utilisées par la suite mais il est nécessaire de les identifier pour ne pas polluer les autres classes.

Les classes utilisées pour cette étude sont les 2 (attribuée aux leads), 4, 6 et 10 (attribuées à la glace de mer).

En période de fonte on observe une augmentation de la proportion de classe 2, due aux leads mais aussi à la formation de melt ponds (fonte en surface). Il est difficile de discriminer ces 2 effets à partir la forme de la forme d'onde.

A partir de la classification on peut en déduire une estimation de la couverture de glace ; cela a permis de vérifier la cohérence avec la couverture de glace fournie par le NSIDC.

#### Retracking :

<b>Ref :</b> DCT/SI/TR/15-11821	<b>Date :</b> 29/06/15 <b>Page :</b> 9/17
---------------------------------	--

Le modèle développé (IceNew) s'adapte à tout type d'écho. En fonction de la pente du second plateau, on observe une évolution de la position du point retracké (entre 50% et le max du front de montée). Un nouveau retracking a été développé à partir de ce modèle, utilisant la classification pour s'adapter à tous les types d'écho.

Ce modèle suppose que la surface est rugueuse -> qu'en est-il dans les leads ?

Une étude des échos de la classe 2 montre qu'ils ont une forme asymétrique (et non gaussienne) ce qui suggère la présence de rugosité ; le modèle est donc applicable à cette classe.

Du fait de la résolution distance limitée, peu de points décrivent un écho spéculaire. Ainsi, selon la position de l'écho dans la fenêtre de poursuite, la forme de l'écho est très différente. Il y a donc un impact significatif en cas d'utilisation d'un retracking géométrique.

#### Editing des hooking :

L'hypothèse est que le nadir correspond au maximum du gain d'antenne ; on considère donc que les leads vus au nadir correspondent aux maximums locaux de  $\sigma_0$ .

Les cartes de freeboard obtenues sont crédibles mais il y a des pistes d'amélioration à toutes les étapes de traitements.

#### **A retenir :**

Une nouvelle méthode de calcul du freeboard a été mise au point sur SARAL/AltiKa à partir de la classification des formes d'onde et d'un tout nouveau retracking permettant de traiter aussi bien les échos de glace que de lead. Ce retracking basé sur un modèle physique permet de prendre correctement en compte l'instrument (diagramme d'antenne, PTR, etc...) et fournit une position physique du point retracké dans la forme d'onde contrairement aux retracking par seuil.

La méthode présentée propose un calcul du freeboard dans des zones où des mesures de hauteur de glace et de hauteur d'eau dans les leads sont très proches. C'est une nouvelle approche par rapport au méthode traditionnellement utilisées dans la communauté glace.

### **9) Comparaison d'images TerraSAR-X avec AltiKa sur glace de mer (A. Guillot, CNES)**

L'objectif est d'aider l'interprétation des mesures AltiKa en utilisant des images SAR.

Cette étude se fait dans le contexte d'un appel d'offre scientifique lancé par le DLR pour l'exploitation d'images TerraSAR-X. La proposition de l'équipe DCT/SI/TR du CNES a été retenue, ce qui donne accès à des demandes de programmation et au catalogue d'images existant.

L'exemple montré est une acquisition faite en Mer de Beaufort le 16 novembre 2014. L'écart temporel avec la trace SARAL n°495 (cycle 18) est de 2h30. D'après le produit OSISAF la concentration en glace de la zone est d'environ 80%.

Le principe de la méthode est de calculer pour chaque position SARAL (40hz) un pixel moyen sur 7,5% de l'empreinte altimètre.

On s'attend à une évolution opposée du  $\sigma_0$  sur les 2 types d'instruments ; en effet, un lead se traduit par un fort  $\sigma_0$  au nadir tandis que le  $\sigma_0$  à forte incidence est faible (zone foncée sur l'image).

On retrouve bien ces évolutions opposées sur AltiKa et TerraSAR-X.

Par ailleurs, CLS/DAR a fourni un flag de présence de lead sur l'image TerraSAR-X sous la trace SARAL. Ce flag est comparé à la classe 2 des formes d'onde SARAL/AltiKa. On retrouve les leads identifiés par le flag dans la classe 2 AltiKa. Par contre, il semble que l'on détecte plus de leads (classe 2) avec AltiKa qu'avec TerraSAR-X.

*Remarque N. Longepe : le flag calculé est calculé à partir de l'image SAR filtrée donc il paraît logique de détecter moins de leads qu'avec SARAL.*

*Remarque J. Tournadre : il serait intéressant de regarder à l'œil sur l'image les différences de détection entre SARAL et le flag SAR.*

Il a été vérifié que la calibration du  $\sigma_0$  (par application du facteur de calibration et prise en compte de l'angle d'incidence) ne modifie pas les patterns de  $\sigma_0$  donc ne modifie pas les observations faites sur la comparaison avec l'altimétrie.

**A retenir :** bonne cohérence entre les  $\sigma_0$  altimètre et SAR. L'analyse est à poursuivre et à étendre à d'autres images, y compris Sentinel1.

Ref : DCT/SI/TR/15-11821	Date : 29/06/15 Page : 10/17
--------------------------	---------------------------------

## 10) Imagerie SAR sur glace de mer (N. Longépé, CLS)

Il existe des images SAR dans les bandes L, C et X.

De nombreux paramètres influencent la rétrodiffusion de la glace de mer, conduisant à des ambiguïtés sur les images SAR entre l'eau libre et la glace fine dans les leads.

Exemple d'image : les filaments clairs peuvent correspondre à d'anciennes fracturations de la glace.

Le principe de l'algorithme de détection de lead est le suivant :

A partir de l'image on déduit une carte de texture.

D'autre part on estime une carte de  $\sigma_0$  s'il y avait de l'eau libre partout.

Ces cartes de  $\sigma_0$  mesuré, de  $\sigma_0$  simulé, et de texture sont combinées pour estimer la probabilité de présence d'un lead en chaque pixel.

Pour aboutir à la carte finale de flag on applique un filtrage (filtres morphologiques) qui a pour effet d'éliminer les petits leads.

### Apport de la diversité de polarisation :

Il y a un contraste très fort VV/HH sur les zones de lead avec formation de glace fine (une couche de sel s'est formée).

La cohérence VV-HH informe sur le type de glace. Pour les bandes L et C, sur la FYI les polarisations VV et HH sont décorréliées. En bande X en revanche, plus la glace est rugueuse plus la corrélation VV-HH est faible. On a alors un proxy de l'épaisseur de glace (corrélée avec la rugosité).

### Effet du vent dans les leads et les melt ponds :

Fetch = étendue sur laquelle le vent a une influence sur les vagues.

En bande C, on observe une diffusion de Bragg même avec un vent faible, pour un fetch quasi-nul.

Augmentation de la rétrodiffusion avec la distance de fetch (création de pentes plus importantes), mais saturation à 2-3 km (équilibre vent/vague se crée ?)

*Remarque : l'étude reste à faire en Ku/Ka nadir / proche nadir. Dans le cas de l'imagerie SAR, les angles d'incidence sont entre 20-40°.*

Le vent froid venant de la glace entraîne aussi une turbulence atmosphérique qui peut engendrer une accélération du vent au niveau des leads.

### Sentinel1 et détection d'icebergs :

Le « wave mode » permet un échantillonnage régulier sur la mer. Les acquisitions correspondent à des vignettes de 20kmx20km tous les 100km, avec une résolution de 5m.

Faisabilité d'une détection systématique des icebergs de petites tailles (<100 mètres). Les résultats semblent complémentaires des analyses Altiberg.

**A retenir :** Complémentarité de l'imagerie SAR et de l'altimètre, que ce soit pour la détection et la caractérisation de la glace de mer mais aussi la détection d'icebergs en Antarctique.

## 11) Icebergs et température de surface (N. Bouhier, Ifremer)

Cette étude est en lien avec le projet ALTIBERG.

Les 3 processus de fonte des icebergs sont :

- « wave erosion » : les vagues grignotent la glace
- « Forced convection » : transfert de chaleur turbulent
- « buoyant convection » : l'eau de fonte, plus froide et plus douce, crée des cellules de convection

Le panache d'eau fraîche issu de la fonte d'un iceberg peut s'étendre sur 10 fois la surface de l'iceberg.

L'étude vise à observer la signature des mécanismes de fonte sur la température de surface.

On calcule l'anomalie de SST hebdomadaire, moyennée en latitude autour de la trajectoire d'un iceberg ; ceci permet de visualiser le panache d'eau douce. La modulation par la circulation méso échelle fait que l'iceberg peut être séparé du panache.

<b>Ref :</b> DCT/SI/TR/15-11821	<b>Date :</b> 29/06/15 <b>Page :</b> 11/17
---------------------------------	---

*Suggestion J. Bouffard : comparer le panache avec la trajectoire de particules advectées par les courants AVISO.*

**A retenir :**

L'analyse de données satellites (SST) permet d'étudier l'injection d'eau douce par les icebergs dans l'Océan Austral. Grâce aux distributions spatio-temporelles issues d'ALTIBERG, on peut étudier l'effet des icebergs à grande échelle sur la banquise et/ou la production primaire.

**12) Conclusions du meeting glace de mer à ISSI Bern (P. Thibaut, CLS)**

ISSI est un institut mettant à disposition des locaux pour que des équipes scientifiques internationales puissent se réunir.

Le groupe Mean Sea Level et glace de mer en Arctique est composé de 15 personnes (issues des études CCI et PEACHI) ; cette liste n'est pas exhaustive et ne prétend pas regrouper toute la communauté glace de mer.

Le meeting a été structuré autour de l'identification des étapes de traitement nécessaires au calcul du niveau moyen de la mer en Arctique et de l'épaisseur de glace.

On constate que les communautés niveau de la mer et glace de mer ont des méthodes bien différentes, les premiers étant davantage experts en traitement des données altimétrie, et les seconds ayant une meilleure connaissance du terrain.

Parmi les perspectives on peut citer la comparaison des résultats de freeboard, la comparaison des données AltiKa avec de l'in situ, l'estimation des incertitudes.

Pour mener ces nouvelles études il faut trouver de nouveaux cadres contractuels.

**A retenir :**

Cette première réunion du groupe « Arctique » a donné lieu à des échanges très fructueux entre les communautés océan et glace de mer.

**13) Cryosmos : SMOS sur l'Antarctique (A. Mialon/S. Bircher, CESBIO)**

La mission SMOS opère à une fréquence de 1,4GHz (soit une longueur d'onde 21cm).

La reconstruction d'images permet d'obtenir des cartes de résolution 15-25km.

L'orbite est polaire et héliosynchrone. Les glaces sont donc couvertes, et la cryosphère est un objectif secondaire de la mission.

Les hautes latitudes sont couvertes en 2 jours.

La grande profondeur de pénétration en bande L apporte une complémentarité par rapport aux autres missions.

Le projet Cryosmos, financé par l'ESA, a pour but d'exploiter le potentiel de la mission SMOS sur l'Antarctique.

Cas 1 : accès à la température interne de la calotte.

Cas 2 : relation entre la température de brillance et la topographie

Cas 3 : caractérisation des plateformes de glace

Cas 4 : processus de surface.

Il y a une corrélation entre les températures de brillance et la fonte sur les côtes de l'Antarctique.

A l'intérieur de la calotte, la température de brillance dépend de la densité de la glace.

Un radiomètre in situ placé au Dôme C (DOMEX) a permis de valider les mesures SMOS.

Le projet SMOS Ice (financé par l'ESA) vise à montrer la complémentarité entre les données SMOS et Cryosat pour le calcul de l'épaisseur de glace de mer en Arctique.

Il existe également un projet visant à fournir des cartes journalières de l'épaisseur du sol gelé dans l'hémisphère Nord.

**A retenir :** la complémentarité entre les données SMOS et l'altimétrie est à exploiter.

Ref : DCT/SI/TR/15-11821	Date : 29/06/15 Page : 12/17
--------------------------	---------------------------------

#### 14) Inversion des formes d'onde sur l'Antarctique (D. Blumstein, CNES/LEGOS)

La relation entre hauteur et  $\sigma_0$  est six fois plus faible en bande Ka qu'en bande Ku (0.3 m/dB en Ku contre 0.05 m/dB en Ka).

La comparaison des données Envisat (Ku) et AltiKa (Ka) se fait sur le lac Vostok, afin de s'affranchir des phénomènes de pente.

Le tracé du  $\sigma_0$  le long de la trace et au cours des différents passages satellite montre une plus forte variabilité spatiale et temporelle en Ka qu'en Ku.

Le simulateur de forme d'onde développé au LEGOS nécessite en entrée une bonne description de l'instrument et de la scène.

Les résidus (écart entre les formes d'onde réelle et simulée) sont de l'ordre de 10% de l'amplitude, ce qui correspond à la valeur attendue du speckle -> le modèle est validé.

Les résultats de l'inversion sur le lac Vostok sont montrés ; ils correspondent à 3ans de mesures Envisat et 1,2 ans d'AltiKa.

En Ku, les pics de  $\sigma_0$  proviennent de la rétrodiffusion de surface, plus élevée en été. La rétrodiffusion de volume est à peu près constante au cours du temps, et est environ 3 fois plus importante que la rétrodiffusion de surface.

En Ka, les rétrodiffusions de surface et de volume sont équivalentes, y compris dans leurs variations temporelles.

La profondeur de pénétration estimée (1/coefficient d'extinction) est de 6m en Ku et 1m en Ka.

Les variations saisonnières du  $\sigma_0$  Ka et de la température de brillance 37GHz ne semblent pas évidentes à corrélérer.

#### A retenir :

On a quantifié sur Vostok la contribution relative de la rétrodiffusion de surface et du volume. La pénétration est plus faible en bande Ka mais la rétrodiffusion de volume est encore dominante dans cette bande sur le plateau Antarctique. Ceci confirme des travaux empiriques précédents.

#### 15) AltiKa en Antarctique (F. Remy, LEGOS)

##### Dépointage

On trace le nombre de points avec un  $\sigma_0$  à plus de  $3 \cdot \sigma$  de la moyenne ; on retrouve les cycles affectés par des épisodes de dépointage.

Cette méthode est appliquée à tous les paramètres issus du retracking ice2 ( $\sigma_0$ , pente du flanc, largeur du front de montée, hauteur) ; on observe que les évènements de dépointage affectent tous les paramètres. La carte d'écart de  $\sigma_0$  aux points de croisement semble physique au cycle 11 mais pas au cycle 19.

##### Phase du signal saisonnier

En Ku, le maximum de  $\sigma_0$  est observé en avril et en septembre. Ces 2 périodes correspondent à des zones géographiques différentes.

En bande S, le maximum de  $\sigma_0$  est toujours observé en avril.

En bande Ka, le maximum est observé en novembre.

Ces différences de phase selon la fréquence restent inexplicables.

##### Différence de hauteur estimée en Ku et Ka

La carte de différence des hauteurs Envisat/AltiKa porte 3 signaux différents :

- La perte de masse de certains glaciers dans le temps (Envisat et AltiKa ne sont pas contemporains)
- La différence de pénétration due à la différence de fréquence
- L'effet de l'ouverture d'antenne (plus faible sur AltiKa) sur les côtes

Sur le lac Cook, on observe un profil de topographie différent en Ku et en Ka ; il semble que l'ouverture d'antenne réduite en Ka permette de mieux mesurer le creux provoqué par la vidange du lac.

Ce qui intéresse les glaciologues c'est la série temporelle de variation de hauteur. La variation de hauteur au cours du temps mesurée par l'altimétrie est convertie en perte de masse. On observe un bon accord avec la série temporelle issue des mesures Grace recalées sur le début de vie Envisat.

Ref : DCT/SI/TR/15-11821	Date : 29/06/15 Page : 13/17
--------------------------	---------------------------------

**A retenir :**

Le calage des séries temporelles d'AltiKa sur celles d'EnviSat, pour le bilan de masse sera délicate, notamment à cause du gain d'antenne différent qui affecte les deux mesures sur des échelles spatiales de grande et de petite longueur d'onde. En revanche, l'aspect physique de la mesure pour comparaison Ku/ka se révèle très prometteur.

**16) Classification de la glace de mer et de la neige (N. Tran, CLS)**

Classification de la glace de mer

On distingue les classes suivantes : océan, FYI, MYI, ambiguë = FYI ou MYI en été, mixte (mélange de classes dans un pixel).

Il existe un algorithme pour l'Arctique et un autre pour l'Antarctique.

3 paramètres sont utilisés en entrée de la classification :

- La moyenne des 2 températures de brillance (radiomètre)
- Le sigma0 (altimètre)
- La différence des températures de brillance (radiomètre)

En sortie, on obtient une carte de classification par cycle AltiKa (35 jours).

En hiver, on note une nette séparation en MYI et FYI.

En été, la présence d'eau sur la surface de la glace se traduit par la classe ambiguë.

Lorsque l'on supprime les points classés en mixte, on obtient une carte plus propre et en bon accord avec le produit OSISAF. Les différences se limitent aux bordures de la banquise, ce qui peut s'expliquer par la différence de résolution et/ou de la date de l'observation entre OSISAF (produit journalier basé sur des mesures SSMI) et l'altimétrie. De plus, cette classification basée sur les mesures AltiKa permet de s'approcher plus près des côtes que OSISAF, ce qui peut faciliter par exemple l'étude des polynyas.

A partir de cette classification on peut suivre l'évolution des maxima et minima de l'étendue de glace de mer. On note une bonne continuité entre les séries temporelles d'Envisat et d'AltiKa. Il y a un impact significatif du choix de la date pour centrer le calcul du mois de mars (maximum d'extension en Arctique).

Classification de la neige sur glace continentale

Les classes définies reflètent des patterns d'accumulation, de stratification et de régimes de vent.

Les paramètres utilisés en entrée pour la mission SARAL/AltiKa sont :

- Le sigma0 (altimètre)
- La moyenne des températures de brillance (radiomètre)
- Le ratio des températures de brillance (radiomètre)

Sur Envisat l'algorithme prenait également ces 3 paramètres en entrées après la perte de la bande S.

Sur les cartes de classification obtenues, on observe que la classe bleue claire sur la côte correspond à un sigma0 très faible dû à de fortes pentes du terrain.

En Antarctique, on retrouve une distribution géographique similaire des classes en Ku et en Ka.

Par contre sur le Groënland les distributions sont différentes. Cela est peut-être dû à l'épisode de fonte qui a touché tout le Groënland en 2012. Il sera intéressant de comparer AltiKa et Sentinel3 qui seront contemporains.

**A retenir :**

- L'algorithme de classification des glaces de mer fournit le type de glace (FYI, MYI, ambiguë) en plus de simple distinction eau / glace dans la région arctique.
- Ils permettent de surveiller l'évolution des banquises et sont complémentaires à d'autres capteurs.
- Les algorithmes de classification des neiges peuvent permettre la surveillance des calottes polaires de manière fine (étendue des fontes en surface du Groenland, changement dans le métamorphisme de la neige lié à des changements climatiques, ...) en exploitant de longue série temporelle d'extension géographique de ces classes.

**17) Evaluation de la température de surface de MODIS en Antarctique et application à l'évaluation de la Ts de différents modèles (H. Freville, thèse CNRM/Météo France)**

L'objectif de la thèse est d'utiliser des mesures de température de surface (Ts) pour en déduire la densité surfacique de la neige et aboutir à un bilan énergétique superficiel du plateau Antarctique.

Les données utilisées sont issues de MODIS, IASI, de l'in situ, ainsi que des modèles ERA interim et CROCUS.

<b>Ref :</b> DCT/SI/TR/15-11821	<b>Date :</b> 29/06/15 <b>Page :</b> 14/17
---------------------------------	---

Evaluation des Ts MODIS : il y a moins de mesures en Antarctique de l'ouest car il y a plus de couverture nuageuse.

Comparaison MODIS/in situ : on obtient de bons résultats (malgré les sources d'erreur).

Evaluation des Ts IASI : il y a peu de données par rapport à MODIS ou de l'in situ, sans doute à cause du masque de nuage Eumetsat appliqué sur les mesures.

Un algorithme de filtrage des Ts IASI basé sur la présence de données MODIS permet de montrer le bon fonctionnement de l'instrument IASI.

Evaluation des Ts des modèles :

Le biais ERA-interim par rapport aux données in situ est de 3 à 6°C, tandis que le biais CROCUS est entre -2 et +2°C (sur le plateau). Pourtant le modèle CROCUS est forcé par ERA-interim.

Analyse de l'amplitude diurne de la Ts :

En hiver les variations de Ts sont sans doute liées aux passages nuageux, tandis qu'en été on observe un cycle diurne dû à l'éclairement solaire.

CROCUS semble plus proche des observations MODIS que ne l'est ERA-interim. Cela est peut-être dû au fait que le schéma de neige est différent dans ERA-interim.

La simulation CROCUS avec une densité de surface de 250kg/m<sup>3</sup> semble la plus proche des mesures MODIS.

Une première carte de densité de surface à partir des simulations Crocus est proposée. Cette carte est obtenue en choisissant pour chaque point de grille la densité qui permet de minimiser l'écart entre la Ts simulée par CROCUS et la Ts MODIS.

**A retenir :**

CROCUS semble plus proche des observations MODIS (en terme de Ts) que ne l'est ERA-interim.

Une première carte de densité de surface à partir des simulations Crocus est proposée.

## 18) Retour d'expérience AltiKa sur glace (CNES/LEGOS)

Il s'agit d'une synthèse des observations faites sur le point de fonctionnement altimètre sur glace.

Limitation dans l'observation des zones à relief

3 solutions sont envisageables pour améliorer la couverture des zones à forte pente :

- Elargir l'ouverture d'antenne
- Augmenter le nombre de portes distance dans la fenêtre de poursuite
- Disposer d'une largeur de bande adaptative en fonction du terrain survolé

Observation du sigma0

L'interaction entre la polarisation rectiligne de l'antenne altimètre et la direction des grains à la surface crée des différences de sigma0 aux points de croisement. Une solution serait de choisir une antenne à polarisation circulaire. A noter que cette configuration rendrait difficile le partage de l'antenne avec le radiomètre et dégrade également le bilan de liaison.

Saturation des échos

On rencontre des saturations d'écho (forme d'onde écrêtée à 1250) sur glace de mer et glace continentale.

2 solutions sont envisageables :

- Coder la forme d'onde sur 16 bits, sans compression
- Rendre la boucle de poursuite en AGC plus agile

A noter également que la boucle de poursuite en distance utilisant l'algorithme median serait à revisiter pour une optimisation sur glace continentale.

Limitations du mode MNT

Pour envisager l'utilisation du mode DIODE/MNT sur une future mission, 3 prérequis ont été identifiés :

- L'utilisation d'un masque pour basculer automatiquement en mode MNT selon la zone (bit de mode sur Jason-3)
- Disposer d'un lien bord-sol suffisant pour actualiser tout ou partie du MNT en vol
- Elargir la fenêtre d'analyse, autorisant un plus grand déplacement de l'écho dans la fenêtre

**A retenir :** si l'opportunité se présente de développer un AltiKa2 dont la mission principale serait la cryosphère, on dispose de premières pistes pour la revisite du point de fonctionnement.

### **19) Discussion : expression de besoin pour une future mission d'altimétrie dédiée à la cryosphère**

L'idée était simplement d'initier la réflexion au sein de la communauté scientifique pour répondre à la question suivante : quels phénomènes veut-on observer, quelles exigences a-t-on pour y parvenir, et quel type de mission pourrait y parvenir (en tenant compte de la constellation d'instruments qui sera en place à l'horizon 2020-2025) ?

Quelques remarques :

- Des mesures colocalisées Ku/Ka permettrait d'étudier plus finement les différences de pénétration
- Le mode SAR est sans doute limité sur les zones de marge
- Le suivi des glaciers continentaux doit également être assuré (peut-être avec un capteur différent)

### **20) Conclusion**

La comparaison des données altimétriques Ku/Ka se poursuit.

L'approche multi-capteurs est très présente cette année, et semble être la voie à suivre pour progresser dans l'interprétation des observations.

A noter également l'essor important de la thématique glace de mer.

Le record d'inscrits a été largement battu cette année, et l'atelier a maintenant un rayonnement français et non plus seulement toulousain.

Le rendez-vous est donc pris pour dans un an (la date sera fixée suffisamment à l'avance pour permettre aux intervenants de bloquer la journée dans leur agenda).

## Liste des participants

Ablain	michaël	CLS
Adodo	Fifi	Legos
Amarouche	Laiba	CLS
Ardhuin	Fanny	IFREMER
Benveniste	Jérôme	European Space Agency
Bercher	Nicolas	ALONG-TRACK
Bessou	Jérémy	Noveltis
Bircher	Simone	CESBIO
BLUMSTEIN	Denis	CNES
Bouffard	Jerome	ESA
BOUHIER	NICOLAS	IFREMER
Bouzinac	Catherine	CS-SI
BOY	Francois	CNES
Cancel	Mathilde	Noveltis
fabry	pierre	ALONG-TRACK
Fleury	Sara	LEGOS
Fréville	Hélène	Météo-France/CNRM-GAME
GARRIC	Gilles	Mercator Océan
GOYHENECHÉ	Laurent	Thales Alenia Space France
GRELIER	THOMAS	CNES
GUERIN	Alexandre	CNES
guerreiro	kévin	LEGOS
Guillot	Amandine	CNES
hermozo	laura	CLS
HOANG	Duc	CLS
Kerr	Yann	CESBIO
Kouraev	Alexei	LEGOS
lalaurie	jean-claude	CNES
Lambin	Juliette	CNES
LE GAC	SOPHIE	CNES
LE ROY	Yves	THALES ALENIA SPACE
Lestarquit	Laurent	CNES
Longépé	Nicolas	CLS
louat	alexis	CLS
Maisongrande	Philippe	LEGOS
MALLET	Alain	CNES
MAZEAU	Sophie	CNES
mazens	jean louis	cnes

Mialon	Arnaud	CESBIO
Monnier	Jerome	INSA Toulouse
Mosbeux	Cyrille	LGGE
NOUBEL	Jocelyne	CNES
Peyrezabes	Mathieu	CNES
Phalippou	Laurent	Thales Alenia Space
PICOT	Nicolas	CNES
Poisson	Jean-Christophe	CLS
Prandi	Pierre	CLS
Rémy	Frédérique	CNRS-OMP/Legos
Rodriguez Fernandez	Nemesio	CESBIO
Rosmorduc	Vinca	CLS
STEUNOU	Nathalie	CNES
THIBAUT	Pierre	CLS
Thiébaud	Benoît	Alyotech
Tison	Céline	CNES
Tournadre	Jean	IFREMER
TRAN	Ngan	CLS
Urien	Stéphanie	CLS
VALLADEAU	Guillaume	CLS
Zakharova	Elena	LEGOS
Zawadzki	Lionel	CLS
Durand	Philippe	CNES
Cugny	Bruno	CNES
DARROZES	José	GET
Richard	Jacques	TAS
Segalen	Benoit	ENAC