

COMPTE RENDU DE REUNION

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

Ref : DCT/SI/AR/13-12195

Date : 26/06/2013

Page : 1/14

DATE REUNION :	25/06/2013	LIEU :	IAS
OBJET :			
Atelier altimétrie et glaciologie			

PRINCIPALES CONCLUSIONS :
<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>Les premiers résultats de SARAL sur glace sont fort prometteurs et a 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. Il semble judicieux de saisir l'opportunité du "chantier Arctique" pour fédérer la communauté nationale autour du grand Arctique (glace de mer mais aussi Groenland lacs gelés, pergélisol...) avec les collègues de l'Ifremer, du CNRM et de l'OCEAN dans un premier temps. L'atelier de glaciologie doit avoir un rôle fédérateur.</p> <p>PROCHAINE REUNION : dans un an (juin 2014) – mais d'ici là la glaciologie est au cœur des activités de la phase CalVal de SARAL/AltiKa.</p>

PARTICIPANTS :

Nom	Sigle ou Société	Nom	Sigle ou Société
Pierre Thibaut Franck Mercier Vinca Rosmorduc Annabelle Ollivier Estelle Obligis Jean-Christophe Poisson Guillaume Valladeau Bruno Picard Marie-Laure Frery Anne Vernier	CLS	Frédérique Rémy Alexei Kouraev Aurélie Michel Thomas Flament Fabien Blarel Kevin Guerreiro Vanessa Drolon Céline Belleville Sara Fleury	LEGOS
Gilles Garric	Mercator Ocean	Dominique Marquet Bernard Deligny	Thales Alenia Space
Jean-Claude Souyris Nathalie Steunou Amandine Guillot Milena Planells Jean-Claude Lalaurie	DCT/SI/AR	Denis Blumstein Philippe Maisongrande	DCT/SI/LG
Nicolas Picot Pierre Sengenès Jocelyne Noubel	DCT/PO/AL	David Salas Y Melia	CNRM
Emilie Bronner	DCT/ME/OC	Abderrahim Halimi	ENSEEIH
Juliette Lambin	DSP/OT	Jean Tournadre	Ifremer
Florent Christophe	ONERA	Joëlle Levoir	AKKA

DIFFUSION : PARTICIPANTS +



atelier_glaciologie.ms
g

VISAS

	Préparé / rédigé par	Vérfié 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
- travailler sur la synergie entre capteurs
- fédérer une communauté toulousaine (et au-delà !)

Planning de la journée :

intervenant	société	Titre
F. Remy	LEGOS	Intérêts scientifiques de l'altimétrie pour l'étude des glaces (de mer et continentales) polaires et les limites actuelles
N. Picot	CNES	la glaciologie dans les projets d'altimétrie (S3, SARAL)
P. Maisongrande	LEGOS	Bilan de masse des glaciers par télédétection optique basse résolution
T. Flament	LEGOS	10 ans de mesure Envisat sur l'Antarctique : accélération des glaciers, vidanges de lacs et autres curiosités
A. Kouraev	LEGOS	Lacs gelés, pergélisol
F. Mercier	CLS	Pénétration et réflexion à l'interface glace/eau sur les lacs gelés
pause		
J. Tournadre	Ifremer	ALTIBERG une base de données de 20 ans de petits icebergs dans les mers australes
D. Salas	Meteo	La glace de mer
G. Garric	Mercator	Réanalyses sur l'Arctique
Discussion		
Déjeuner		
J. Lambin	CNES	Programmatique
A. Michel	LEGOS	base de données et premiers résultats
F. Remy	LEGOS	interprétation des données Ka sur glace continentale
ML. Frery	CLS	AltiKa/MWR sur les glaces
F. Mercier	CLS	R&T Echos glace et neige en bande Ka
Discussions		
		Exploitation des données AltiKa sur la cryosphère
		Comparaison des données Ku/Ka
pause		
		Conclusion

Ref : DCT/SI/AR/13-12195	Date : 26/06/13 Page : 4/14
--------------------------	--------------------------------

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

Cette année Frédérique Rémy a choisi de faire un bilan des évènements de l'année écoulée. Les évènements marquants sont :

- le lancement réussi d'AltiKa
- la poursuite du projet SPIRIT
- le chantier Arctique français

SARAL/AltiKa

Le lancement a eu lieu le 25 février 2013 et les données sont accessibles aux PI depuis fin mars. Les premiers résultats sur glace peuvent déjà être présentés (cf présentations de A. Michel, A. Kouraev, E. Zakharova, K. Guerreiro, ML Frery, F. Mercier...).

SPIRIT

Ce projet, CNES/IGN/SPOT sous la responsabilité scientifique d'Etienne Berthier a été initié dans le contexte de l'année polaire. Il s'agit d'exploiter les données du capteur HRS (Haute Résolution Stéréoscopique) sur Spot5. Dans ce cadre, environ 60 articles de rang A ont été publiés. Ce projet étant un succès, de nouvelles acquisitions (SPIRIT2) sont demandées avant la désorbitation de Spot5.

Chantier Arctique français

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.

Fort de ses 3 ans d'existence, l'atelier altimétrie et glaciologie porte maintenant son regard au-delà de l'agglomération toulousaine.

On peut par exemple citer les travaux de l'Ifremer, qui met à disposition des paramètres de suivi de la banquise (étendue, rugosité, déplacement) depuis 1992.

A noter également les travaux de Ghislain Picard (en radiométrie) et Eric Brun (simulation de l'état de la neige) qui n'ont pas pu être présents aujourd'hui.

Par ailleurs, un des objectifs de cet atelier est d'encourager l'utilisation des différents capteurs disponibles sur glace, de manière à tirer parti de chaque type de mesure.

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

Mission Sentinel-3 :

Pour rappel les traitements sols reposent sur un héritage Cryosat et Envisat.

Or il semble que l'on se dirige vers le choix du mode SAR partout, quelle que soit la surface. D'après les informations dont dispose Nicolas Picot, l'impact de ce choix n'a pas du tout été évalué sur glace continentale.

Il convient également de rappeler que l'orbite sera nouvelle.

Il y a donc beaucoup d'aspects nouveaux sur cette mission.

Mission SARAL/AltiKa :

Les analyses des données sont en cours ; ces travaux permettent de renforcer les liens entre le CNES, CLS et les laboratoires. Le prototype d'expertise PEACHI se met en place. Les produits OGDRs et IGDRs sont disponibles pour tout le monde depuis le 20 Juin 2013. (date effective 27 juin du fait de problèmes informatiques sur le serveur)

Sur la thématique de la glace de mer, des discussions avaient été entamées avec MSSL mais malheureusement les disparitions soudaines de Seymour Laxon puis Katharine Giles empêchent toute collaboration. **De ce fait, toute proposition de travaux sur cette thématique est la bienvenue.**

Il serait également pertinent de disposer d'une expertise de traitement sur glace de mer dans le service SI/AR.

Remarque : **l'ISRO (agence spatiale indienne) a accepté la demande du chef de projet Pierre Sengenès pour effectuer une manœuvre d'inclinaison visant à se rapprocher de la trace historique d'Envisat. Cette manœuvre interviendrait en juillet.**

Ref : DCT/SI/AR/13-12195	Date : 26/06/13 Page : 5/14
--------------------------	--------------------------------

Pour 2013, il y aurait encore beaucoup de chose à faire, notamment valoriser la mission Cryosat-2. Cette mission a été contemporaine de Envisat, et maintenant de SARAL donc elle pourrait servir de pivot entre ces 2 missions. Cryosat-2 pourrait également permettre de se préparer à la mission Sentinel-3.

Il faut noter que les données sont maintenant publiques, donc il est possible d'y appliquer un retracking ice2.

Remarque sur le patch géographique observé à plus de 81° de latitude sud : un écart aux points de croisement de 50cm a été observé par l'ESA. Il est trop fort pour être dû à de l'orbite. Il faut reproduire ce type d'analyse de manière indépendante, les chaînes de traitement ESA n'étant pas complètement connues.

3) Bilan de masse des glaciers via les capteurs optiques (P. Maisongrande, CNES/LEGOS)

Problématique : boucler le budget de la hausse du niveau marin, les glaciers continentaux représentant environ 1/3 de la hausse globale du niveau de la mer.

Mais les images hautes résolution sont couteuses et n'offrent qu'une couverture partielle.

L'idée est donc d'utiliser les données gratuites issues de l'instrument VEGETATION embarqué sur Spot4 et Spot5. Cette série de 15 ans de données calibrées permet de réaliser un suivi interannuel de l'enneigement des glaciers.

Le traitement résiduel à appliquer sur ces données est la sélection des pixels sans nuage.

L'indice d'enneigement (NDSI) calculé est proportionnel au taux d'occupation du pixel par la neige.

Pour chaque année, l'indice d'enneigement d'un massif est tracé en fonction de l'altitude.

On cherche ensuite, au-delà d'un niveau d'enneigement donné, à établir une relation linéaire entre l'enneigement et l'altitude.

Un des enjeux de la thèse de Vanessa Drolon est d'optimiser cette relation sur les Alpes, puis de voir si elle est transposable à d'autres régions du globe (comme par exemple les Andes ou les Rocheuses qui ont un fort impact sur le niveau de la mer).

Il faut noter que la régression linéaire est sensible à la période de l'année utilisée. Il faut également prendre en compte l'orientation Nord/Sud des glaciers.

Dans le futur, d'autres capteurs pourront être utilisés.

Ainsi, PROBAV lancé en 2013 prendra la suite de VEGETATION (arrêt programmé en juin 2014), et ce jusqu'en 2018 si tout se passe bien. La résolution attendue est 3 fois meilleure que celle de VEGETATION. Puis la charge utile optique de Sentinel-3 pourra être utilisée.

Question : pourquoi ne pas utiliser les données Meris (Envisat) ou Modis ?

Modis : il y a un gros volume de données à traiter. L'ergonomie est une limitation à ces études ; on parle de Tbytes pour une résolution kilométrique !

Meris : il y aurait des soucis d'étalonnage.

L'imagerie radar des Sentinel 1 et 2 pourrait également être exploitée, mais pas dans le cadre de cette thèse (tout ne peut pas être traité).

Là encore la problématique de la volumétrie des données (en TeraBytes jours pour les Sentinel) est à prendre en compte. Un portail sur le site Toulousain pour faciliter ces accès serait un plus (dossier initialisé en son temps par V. Toumazou).

4) 10 ans de résultats Envisat sur l'Antarctique (T. Flament, LEGOS)

L'objet de la thèse de Thomas Flament était de suivre l'évolution de la topographie de l'Antarctique au moyen des données altimétriques Envisat.

Il est rappelé que l'utilisation des données le long de la trace permet de disposer d'environ 20 fois plus de données qu'en utilisant uniquement les points de croisement (ce qui est utilisé par MSSSL). Par contre il faut avoir une mission répétitive et toute nouvelle orbite pose problème (ex : Sentinel3)..

Sur l'exemple du secteur d'Amundsen, on constate que le motif d'amincissement du glacier suit les lignes d'écoulement.

Le suivi de la topographie a permis de suivre la vidange de lacs sub-glaciaires (ce qui provoque l'affaissement de la calotte glaciaire placée au-dessus). Le volume d'eau évacué est même estimé, ainsi que les volumes d'eau stockés temporairement dans les lacs en aval du lac primaire.

Ref : DCT/SI/AR/13-12195	Date : 26/06/13 Page : 6/14
---------------------------------	----------------------------------------------

Dans le cadre d'une étude ESA CCI, le même traitement a été appliqué sur le Groënland. Des inter comparaisons ont été menées dans le cadre de ce projet et les produits LEGOS ont été reconnus comme étant de bonne qualité.

Incertitude de la méthode :

L'évolution de la topographie change si on ne prend en compte que le coefficient de rétrodiffusion ou aussi le flanc (pente du second plateau de la forme d'onde).

On observe une différence sur les tendances d'environ 1.55cm/an entre les données Envisat et Cessât pour la même période d'observation ; cela est peut être dû à une dérive du laser IceSat.

Un autre poste d'erreur est l'interpolation des données au point le plus proche (qui est différent du nadir en présence de pentes du terrain). On retrouve les mêmes difficultés que les analyses conduites par F. Boy sur les données CryoSat / Bamber. Au-delà de 81 degré de latitude sud (ie zone couverte uniquement avec IceSat) les écarts de topographie deviennent très importants.

Une autre difficulté est la conversion en masse de cette topographie mesurée par l'altimétrie. En effet, suivant la composition de la surface (neige ou glace) la densité et donc la masse ne sera pas la même. Pour cela on peut utiliser les données GRACE. Il convient cependant de rappeler les limitations et difficultés liées à ces données gravimétriques, notamment les effets du GIA.

5) Lacs gelés, pergélisol (A. Kouraev, E. Zakharova LEGOS)

a. Lacs

Le suivi des lacs du nord de la Russie est important pour la faune et la flore endémiques, mais aussi pour les activités humaines (tourisme).

La méthode présentée par Alexei pour discriminer l'eau de la glace repose sur l'utilisation de la synergie entre l'actif (coefficient de rétrodiffusion issu de l'altimétrie) et le passif (température de brillance issue de la radiométrie).

La limitation d'un radiomètre à fauchée de type SSMI est sa faible résolution spatiale ; du fait de sa large empreinte au sol, la mesure est souvent polluée par les berges.

De manière général on observe un raccourcissement de l'hiver (période de glaciation) sauf pour la partie centrale et sud du lac Baïkal.

Ce suivi peut également être fait sur des rivières de quelques kilomètres de large comme l'Ob.

Polynie = zone libre de glace entourée par de la glace de mer, qui est naturellement très réfléchissante.

Les anneaux du lac Baïkal

Ces anneaux parfaitement circulaires de 5-6km de diamètre sont généralement visibles en avril, et leur origine reste inexplicée (si on exclut les OVNI).

Des observations dans l'infrarouge ont montré que l'anneau était environ 1°C plus chaud que le reste de la surface gelée. Des mesures in situ ont également été effectuées à l'emplacement même de formation d'un anneau. Il semblerait que le processus de réchauffement viendrait « du bas ».

b. Marécages de Sibérie occidentale

Cette région très plate est le plus grand marécage du monde.

On s'appuie toujours sur des mesures in situ pour suivre le pergélisol car il est difficilement observable par satellite..

A partir du coefficient de rétrodiffusion mesuré par Envisat on peut établir une classification des types de zones humides observées, et suivre leurs évolutions saisonnières.

On observe une bonne cohérence entre les zones humides ainsi détectées par Envisat avec celles indiquées par SMOS.

5bis) La glace de rivière sur l'Ob (Kevin Guerreiro, stage LEGOS)

Les formes d'onde en début et fin d'hiver sont comparées. En fin d'hiver, on observe une anomalie sur le front de montée, analogue à celle montrée par Franck Mercier.

Ref : DCT/SI/AR/13-12195	Date : 26/06/13 Page : 7/14
---------------------------------	----------------------------------------------

Mais l'explication apportée sur son origine est différente. En effet, Frédérique Rémy a développé un modèle radiométrique, et montré que l'on retrouvait ce type de forme d'onde en présence d'une anomalie de réflectance loin du nadir.

Grâce à la méthode de discrimination eau/glace mise en place par Alexei (basée sur les TB et le coefficient de rétrodiffusion), on peut suivre la couverture de glace dans l'estuaire, et ainsi la variabilité interannuelle des dates de gel et de dégel.

6) Pénétration et réflexion à l'interface glace/eau sur les lacs gelés (F. Mercier, CLS)

Rappel du contexte : au cours d'un stage en 2009, une « marche d'escalier » sur le front de montée a été observée sur des lacs gelés (également visible sous forme d'une frange dans la représentation 2D).

Ce signal, observé sur Jason-2, Envisat et Cryosat, est de plus en plus marqué au cours de l'hiver puis disparaît au printemps. Cela laisse supposer qu'il y a un lien avec la formation puis la fonte de la glace. Cela pourrait-il permettre d'accéder à l'épaisseur de glace ?

D'après la théorie, l'onde en Ku ou C pénètre de quelques mètres dans la glace et la réflexion la plus forte se situerait à l'interface glace-eau.

L'hypothèse avancée est que la première partie du front de montée correspondrait à la réflexion sur la neige/glace et la deuxième partie du front de montée correspondrait à l'interface glace/eau.

En comptant la largeur de la « frange » en nombre de portes, et sachant la vitesse de propagation de l'onde dans la glace, on pourrait en déduire l'épaisseur de glace traversée.

Ce calcul a été comparé avec des mesures in situ, mais elles ne sont que très locales, et ne reflètent pas forcément l'épaisseur de glace qui se trouve au milieu du lac. On constate cependant un bon accord global entre la détermination issue de l'analyse du front de montée et les données in situ.

Maintenant que des données AltiKa sont disponibles, regardons ce qui se passe en bande Ka : sur les 3 passages dont on dispose, aucune frange n'est apparue. Ceci est conforme à la théorie selon laquelle la pénétration de l'onde en bande Ka est très faible. Cela semble également confirmer que la frange observée en bande Ku et C est bien due à l'interaction entre l'onde et la surface. Cette théorie avait en son temps été confirmée par SI/AR (Céline Tison).

Une validation indépendante pourrait être apportée par les observations Lidar de ces lacs. Il serait également intéressant de voir comment se placent les formes d'onde rencontrées dans la classification.

7) ALTIBERG (J. Tournadre, Ifremer)

Les icebergs étudiés mesurent 2-3km maximum de long, les grands icebergs (dits tabulaires) étant suivis et répertoriés par ailleurs. L'intérêt du suivi des icebergs s'explique par leur impact sur la circulation océanique australe et la biologie (migration d'espèces dans les icebergs), ainsi que le risque qu'ils génèrent pour la circulation navale.

Pour les petits icebergs, on ne dispose pas d'archive climatique, seulement de modèles qui simulent une distribution d'icebergs.

Ici on se sert des formes d'onde altimétrique pour détecter les icebergs ; en effet ces cibles dépassent de la surface d'eau et signent par un pic d'énergie sur le plateau de bruit. (et par une parabole sur les représentations en 2D des formes d'onde)

Les caractéristiques de la parabole décrite sont liées à la configuration géométrique du survol par le satellite (altitude).

Mais pour les applications scientifiques, c'est le paramètre volume de glace qui est pertinent.

On prend donc une hypothèse sur le franc bord (traduction possible pour "freeboard") (28m soit une épaisseur de l'iceberg de 250m) et sur le coefficient de rétrodiffusion (19dB) pour essayer de trouver la surface de l'iceberg.

L'estimation du volume de l'iceberg est alors fonction d'une probabilité de présence et de la surface de l'iceberg.

Une base de données des icebergs a été créée, à partir d'une base de formes d'ondes et d'une chaîne de traitement. Pour l'instant Cryosat-2 n'est pas intégré dans la base des formes d'onde car il fonctionne en

Ref : DCT/SI/AR/13-12195	Date : 26/06/13 Page : 8/14
--------------------------	--------------------------------

mode SAR sur la zone d'intérêt. **(Il pourrait être intégré en appliquant un traitement pseudo LRM et/ou en exploitant directement les mesures SAR)**

Pour tester ces traitements, la méthode a été appliquée au suivi des bateaux ; on retrouve bien les grandes routes maritimes. Ainsi on constate que le trafic maritime a plus que doublé depuis 1992, en sachant qu'il s'agit de la première cause de pollution des océans (le carburant des bateaux est 3000 fois plus riche en soufre que celui des voitures).

Afin de construire une série cohérente, les coefficients de rétrodiffusion sont intercalibrés entre missions.

En superposant la carte de probabilité de présence de petits icebergs avec celle de la trajectoire des gros icebergs, on se rend compte que certains « patches » de petits icebergs ne sont pas reliés à la présence de gros icebergs.

**Le site web de diffusion de ce produit est en cours de construction.
L'intégration des données AltiKa est également en cours.**

Question : comment savoir que l'on détecte des icebergs et non des bateaux ?

Un masque géographique est appliqué pour ne traiter que la zone d'intérêt ; dans cette zone il n'y a pas ou peu de bateau.

Le même type de traitement a été appliqué sur l'océan Arctique mais avec plus de difficultés pour éliminer les outliers.

8) Utilisation de données satellites pour l'étude des glaces marines (D. Salas, Météo France/CNRM)

Rappel de quelques définitions :

- Le freeboard (ou franc bord) correspond à la hauteur émergée de la glace de mer (comprenant éventuellement de la neige et de la glace)
- L'extension de la banquise (contour avec un seuil de composition de glace) est différente de la surface de la banquise.

Suivant le produit utilisé (ROOS ou NSIDC) il y a un écart d'environ 1 million de km² sur l'extension minimum de la banquise Arctique en septembre 2012.

Au CNRM c'est plutôt le produit NSIDC (National Snow and Ice Data Center, Boulder USA) qui est utilisé. D'après ces données, l'extension de la glace de mer en Arctique s'est réduite de moitié depuis les années 80.

Les données satellites apportent une couverture complète et homogène de la zone. Entre IceSat et Cryosat on semble voir une poursuite de l'amincissement de la glace de mer.

Pour les études climatiques, le CNRM a développé un modèle de glace : GELATO.

Il existe deux types de prévisibilités :

- Prévisibilité liée aux conditions initiales
- Prévisibilité liée aux conditions aux limites

On estime que la glace de mer est prévisible à une échéance de 2 à 6 mois (prévision saisonnière).

La qualité des prévisions est notamment liée à l'épaisseur initiale de glace. Des données satellites pourraient peut-être aider à améliorer la précision de cette condition initiale.

Avec ce modèle le 20^e siècle a été joué 35 fois pour évaluer le réalisme des scénarios ainsi que l'impact de différents paramètres. Ainsi, lorsque l'on augmente le forçage par les gaz à effet de serre, la glace de mer diminue au 20^e siècle.

Dans les projections climatiques aucune observation n'est assimilée ; par une contre, une des pistes d'amélioration serait de contraindre l'été initial en épaisseur de glace avec des données satellites.

Les observations servent pour qualifier les simulations.

L'utilisation d'un modèle de neige (CROCUS) pourrait permettre de déduire l'épaisseur de glace à partir de la mesure du freeboard ; ce serait un exemple d'utilisation couplée des observations et du modèle.

9) Ré-analyses sur l'Arctique (G. Garric, Mercator)

Ref : DCT/SI/AR/13-12195	Date : 26/06/13 Page : 9/14
--------------------------	--------------------------------

Seules les données qui correspondent à de l'eau libre sont assimilées dans le modèle.

Le nouveau système temps réel opérationnel fonctionne au 1/12°, même si cela n'est encore pas suffisant pour résoudre le rayon de Rossby dans l'océan Arctique.

Le Rayon de Rossby est une longueur fondamentale en dynamique des fluides géophysiques (atmosphère, océan), qui dépend de la rotation de la terre et des échelles d'espace et d'intensité caractérisant les courants océaniques ou les vents atmosphériques. Les mouvements dont les échelles sont supérieures au rayon de Rossby suivent en très bonne approximation l'équilibre géostrophique : la force de Coriolis joue un rôle prépondérant dans ce cas. (source UVED

http://www.uved.fr/fileadmin/user_upload/modules_introductifs/module2/site/html/glossaire.html#R)

On note que la couverture de glace de mer observée en mars 2012 n'est pas restituée correctement par le modèle.

De même, les observations à l'été austral (février 2012) sont mal reproduites par le modèle.

Les réanalyses GLORYS sur la variabilité mensuelle de l'étendue de la banquise sont bien corrélées avec les observations en Arctique ; en Antarctique, l'amélioration des conditions initiales (via des observations d'épaisseur de glace) permet d'augmenter la corrélation.

On peut également comparer les réanalyses GLORYS avec le modèle PIOMAS, mais celui-ci présente un biais par rapport aux observations IceSat.

Ce projet s'effectue dans le cadre d'un appel à proposition du Groupe Mission Mercator Coriolis, dont le but est de favoriser les échanges entre les différents acteurs scientifiques et opérationnels. On peut mentionner notamment le fait que le produit développé par Pierre Prandi durant sa thèse (SSH Arctique) sera utilisé dans ce projet.

10) Programmatique (J. Lambin, CNES)

A la différence de l'océan, on ne dispose pas de modèle d'écho sur glace de manière à pouvoir spécifier des performances mission.

CFOSAT

Du fait de difficultés rencontrées dans la coopération avec la Chine (réglementation ITAR durcie), le retard attendu est au minimum de 18 mois (lancement initialement prévu en 2015).

La DSP encourage les travaux combinant l'altimétrie et l'optique.

AltiKa-2

Cette proposition ne semble pas être la priorité n°1 du CNES car il s'agit d'un modèle récurrent. Cependant, c'est un bon candidat pour une coopération.

OCAPI (satellite géostationnaire pour la couleur de l'eau)

La couverture envisagée est l'Atlantique, de l'Ecosse à l'Afrique du Sud.

La difficulté sur ce projet est financière (la plateforme et le lancement sont chers). Il faudrait donc rechercher une opportunité de coopération (avec un pays qui serait intéressé par la même zone d'observation !).

11) Premiers résultats AltiKa (A. Michel, thèse CLS/LEGOS)

Il est nécessaire de développer une chaîne dédiée aux traitements sur glace continentale car les paramètres estimés sont différents de ceux sur océan et les échelles des phénomènes observés sont bien sûr différentes (SLA ~ qqes cm / topographie sur glace en km).

L'editing des données reste encore à améliorer.

Grâce à cette chaîne de traitement, 50 paramètres sont suivis (paramètres de retracking, corrections, flags, statistiques...).

On dispose maintenant de 3 cycles de données AltiKa, le suivi temporel des paramètres (dont la topographie et le coefficient de rétrodiffusion peut donc commencer.

Ref : DCT/SI/AR/13-12195	Date : 26/06/13 Page : 10/14
---------------------------------	-----------------------------------------------

Les premières cartes de topographie montrent une bonne cohérence à grande échelle avec la topographie issue des mesures Envisat. La modification de la trace au sol pour se rapprocher de celle d'Envisat permettra d'effectuer les comparaisons à plus fine échelle.

Les courbes de suivi journalier des paramètres permettent de mettre en évidence des variations géophysiques mais aussi l'impact des changements de mode de tracking.

La comparaison des coefficients de rétrodiffusion indique une valeur SARAL inférieure d'environ 2.5dB à la valeur Envisat (ordre de grandeur déjà observé sur océan).

Sur les 3 premiers cycles, la largeur du front de montée AltiKa semble plus étroite d'environ 0.8m que celle obtenue sur Envisat.

Le même suivi est effectué sur le Groënland.

On y observe une forte variabilité du coefficient de rétrodiffusion sur les 3 premiers cycles. Pour l'instant la comparaison avec Envisat n'a pas été faite, mais on peut penser que cette variabilité est révélatrice de la fonte printanière.

Les perspectives sont :

- **Poursuite du monitoring sur le Groënland**
- **Comparaison avec Cryosat**
- **Analyse aux points de croisement avec iceSat**

12) Interprétation des données SARAL/AltiKa sur glace continentale (F. Rémy, LEGOS)

Le but de cette présentation est de voir où nous en sommes par rapport aux objectifs fixés lors du tir (25 février 2013).

Il est rappelé le besoin de poursuivre la trace Envisat de manière à disposer d'une série temporelle continue et homogène de la topographie.

Du fait de l'ouverture d'antenne plus réduite sur AltiKa que sur Envisat, il est logique de récupérer moins de mesures sur les zones à fort relief (à la côte). En effet, pour une pente supérieure à 0.3°, l'écho retour sort du diagramme d'antenne.

Le mode MNT n'est pas exploitable partout, une tuile a un codage de type de surface incorrect (zone de la plateforme de Ross).

Lorsque l'on compare la rétrodiffusion en bande S, Ku et Ka on note une diminution du nombre de zones spéculaires avec la longueur d'onde. (accès à la rugosité plus fine échelle en bande Ka)

Sur les cartes de différence de rétrodiffusion aux points de croisement, on note également en bande Ka un écart significatif dû à l'interaction entre l'onde polarisée de manière rectiligne (dans un angle différent de celui d'Envisat) et les grains de surface qui subissent l'orientation du vent.

Par contre, on note sur AltiKa un écart de hauteur aux points de croisement plus faible que sur Envisat - ce qui semble suggérer que l'écho de volume en bande Ka est de la diffusion par les grains de neige proche de la surface

Concernant l'apport de la synergie actif/passif il est préférable d'attendre de disposer d'environ 1 an de données pour tirer des conclusions.

13) AltiKa/MWR sur les glaces (ML. Frery, CLS)

Aujourd'hui la correction troposphérique humide utilisée sur les glaces est celle du modèle. En effet, l'algorithme d'inversion des températures de brillance a été mis au point sur océan où l'émissivité de la surface est mieux connue.

Une action de R&T (RS10/OT3-046) avait été menée pour établir un réseau de neurones valable sur glace. Il s'est avéré impossible de trouver un seul réseau de neurones capable de reproduire la variabilité saisonnière.

Ref : DCT/SI/AR/13-12195	Date : 26/06/13 Page : 11/14
---------------------------------	-----------------------------------------------

Les mesures de TB AltiKa dans les 2 canaux sont comparées avec celle d'Envisat (année différente mais mois identique) et d'AMSU-A (en ne retenant que les 2 mesures les plus proches nadir, ce qui fait une mesure toutes les 8s).

Les structures observées sont cohérents entre les missions. On peut noter que l'on voit plus de variabilité avec AltiKa, ce qui peut s'expliquer par le fait que la tache au sol d'AMSU étant plus grande, l'information est plus lissée (AC).

Sur le deuxième canal, les différences peuvent s'expliquer par la différence de fréquence (31.4GHz pour AMSU contre 37GHz pour AltiKa).

Les mesures AltiKa semblent donc de très bonne qualité sur l'Antarctique.

Reste à trouver un algorithme d'inversion adapté, et confirmer le besoin de disposer d'une correction troposphérique humide plus précise que le modèle sur l'Antarctique (l'ordre de grandeur de la correction troposphérique semble inférieur à la précision sur la topographie recherchée).

14) Analyse d'échos glace/neige en bande Ka (D. Blumstein, CNES / F. Mercier, CLS)

Cette action de R&T (RS12/OT3-055) s'articule en 2 phases :

- modélisation de l'interaction onde-surface (CAPGEMINI, terminée)
- simulation et inversion des formes d'onde (CLS, démarrage le 3 juillet)

a. Première phase

Les paramètres principaux intervenant dans la modélisation de la neige sont la surface, les grains de neige et la stratification.

Des études de sensibilité aux différents paramètres ont été menées, et il s'avère que l'incidence de l'onde a un effet important ; or on ne connaît pas parfaitement la répartition des pentes en Antarctique. Il y a donc une limitation au modèle.

Cependant, un paramétrage plus simple est possible (prenant en compte un coefficient d'extinction et le rapport entre les rétrodiffusions de volume et de surface), et on dispose du code pour le compléter si nécessaire.

Denis Blumstein a alors testé la simulation de formes d'ondes sur le lac Vostok (surface plane) et la comparaison avec des formes d'ondes réelles semble prometteuse.

b. Deuxième phase

A partir du modèle radiométrique fourni en entrée, il s'agit de simuler les formes d'onde (simulateur à mettre en place), d'y appliquer un retracking (ice-2 ou une autre solution permettant d'estimer plus de paramètres) et de comparer ces simulations avec les mesures réelles.

15) Thématique de la glace de mer

D'après les travaux de David Salas, l'impact des fleuves sur la glace de mer est important. Si besoin, Alexei Kouraev (LEGOS) peut fournir des données de débits de fleuves dans sa zone d'étude (Sibérie).

Le CNRM propose un produit neige pour récupérer l'épaisseur de glace à partir du franc bord. Il y aurait un intérêt pour ce produit dans le cadre du projet Sentinel-3 et/ou SARAL et/ou CryoSat, mais la première étape serait de disposer d'un retracking adapté à cette surface.

Questionnements sur le modèle du CNRM :

On ne connaît pas trop la qualité des réanalyses sur l'Arctique qui sont utilisées dans le modèle de neige CROCUS.

Pour l'instant, aucune observation n'est assimilée ; les données servent juste à contraindre le modèle dans une zone où il est défaillant.

Remarque : MODIS fournit une bonne température de surface, tandis que ERA interim fournit uniquement une température à 2m du sol, induisant un biais de 4-5K.

16) Exploitation des données AltiKa

Ref : DCT/SI/AR/13-12195	Date : 26/06/13 Page : 12/14
--------------------------	---------------------------------

En plus des présentations décrites précédemment, Alexei Kouraev et Elena Zakharova (deuxième partie de la présentation numérotée 05) ont montré des premiers résultats obtenus à partir des données AltiKa sur le lac Baïkal, la mer de Kara et les zones marécageuses de Sibérie occidentale.

17) Comparaison des données Ku/Ka

Il semble que la discrimination des surfaces (glace/eau) soit plus forte en Ka qu'en Ku.

Grâce à la longueur d'onde plus faible en Ka, on peut accéder à des échelles de rugosité plus fine.
Remarque : **cela pourra peut-être permettre de raffiner la classification effectuée par Ngan Tran.**

Question : serait-il possible de confirmer par un modèle la différence de rétrodiffusion observée entre Ku et Ka ?

Pénétration de l'onde :

Il semble qu'il y ait un phénomène de diffusion sur les premiers centimètres.

Pour vérifier la profondeur de pénétration par rapport à l'attendu théorique, on pourrait :

- **Effectuer des comparaisons avec un MNT local (ou des données in situ)**
- **Utiliser les travaux de la R&T en cours (échos de glace/neige en bande Ka)**
- **Suivre l'évolution saisonnière de la topographie en Ka et Ku**

Impact de la polarisation rectiligne sur l'interaction onde-surface :

La surface (glace continentale) est anisotrope notamment à cause du vent catabatique.

Les analyses aux points de croisement montrent l'impact de cette polarisation (ajoutée à l'orientation de la trace).

Cette problématique semble difficile à modéliser (surtout vu la longueur d'onde), mais cela pourrait tout à fait rentrer dans le cadre d'une R&T pour 2014 (appel à idées externe a été ouvert le 17 juin et sera clôturé le lundi 9 septembre à minuit ; site <https://rt-theses.cnes.fr/>)

18) Conclusion

L'exploitation des données Altika commence et est de bon augure.
La prochaine étape sur l'évaluation de ces données est le workshop officiel de vérification des données temps réel, du 27 au 29 août 2013.

Les présentations de cette journée furent très intéressantes et complémentaires (multi capteurs).
Cet atelier rencontre un succès croissant au fil des ans, et cela laisse présager une structuration de la communauté glaciologie toulousaine et au-delà.

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).

TABLEAU DES ACTIONS

Action N°	Libellé	Responsable	Echéance
1	Planifier à l'avance l'atelier 2014 pour permettre aux intervenants (surtout non toulousains) de s'organiser	CNES (A. Guillot)	