

## COMPTE RENDU DE REUNION

**DIRECTION DU CENTRE SPATIAL DE TOULOUSE**  
**SOUS-DIRECTION CHARGES UTILES SCIENTIFIQUES & IMAGERIE**  
**SERVICE ALTIMETRIE & RADAR**

Ref : DCT/SI/AR/12-13030

Date : 27/06/2012

Page : 1/14

DATE REUNION :	26/06/2012	LIEU :	IAS
OBJET :			
<b>Atelier altimétrie et glaciologie</b>			

<b>PRINCIPALES CONCLUSIONS :</b>
<p>On constate un potentiel fort au niveau toulousain sur la thématique glaciologie. Ce potentiel, multi capteurs, doit mieux être valorisé. Des actions de communication et/ou publication collégiale seraient donc intéressantes.</p> <p>L'approche du lancement de SARAL et la mise en place du banc de test 'PEACHI' sera également un atout fort pour les analyses glaciologiques à partir des mesures radar nadir.</p> <p>La thématique 'glace de mer' doit cependant être renforcée – une collaboration avec les équipes UCL+MSSL semble naturelle.</p>
<p>PROCHAINE REUNION : dans un an (juin 2013) – mais les équipes seront amenées à discuter dans le périmètre de SARAL pendant la phase Calval.</p>

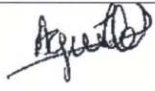
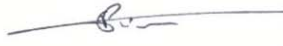
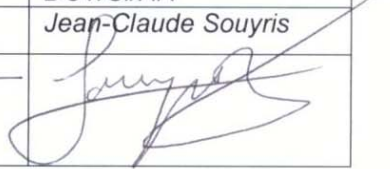
### PARTICIPANTS :

Nom	Sigle ou Société	Nom	Sigle ou Société
Ngan Tran Pierre Thibaut Franck Mercier Vinca Rosmorduc Pierre Prandi Annabelle Ollivier Laïba Amarouche Estelle Obligis Jean-Christophe Poisson Guillaume Valladeau	CLS	Frédérique Rémy Alexei Kouraev Aurélie Michel Nicolas Bercher Etienne Berthier	LEGOS
Gilles Garric	Mercator Ocean	Laurent Rey	Thales Alenia Space
Jean-Claude Souyris Nathalie Steunou Raquel Rodriguez Jean-Damien Desjonqueres Amandine Guillot	DCT/SI/AR	Denis Blumstein Philippe Maisongrande	DCT/SI/LG
Nicolas Picot Pierre Sengenès Jocelyne Noubel	DCT/PO/AL	Pascal Gegout	GRGS
Emilie Bronner Sophie Mazeau	DCT/ME/OC	Raymond Zaharia	Club des Argonautes
Jean-Michel Lemoine	DCT/SI/GS		
Jérôme Benveniste	ESA		

**DIFFUSION : PARTICIPANTS +**

Nom	Sigle ou Société	Nom	Sigle ou Société
Joël Dorandeu	CLS	Céline Tison	DCT/SI/AR
Bruno Picard	CLS	Claire Pottier	DCT/SI/AR
Marie-Hélène Rio	CLS	François Boy	DCT/SI/AR
Michael Ablain	CLS	Juliette Lambin	DSP/OT
Sophie Coutin-Faye	DCT/PO/AL	Pierre Femenias	ESA
Eric Jeansou	Noveltis	Constantin Mavrocordatos	ESA
Thomas Flament	LEGOS	Fabien Blarel	LEGOS
Fernando Nino	LEGOS	Benoit Legrésy	LEGOS
Nelly Mognard	LEGOS	Rosemary Morrow	LEGOS
Laurent Phalippou	Thales Alenia Space	Franck Demeestere	Thales Alenia Space

**VISAS :**

	Préparé / rédigé par	Vérifié par*	Approuvé par
Sigle	DCT/SI/AR	DCT/PO/AL	DCT/SI/AR
Nom	Amandine Guillot	Nicolas Picot	Jean-Claude Souyris
Visa			

\*vérifié également par Frédérique Rémy (LEGOS)

**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
- fédérer une communauté toulousaine

**Planning de la journée :**

intervenant	société	titre
F. Remy	LEGOS	Intérêts scientifique de l'altimétrie pour l'étude des glaces (de mer et continentales) polaires et les limites actuelles
J. Lambin	CNES	programmatisation
N. Picot	CNES	la glaciologie dans les projets d'altimétrie (S3, SARAL)
J. Benveniste	ESA	mission Cryosat-2
L. Rey	TAS	un an et demi d'opérations pour SIRAL
E. Berthier	LEGOS	Bilan de masse des glaciers via les capteurs optiques (Spot5, Végétation)
F. Remy	LEGOS	Résultats récents sur l'Antarctique
N. Tran	CLS	monitoring des classes de neige des calottes polaires
JF Lemoine	GRGS	utilisation des données de gravimétrie pour la glaciologie
pause		
P. Thibaut	CLS	optimisation du retracking ice-2
E. Obligis	CLS	radiométrie sur les glaces
A. Ollivier	CLS	utilisation des champs ERA interim pour la correction tropo
Discussion		
Déjeuner		
P. Prandi	CLS	Altimétrie en Arctique
A. Michel	LEGOS	avancées en physique de la mesure et préparation à Altika
Discussions		
		approche pour la modélisation des échos sur glace
		intérêt/limitation des données SAR sur glace
pause		
		traitement des glaces de mer (positionnement du LEGOS?)
		comparaison des données Ku/Ka et de l'impact de la polarisation sur les données Ku
		conclusion

### 1) Intérêts scientifiques de l'altimétrie pour l'étude des glaces (de mer et continentales) polaires et les limites actuelles (F. Rémy, LEGOS)

Cette journée s'inscrit dans un cadre toulousain et a pour but de faire le point sur les activités liées à l'altimétrie sur la glace, élargies à d'autres capteurs tels la gravimétrie ou l'optique afin, entre autres, de préparer l'exploitation d'AltiKa.

Du point de vue de Frédérique Rémy, l'altimètre est le capteur le plus pertinent sur les calottes polaires. En effet, on constate que l'altimétrie fonctionne bien sur l'Antarctique du fait de son relatif faible relief (1m par km).

Mais au-delà de l'altimétrie il y a une force toulousaine autour de la cryosphère à valoriser. Ainsi, l'état de santé des glaciers continentaux ou du bord des calottes polaires ne peut être pas suivi avec l'altimétrie mais l'est avec des capteurs optiques (cf. présentation d'Etienne Berthier).

Par ailleurs, certains travaux se trouvent à la frontière entre hydrologie et glaciologie. Ainsi, Alexei Kouraev utilise simultanément les champs de température de brillance et de coefficient de rétrodiffusion, ce qui lui permet d'accéder au début et à la fin des événements de glace sur les lacs. A noter que les diagrammes de température de brillance en fonction du coefficient de rétrodiffusion devraient être intéressants sur AltiKa (même fréquence sur l'altimètre et le radiomètre).

### 2) Contexte programmatique (A. Guillot pour J. Lambin, CNES)

L'objectif principal de la mission Sentinel-3 porte sur l'océanographie. Cependant, on peut noter que 50% de la couverture du satellite sera effectuée en mode SAR, dont 30% au-dessus des terres. Le pilotage du mode SAR / LRM reste cependant à définir, des itérations sont toujours en cours pour définir le pourcentage d'océan couvert en mode SAR.

Concernant la mission SWOT, le pôle glaciologie du LEGOS (grâce à Denis Blumstein) se tient informé des décisions prises.

Au sujet de la répartition des responsabilités thématiques, cela ne semble toujours pas très clair pour les scientifiques, notamment sur la répartition des propositions TOSCA entre Océanographie et Surfaces Continentales. On peut se demander si une centralisation au niveau de la DSP ou du TOSCA de l'ensemble des activités liées à la cryosphère spatiale n'appuierait pas sa visibilité.

### 3) La glaciologie dans les projets d'altimétrie (N. Picot, CNES)

Pour rappel, il y a un an l'idée d'organiser un atelier sur la glaciologie est partie du constat que les glaces polaires, et en particulier les questions sur leur fonte et l'impact associé sur l'augmentation du niveau de la mer, étaient très présentes dans les médias. Mais aucune tâche dédiée à la glace n'était menée au niveau projet CNES depuis quelques années

Au niveau projet, une décision importante vient d'être prise : développer un prototype d'expertise dans lequel la glaciologie prendra une place importante.

Ce prototype baptisé PEACHI (Prototype for Expertise on AltiKa dedicated to Coastal, Hydrology and Ice) permettra en outre de renforcer le lien entre le projet, SALP, CLS et le LEGOS.

**En ce qui concerne l'étude des glaces de mer, avec les données SARAL, des discussions ont été entamées avec UCL et MSSL pour mettre en place une collaboration, dont les termes contractuels restent à préciser.**

Quant au projet Sentinel-3, le CNES est impliqué dans la définition des modes de tracking ainsi que des modes instrument (SAR ou LRM).

<b>Ref :</b> DCT/SI/AR/12-13030	<b>Date :</b> 27/06/12 <b>Page :</b> 5/14
---------------------------------	--

#### 4) La mission Cryosat-2 (J. Benveniste, ESA)

Le "pourtour" de l'Antarctique est une zone très importante à observer.

Cryosat fut décidé en 1999. Malheureusement en octobre 2005 Cryosat-1 fut perdu au lancement. Mais dès février 2006, Cryosat-2 fut financé. Son lancement eut lieu le 8 avril 2010.

Seymour Laxon (UCL) a mis au point l'algorithme de calcul de freeboard (qui nécessite de distinguer l'eau de la glace). Le freeboard correspond à l'épaisseur de glace de mer émergée. Ces travaux ont donné lieu à une publication sur le cycle annuel de l'épaisseur de glace de mer en Arctique.

Le masque définissant les modes de fonctionnement de l'instrument en fonction de la zone géographique est mis à jour en fonction des besoins scientifiques (dernière mise à jour le 7 mai 2012). Cet aspect de « laboratoire grandeur nature » comporte toutefois un inconvénient, à savoir la rupture de la série temporelle homogène sur les zones impactées par les modifications de masque.

Pour plus d'informations sur le masque et les données Cryosat-2, consulter la page <http://earth.esa.int/cryosat>, rubrique Key ressources.

Un nouvel appel d'offre est en cours, intitulé « Cryosat+Cryosphere » qui a pour objectif d'exploiter davantage les capacités de la mission.

La durée de vie nominale est 3 ans, avec une extension prévue à 5 ans si le financement EOEP-4 le permet (impact de la contribution ou non de la France au programme Earth Explorer ...).

A noter dans son agenda :

- 13-16 novembre workshop glaciologie à l'ESRIN
- 24-29 septembre « 20 ans d'altimétrie » (session glaciologie)
- 12-14 mars 2013 workshop Cryosat à Dresden

Question N. Picot : comment comparer des données dans une zone donnée avec un cycle supérieur à 1 an ?

L'approche utilisée par UCL notamment est d'utiliser les points de croisement plutôt que la comparaison à un profil moyen.

--> F. Rémy fait remarquer qu'il y a beaucoup plus de points le long de la trace (donc meilleure précision spatiale) et que l'on rencontre des problèmes liés à la polarisation rectiligne de l'antenne aux points de croisement (interaction de l'onde avec la surface différente sur les arcs ascendants et descendants).

#### 5) Un an et demi d'opérations pour SIRAL (L. Rey, TAS)

Pour une description des différents modes de l'instrument, se référer à la présentation de l'atelier 2011.

Le masque initial pouvait se résumer ainsi :

- Mode LRM --> océan, Groënland, Antarctique
- Mode SAR --> glace de mer
- Mode SARin --> terrains accidentés

Depuis le 7 mai 2012, une zone de glace de mer dans l'océan Arctique est passée en mode SARin.

Remarque : Il y eut d'abord des réglages de l'instrument entre octobre 2010 et février 2011.

Depuis le 7 mai, on observe une répartition des mesures dans les différents modes comme suit :

70% LMR  
16% SAR  
13% SARin

Le maintien de l'instrument en acquisition au mois de mai correspond en fait à une mise en protection de l'instrument.

<b>Ref :</b> DCT/SI/AR/12-13030	<b>Date :</b> 27/06/12
	<b>Page :</b> 6/14

On observe une durée d'acquisition plus faible sur la période juin-août.

La perte de gain observée n'entraîne aucun danger pour la mission.

L'instrument est très stable (0.3dB/an), comparable à Jason-2.

L'évolution thermique entre les chemins de réception est compensée au sol (pour les traitements SARin).

## **6) Bilan de masse des glaciers via les capteurs optiques (E. Berthier, LEGOS)**

Problématique : boucler le budget de la hausse du niveau marin.

Dans le cadre de l'année polaire internationale a eu lieu le projet SPIRIT = Spot5 stereoscopic survey of Polar Ice : Reference Images and Topographies.

Ce projet a permis l'accès gratuit aux données images de la mission SPOT5.

Les images sont issues des acquisitions stéréo de Spot5 (fauchée 120km).

Remarque L. Rey : **le tracking Cryosat a été mis au point de manière à fonctionner justement dans les zones à fort relief, donc il serait intéressant de les regarder.**

### **a. exemple 1 : amincissement des glaciers de la péninsule Antarctique**

L'évolution du trait de côte au cours du temps est due au démantèlement de plateformes glaciaires, ce qui entraîne l'accélération des glaciers.

Le décrochement d'icebergs (provenant des glaciers) augmente à cause de l'accélération de la vitesse des glaciers émissaires tandis que l'accumulation de neige en amont est stable, entraînant une perte de masse locale contribuant à l'augmentation du niveau de la mer.

Pour accéder au flux des glaciers, il faut connaître l'épaisseur de glace et la vitesse sur la composante verticale, et pas seulement la vitesse de surface.

Il apparaît que l'amincissement se prolonge vers l'amont des glaciers, et que les pertes de masse sont continues au cours du temps.

### **b. exemple 2 : bilan de masse des glaciers himalayens**

Sur l'Himalaya on dispose de très peu de mesures in situ.

Un suivi des variations d'épaisseur au cours du temps est effectué sur la zone du Karakorum.

L'utilisation de VGT sur ces glaciers afin d'en mesurer directement le bilan de masse est très prometteur (projet de Philippe Maisongrande)

Perspectives :

- bilan de masse sur tous les glaciers de l'Himalaya
- utilisation de nouvelles missions optiques (Pléiades, Z-earth en fin de phase 0 au CNES)

Remarque : **les données de MNT élaborées à partir de mesures optiques pourraient être utilisées pour corriger les données altimétriques (localisation du point de réflexion de l'écho). Cependant ces données sont assez locales (les acquisitions SPOT5 étant limitées).**

## **7) Résultats récents sur l'Antarctique (F. Rémy pour T. Flament, LEGOS)**

Au niveau des échelles spatiales, et de l'évolution temporelle, on constate un facteur de l'ordre de 10 entre l'océan et la glace :

- quelques dizaines de cm sur 100km pour l'océan / quelques mètres sur 100km pour l'Antarctique
- l'échelle de variation de hauteur est de +/-12mm/an sur océan, pour +/-15cm en Antarctique.

Après correction, on constate que l'erreur (en spatial et temporel) sur glace est environ 10 fois plus importante que sur océan.

L'utilisation des données altimétriques d'Envisat (85 cycles disponibles couvrant 9 ans) le long de la trace répétitive offre une résolution spatio-temporelle inégalée qui permet de détecter de nombreux phénomènes (Flament et Rémy, 2012). Ainsi, en juin, l'image du mois sur AVISO a porté sur l'amincissement des glaces en Antarctique (<http://www.aviso.oceanobs.com/fr/actualites/idm/2012/juin-2012-les-glaces-de-l-antarctique-s-amincissent/index.html>); les travaux de F. Rémy et T. Flament, ont ensuite été relayés sur le blog

<b>Ref :</b> DCT/SI/AR/12-13030	<b>Date :</b> 27/06/12 <b>Page :</b> 7/14
---------------------------------	--

sciences<sup>2</sup> de Libération (<http://sciences.blogs.liberation.fr/home/2012/06/les-glaciers-c%C3%B4tiers-de-lantarctique-plus-minces.html>).

Ce jeu de données a aussi permis la détection de réseaux hydrologiques sous glaciaires, et de suivre la vidange d'un lac sous glaciaire sur 300km.

A noter que via l'altimétrie on ne voit que l'évolution de volume et pas de masse, ce qui ne permet pas de faire la distinction entre la neige et la glace ==> travaux de comparaison à GRACE en cours.

On observe des lacs de fonte (en surface) en Arctique mais pas en Antarctique. La dimension de ces lacs est de l'ordre de 20m de profondeur, et quelques centaines de mètres de large ; il n'est donc pas forcément évident qu'une trace d'un satellite altimétrique passe au-dessus. Mais il pourrait être intéressant de chercher leur signature dans les formes d'ondes altimétriques (problématique similaire aux traitements hydrologiques ??).

En Antarctique, la fonte est plutôt mesurée par la radiométrie, grâce aux contrastes en température de brillance.

## 8) Monitoring des classes de neige des calottes polaires (N. Tran, CLS)

L'idée est que la classification des types de surfaces rencontrées (neige/glace) peut aider à l'interprétation des signaux altimétriques.

### a. Groenland

L'analyse des températures de brillance et des coefficients de rétrodiffusion sur Envisat (bandes Ku et S) a amené à définir 6 classes sur le Groenland.

Sur les paramètres d'entrée, les biais avant/après retraitement Envisat ont été calculés.

On peut observer l'évolution de la surface de chaque classe au cours des années, sur un mois donné (ex : janvier de 2003 à 2007).

La bande S ayant été perdue sur Envisat en cours de mission, des tests sont en cours pour mettre au point l'algorithme sans bande S.

### b. Antarctique

La même méthode a été utilisée pour distinguer 7 classes.

On peut observer la répartition des classes suivant la saison, ainsi que l'évolution des classes au cours des années sur un mois donné (août pour l'hiver austral, janvier pour l'été).

En supprimant la bande S, on s'orienterait plutôt sur 6 classes, mais avec un léger impact sur la cartographie d'hiver.

#### Travaux à venir :

- calcul de la série 2003-2010
- utilisation d'autres missions (Sentinel3, ERS, AltiKa)
- test sur Cryosat ou CFOSAT (pas de radiomètre)

**En combinant plusieurs missions, on peut s'attendre à obtenir une résolution plus fine.**

## 9) Utilisation des données de gravimétrie pour la glaciologie (JM Lemoine, GRGS)

Les images présentées de CHAMP, GRACE et GOCE sur l'Europe correspondent à des champs statiques, c'est-à-dire une accumulation des données sur une longue période.

En terme de gain sur la précision du géoïde, le passage de CHAMP à GRACE a permis de gagner un facteur 100.

De GRACE à GOCE, le gain est en longueur d'onde du signal observé.

<b>Ref :</b> DCT/SI/AR/12-13030	<b>Date :</b> 27/06/12 <b>Page :</b> 8/14
---------------------------------	--

Le principe de GRACE repose sur la mesure de distance (avec une précision de l'ordre du  $\mu\text{m}$ ) entre les deux satellites.

Pour GOCE, il y a un seul satellite, et on mesure la différence d'accélération entre chaque accéléromètre et les autres.

GRACE, avec son grand bras de levier, permet d'accéder aux grandes longueurs d'onde, tandis que GOCE, avec un bras de levier de 50cm, capte mieux les petites longueurs d'onde du signal.

De ce fait, c'est plutôt GRACE qui est utilisé pour estimer les pertes de masse en Alaska, au Groenland et en Antarctique.

D'après les données GRACE, il apparaît que le signal annuel est dominant.

Les autres signaux observés sont semi-annuel, la tendance (perte de masse) et les résidus (signal non inclus dans les trois premiers diagnostiques).

Sur la carte de tendance, on peut observer le rebond post-glaciaire.

Il y a une mauvaise détermination du géoïde perpendiculairement à l'axe de mesure (orbite polaire et mesures dans l'axe polaire) donc selon l'axe des longitudes, ce qui explique les striations verticales sur la carte de comparaison GRACE-modèle. Les solutions GRACE sont donc 'stabilisées' selon différentes méthodes par les équipes de recherche. La séparation du signal glaciologique du rebond post-glaciaire ne semble pas évidente non plus. On note en particulier de fortes disparités entre 2 versions du modèle de Pelletier. Il est important de garder en mémoire ce traitement sol qui peut avoir des impacts sur les signaux déduits. Un des défis dans le traitement des données gravi concerne les très grandes longueurs d'ondes (ordre 1/2/3) qui doivent être déterminés de manière indépendante (utilisation des missions Starlette/Starlab ??) et les techniques de réduction des striations.

Il convient également d'être prudent lors de l'interprétation des variations de masse car les signaux inter annuels peuvent être dominants (impacts des anomalies climatiques majeures telles que El Nino / La Nina). Par exemple, suivant la période d'étude considérée (ex : 2003-2007 par rapport à 2003-2010) la carte de tendance obtenue n'est pas la même.

Il y a également un fort signal hydrologique à l'équateur qui a tendance à « baver » jusqu'aux pôles (impact sur le J2 et donc sur le bilan de masse aux pôles).

Sur l'Arctique et l'Antarctique on observe des zones de perte de masse.

**Il pourrait être intéressant de voir s'il y a une corrélation entre l'évolution de la perte de masse et l'évolution des types de glaces (étude de N. Tran).**

La comparaison altimétrie-gravimétrie n'est pas évidente, notamment du fait que l'altimétrie mesure une variation de hauteur et non une variation de masse.

Pour plus d'information, voir le site du GRGS : <http://grgs.obs-mip.fr/data/champ-gravite/variable-models-grace-lageos/introduction-GRACE-solutions>

Remarque : la spécification de GRACE n'est pas encore atteinte. On peut y voir un impact de la politique d'accès aux données ; Pour Topex (ou ENVISAT) les données sont libres de droit et les agences ont mis en place les services pour les valoriser renforçant ainsi les analyses indépendantes. Dans le cas de GRACE, les données ont été conservées par les équipes projet avant diffusion aux Pis.

## **10) Optimisation du retracking ice-2 (P. Thibaut, CLS)**

Il s'agit d'une étude dans le cadre Envisat ESL financée par l'ESA/ESRIN.

### **a. intégration du MLE dans le retracking**

Les paramètres à estimer sont l'époque, le sigma-L (et l'amplitude pour la version MLE-3). Le paramètre sigma-L correspond à la largeur du front de montée.

Le MLE est introduit dans ice-2 dans le but de gagner en temps de calcul, en convergeant plus rapidement vers la solution. Il permet également une meilleure résolution (le retracking ice2 actuel étant quantifié).

Les résultats de comparaison entre ice-2 (itération sur une grille avec un pas de quantification de 4mm) et ice-2 avec MLE (meilleure résolution) sont présentés.



<b>Ref :</b> DCT/SI/AR/12-13030	<b>Date :</b> 27/06/12 <b>Page :</b> 9/14
---------------------------------	--

Globalement les résultats sont identiques. Mais le retracking ice2\_MLE ne converge pas pour un nombre significatif de formes d'ondes. Pour CLS, il s'agit de formes d'ondes atypiques pour lesquelles les sorties de ice2 sont douteuses mais il faudrait quantifier ceci et à minima localiser les points concernés. Il reste tout de même une interrogation sur le fit du front de montée (identique pour les 2 algorithmes), surtout dans le cas où l'écho à retracker comporte un double front de montée. **Le front retracké correspond-il à la grandeur physique que l'on souhaite estimer ?**

Le gain mesuré en CPU est de l'ordre de 40%.

#### **b. corrections echo et geo**

La correction « geo » tient compte de la variabilité géographique du signal (selon la direction across track). La correction « echo » tient compte de la variabilité de la forme de l'écho sur le second plateau.

On construit des tables de coefficients pour pouvoir appliquer les corrections aux échos.

Il s'agit de corrections empiriques, donc qui nécessitent un apprentissage.

L'augmentation du nombre de cycles utilisés permet de réduire l'écart rms aux points de croisement pour les pentes de la surface les plus représentatives de la réalité terrain.

Les tables de coefficients sont construites off-line, donc le calcul des corrections à appliquer est rapide et peut s'inscrire dans un contexte de chaîne opérationnelle.

**Pour AltiKa, la trace étant la même que Envisat, on peut envisager d'utiliser les cycles Envisat pour la correction géographique, mais non pour la correction « écho », la fréquence radar étant différente. Il est possible que dans certaines régions, la pente de la surface varie, mais ce cas devrait ne toucher que les zones du bord de la calotte ou de "mégadunes" créées par le vent et devrait rester minoritaire.**

### **11) Radiométrie sur les glaces (E. Obligis, CLS)**

Une question subsiste : a-t-on besoin de faire mieux que le modèle ECMWF sur les glaces ?

On va tout de même essayer d'améliorer la correction troposphérique humide sur les glaces, en utilisant les mesures radiométriques (R&T CNES).

On ne dispose pas de quantification de l'erreur du modèle, du fait que les mesures in situ sont rares et très localisées. Il serait cependant intéressant d'analyser les données GPS (technique du Ray Tracing - Pascal Gegout) et les données de la campagne Concordiasi (<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/7088-concordiasi-le-climat-de-l-antarctique.php>).

L'Antarctique est le continent le plus désertique.

D'après le modèle, la correction troposphérique humide est en moyenne de l'ordre de 1cm pour une variabilité de 5mm.

Quant au Groenland, la valeur moyenne est de l'ordre de 2.5cm pour une variabilité de 2cm.

On note cependant beaucoup plus de variabilité à la côte.

Jusqu'à présent il manquait les valeurs d'émissivité de la glace, pour pouvoir appliquer un algorithme d'estimation de la correction troposphérique humide similaire à celui utilisé sur océan.

Les travaux menés par le CNRM ont montré la faisabilité d'estimer une émissivité à partir des températures de brillances et d'informations apportées par un modèle météo.

Une fois l'émissivité calculée, on peut estimer la correction troposphérique humide grâce à un réseau de neurones, de préférence avec comme paramètres d'entrée les températures de brillance, l'émissivité et la température de surface.

Toute information sur la surface observée permet de séparer la contribution atmosphérique (ce que l'on cherche) du signal total mesuré via les températures de brillance. Il semble donc intéressant de relier cette étude aux travaux de classification mené par Ngan.

Ref : DCT/SI/AR/12-13030	Date : 27/06/12 Page : 10/14
--------------------------	---------------------------------

## 12) Utilisation des champs ERA-interim pour la correction tropo (A. Ollivier, CLS)

**D'après le retour d'expérience sur océan, il est recommandé d'utiliser ERA-interim plutôt que le modèle ECMWF opérationnel comme référence pour analyser les corrections issues des radiomètres.**

ERA-interim consiste en une propagation de la qualité du modèle ECMWF à un instant donné vers le passé. Cela permet notamment de s'affranchir des discontinuités du modèle opérationnel lorsqu'il est actualisé.

Sur océan, ERA-interim n'atteint pas le niveau du radiomètre en terme de variance aux points de croisement, mais fait mieux que le modèle ECMWF opérationnel.

**Il paraît intéressant d'étendre l'utilisation du modèle ERA-interim à la glaciologie, et de voir les retours utilisateurs sur cette correction.**

## 13) Altimétrie en Arctique (P. Prandi, CLS)

Le cadre de cette thèse est l'observation de la variabilité du niveau de la mer en Arctique grâce à l'altimétrie. On s'intéresse donc ici à des mesures sur l'océan Arctique libre de glace.

Sur les cartes DUACS dans la zone Arctique, on constate un problème de couverture des données. Ceci est à relier à la stratégie d'editing appliqué par DUACS qui est volontairement très stricte (application : océan hauturier). Un reprocessing régional est donc nécessaire pour récupérer davantage de données en Arctique (domaine considéré entre 66° et 82° Nord).

On obtient une tendance régionale de +3.6mm/an, donc très similaire à la tendance globale.

Il n'est pas évident de comparer ce résultat aux données des marégraphes, car ils sont peu nombreux dans la zone et pas toujours bien placés (ex : à l'embouchure d'un fleuve).

On note une importante variabilité forcée par le vent le long des côtes russes, ce qui est confirmé par le modèle Mog2D.

## 14) Avancées en physique de la mesure et préparation à AltiKa (F. Rémy et A. Michel, LEGOS)

### a. préparation à AltiKa

Grâce à la bande Ka on s'attend à avoir moins de pénétration de l'onde dans la neige, et moins de différence entre arcs ascendants et descendants.

**La validation des données AltiKa se fera dans un premier sur les points de croisement d'AltiKa mais surtout par comparaison aux données Envisat sur la trace moyenne.**

### b. erreur de pénétration en Ku

Cette erreur est estimée par comparaison des hauteurs mesurées par Envisat et IceSat.

Envisat voit la surface en moyenne à 50cm plus bas qu'Icesat mais la différence peut largement dépasser le mètre.

On compare également la largeur du front de montée sur Envisat d'un cycle à l'autre à la différence Envisat/Icesat.

Le paramètre alpha (pourcentage du front de montée qui symbolise le point où il faut retracker) est également cartographié.

Il apparaît que retracker à 20-30% du front de montée au lieu de 50% comme le font les algorithmes réduit considérablement l'erreur induite par la pénétration. Cette approche pourrait être intéressante pour la mission CryoSat pour laquelle on ne disposera pas des corrections geo&echo.

Ref : DCT/SI/AR/12-13030	Date : 27/06/12 Page : 11/14
--------------------------	---------------------------------

## 15) Approche pour la modélisation des échos sur glace

Pour AltiKa :

**Il conviendra de vérifier la validité des corrections géophysiques en bande Ka.**

L'interaction onde-surface dans cette bande pourra être analysée dès les premières mesures.

La perte par diffusion étant en  $1/f^3$ , et celle par absorption en  $1/f$ , on s'attend à un écho de volume très atténué en bande Ka.

Remarque : du fait du bilan de liaison d'AltiKa, on ne pourra mesurer que des  $\sigma_0$  supérieurs à quelques dB. Sur la base des mesures en Ku (le  $\sigma_0$  glace étant proche du  $\sigma_0$  océan), ce point ne semble pas bloquant.

**Si des retraitements ice2-MLE sont envisagés, il faudrait mener des tests plus poussés.**

Une étude de François Boy avait montré que des échos simulés sur la base du MNT Bamber (avec prise en compte d'une information pour simuler l'écho de volume) étaient similaires (visuellement) aux échos LRM mesurés par Cryosat sur une zone plate. Ce type d'analyse conduit par SI/AR mériterait d'être repris.

**On pourrait donc tester l'utilisation a priori d'informations de MNT provenant de capteurs optiques pour effectuer les retracking.**

## 16) Intérêt/limitation des données SAR sur glace

Serait-il intéressant d'utiliser le mode SAR sur le haut des calottes ?

Aujourd'hui sur Cryosat, l'intérieur des calottes polaires est couvert par le mode LRM.

Or la présentation de F. Rémy montre qu'il y a de la petite échelle spatiale à capter en Antarctique, donc la plus grande résolution du SAR pourrait sembler attractive.

- l'ESA va regarder s'il existe déjà des mesures faites en SAR sur l'Antarctique lors de la phase de vérification (état de l'instrument à vérifier).
- **Une demande de modification du masque pour obtenir une trace SAR sur l'Antarctique pourra être faite auprès du Mission Manager, cependant cela impacte la continuité des mesures et il n'est donc pas certain que l'ESA donne l'aval à cette modification.**

Il faut noter que pour changer le masque Cryosat, la zone impactée doit être définie un mois à l'avance. La demande doit être justifiée par une étude scientifique, et peut être pour une durée limitée. Il y a une limitation à la modification du masque par le débit de données à stocker (orbites aveugles) puis à redescendre en stations.

Remarque : l'écho de volume sera différent entre la bande Doppler centrale (nadir) et les plus éloignées du nadir.

D'après F. Mercier, le pouvoir de détection des icebergs devrait être accru en mode SAR, le niveau de bruit étant plus faible qu'en LRM.

La mesure SARin semble mal comprise et peu utilisée !! (C'est pourtant la spécificité principale de CryoSat ...). Son utilisation scientifique n'a été fait pour l'heure que par les équipes UCL (Dunkan) et ESRIN sur l'océan (Salvatore), l'analyse en hydro est en cours, Un élément d'explication à la faible utilisation des données SARin est que les données ne sont de bonne qualité que depuis février, et les retraitements depuis le début de la mission sont en cours. Elle pourrait être utile pour préparer SWOT.

A noter qu'il n'y a pas d'autre mission prévue après Cryosat embarquant la configuration SARin.

Pour l'instant, F. Rémy ne compte pas pour sa part exploiter tout de suite les nouveaux modes instrument.

Par contre, **Cryosat fonctionnant en LRM au centre des calottes, ces données pourraient servir à combler le trou de données Envisat aux pôles**, voir à contribuer aux analyses ENVISAT/SARAL (CryoSat et/ou IceSat servant alors de point d'appui)

J. Benveniste note qu'il n'y a pas beaucoup d'expérience sur Cryosat, mais reconnaît que les données sont tous justes disponibles.

Pour y remédier, **l'ESA propose que des post-docs externes viennent se former à l'ESRIN pendant 2 ans sur l'utilisation des données SAR ainsi que de la toolbox BRAT** (plus d'informations sur [http://due.esrin.esa.int/stse/cesn/cesn\\_opencall.php](http://due.esrin.esa.int/stse/cesn/cesn_opencall.php)).

Ref : DCT/SI/AR/12-13030	Date : 27/06/12 Page : 12/14
--------------------------	---------------------------------

Pour rappel, en février 2011 les données Cryosat étaient pratiquement inexploitable (anomalies de traitement sol – impactant les produits LRM, SAR et SARin). Depuis, la communauté scientifique ne sait pas trop ce qui s'est passé sur les chaînes, donc la réticence des laboratoires à s'investir sur les données Cryosat peut se comprendre.

**Le reprocessing doit finir d'ici mars 2013 (à la connaissance de NP il n'a pas encore débuté ...)**, et il reste des bugs sur le mode LRM.

L'accord de l'ESA sur le prototype CNES de traitement des données Cryosat peut se résumer ainsi :

- utilisation des données générées uniquement dans DUACS
- aucun produit L1B ou L2 ne doit sortir du CNES (les données ice1 retraitées par N. Picot ne sont donc pas publiables)

### 17) Traitement des glaces de mer (positionnement du LEGOS)

Seymour Laxon (UCL) s'est montré favorable à une coopération avec le CNES dans le cadre de SARAL. Cela permettrait une émulation scientifique, plutôt qu'une confrontation entre scientifiques.

F. Rémy juge intéressant que le LEGOS se penche sur la problématique des glaces de mer, mais pour l'instant il ne semble pas y avoir de plan de travail associé.

Remarque : il y a environ un facteur 3 sur la longueur d'onde entre Ku et Ka, ce qui rendrait la surface vue en ka plus rugueuse et entraînerait un écho moins spéculaire.

Mais dans le même temps, l'ouverture d'antenne plus réduite sur AltiKa conduit à un écho plus « peaky ». ==> Il faudra voir si les deux effets se compensent ou non.

Le LEGOS propose dans un premier temps d'attendre que les données soient disponibles en vol avant de lancer des travaux sur cette thématique. F. Rémy rappelle néanmoins les bonnes relations avec UCL/Seymour et trouve la proposition de coopération constructive.

### 18) Comparaison des données Ku/Ka et de l'impact de la polarisation sur les données Ku

Le problème de polarisation aux points de croisement (polarisation de l'onde par rapport à la direction d'orientation des grains de neige) se rencontrera aussi sur AltiKa puisque la polarisation de l'antenne est linéaire.

Cet impact de la polarisation sur l'interaction de l'onde avec les grains paraît difficilement modélisable (ou en tout cas cela nécessite un travail assez lourd).

Par contre, la pénétration de l'onde, et donc cet effet induit, devrait être plus faible en Ka.

On rappelle également que la tache au sol sera plus faible en Ka qu'en Ku, donc minimisant les corrections géo.

Comparaison Envisat/SARAL :

- le modèle ECMWF a évolué entre les 2 missions ==> **il faudrait donc mieux utiliser la correction ERA-interim pour être homogène.**
- Comment s'assurer que les différences qui seront observées proviennent uniquement de la physique de la mesure ? ==> **l'intercalibration d'AltiKa avec Jason est nécessaire.** Il est également proposé de faire une analyse poste par poste des contributeurs à la mesure de hauteur sur glace.

Ref : DCT/SI/AR/12-13030	Date : 27/06/12 Page : 13/14
--------------------------	---------------------------------

## 19) Conclusion

Des résumés ont été soumis pour le colloque des 20 ans de l'altimétrie qui aura lieu en septembre à Venise. La glaciologie y sera donc représentée.

De manière à poursuivre l'investissement sur les données Cryosat, J. Benveniste propose que N. Bercher (LEGOS) aille quelques jours à l'ESRIN pour se former sur les données.

### Préparation d'AltiKa :

Le LEGOS souhaite être prêt pour traiter les données.

Début septembre doit avoir lieu la réunion pour autoriser l'assemblage final du lanceur ; c'est donc une bonne date pour consolider la date de lancement.

Le prototype PEACHI marque également l'implication du LEGOS, et nécessite un travail préparatoire au lancement. CLS et le LEGOS seront amenés à travailler de concert dans le cadre de ce prototype.

Les présentations de cette journées furent très intéressantes et complémentaires (multi capteurs).

On peut noter que Jason a eu un rôle fédérateur pour la communauté d'océanographie, mais le satellite ne couvrant pas les glaces, la communauté glaciologie n'en a pas profité.

Le rendez-vous est donc pris pour dans un an. **Il faudra prévoir d'ajouter l'aspect CalVal in-situ** afin de faire une revue des méthodes mises en place et des résultats obtenus.

## TABLEAU DES ACTIONS

Action N°	Libellé	Responsable	Echéance
1	Tenir informé le LEGOS et CLS de la décision d'assemblage final du lanceur PSLV pour SARAL.	CNES( A. Guillot)	