



Microwave Remote Sensing for Atmospheric Studies

GdR 3187

Atelier sur la modélisation et l'observation des surfaces océaniques en télédétection microonde

Observatoire de Paris

9 novembre 2011

Cet atelier a réuni une vingtaine de personnes, de différents laboratoires impliqués en télédétection océanique et du CNES. L'objectif était de faire le point sur les activités en radiométrie microonde de la surface des océans depuis l'espace, à la fois pour la restitution des paramètres océaniques et pour l'amélioration de l'inversion des paramètres atmosphériques proches de la surface océanique. Des présentations ont aussi couvert les aspects théoriques de la modélisation de l'interaction océan / rayonnement microonde. Tout au cours de la journée, des discussions ont eu lieu entre les différents participants, de manière très active et enrichissante.

Le programme de la journée ainsi que la liste des participants est en annexe. Les présentations sont disponibles sur le site <http://lerma7.obsppm.fr/~gdr/GDR/Home.html>, dans la rubrique Document.

Bref résumé des présentations

- L'exposé de Bertrand Chapron (IFREMER) a été consacré à la modélisation de l'interaction entre la surface marine et le rayonnement microonde, à la fois en passif et en actif, en insistant sur l'intérêt d'utiliser la diversité des angles de visée et la synergie entre les deux modes d'observations (actif/passif). Des modèles théoriques efficaces existent pour décrire les phénomènes, tant qu'il n'y a pas de déferlement. Ils sont cependant trop peu utilisés dans les applications visant à inverser des paramètres océaniques. En présence de déferlement, des efforts restent à faire pour affiner la modélisation. L'exploitation des mesures Doppler demande aussi des développements supplémentaires.
- L'exposé de Charles-Antoine Guérin (LSEET) était très complémentaire, en présentant la description physique de la mer. Tout d'abord les différentes modélisations des spectres de mer ont été décrites, en mettant en évidence leurs différences et les perspectives d'évaluation fournies par les observations stéréoscopiques. Le déferlement est par contre très complexe à modéliser et les seuls modèles qui existent sont empiriques. Ils sont souvent paramétrés par la vitesse du vent, mais ce n'est pas nécessairement le bon paramètre.
- Danièle Hauser (LATMOS) a présenté les activités aéroportées de la communauté française, en matière de télédétection océanique en microonde. Elles sont axées sur l'étalonnage/validation des instruments satellites ou sur la préparation des futures missions. Le diffusimètre STORM (bande C polarimétrique) sur l'ATR 42 permet l'évaluation des modèles électromagnétiques et des paramétrisations du déferlement. La double polarisation a apporté des contraintes supplémentaires sur la modélisation. Dans le contexte SMOS, le radiomètre CAROLS (bande L) permet de valider le modèle direct utilisé pour l'inversion des observations satellites. Finalement, le radar KuROS (13.5 GHz) est développé en préparation à la mission CFOSAT. Des campagnes de mesures STORM/KuROS sont planifiées, pour analyser la complémentarité passif/actif.

- L'estimation des paramètres atmosphériques proche de la surface suppose une bonne quantification de la contribution de la surface elle-même. Les données des sondeurs météorologiques au-dessus des glaces de mer sont souvent inexploitées, faute d'une estimation des émissivités des glaces de mer. L'exposé de Fatima Karbou (Météo-France) a montré combien l'estimation de la contribution de la surface, dérivée directement des observations satellites dans des canaux assez transparents de l'atmosphère, contribuait à augmenter l'utilisation des données des sondeurs opérationnels (AMSU) dans le système de prévision numérique du temps et à améliorer la prévision.
- Jean-François Mahfouf (Météo-France) a brièvement décrit le modèle de prévision numérique ARPEGE, en insistant sur l'apport de l'assimilation des observations microondes, issues des radiomètres et des diffusiomètres. Il a décrit FASTEM, le modèle microonde d'émissivités de la mer utilisé en assimilation à Météo-France, avec RTTOV. Ce modèle semi-empirique résulte d'un compromis entre vitesse de calcul et précision. Il a été récemment amélioré pour mieux prendre en compte le déferlement et les effets de la salinité. Pour l'assimilation des données actives, un modèle empirique développé au KNMI (CMOD) est adopté. Le rôle de la température de surface et des courants océaniques est rappelé.
- L'exposé de Yves Quilfen (IFREMER) a porté sur l'inversion du vecteur vent au-dessus des océans, en actif et en passif, et a souligné la complémentarité des deux approches (sensibilité à différentes gammes de vent, impact de la pluie). La question de la sélection du paramètre à inverser (vitesse du vent réel, vitesse du vent neutre, ou tension du vent) est posée. Le problème de l'estimation des vents forts est mis en évidence et le potentiel de SMOS est mentionné, dans le cas des cyclones. Des efforts restent à faire pour exploiter conjointement les différentes observations (différentes gammes de longueurs d'onde, différents modes), pour une meilleure estimation des vents.
- L'estimation de la salinité a fait l'objet de l'intervention de Jacqueline Boutin (LOCEAN), à partir des données SMOS mais aussi d'Aquarius. Le modèle direct d'émissivité de la mer est décrit (double-échelle avec prise en compte de l'écume). Les difficultés de l'exploitation des mesures interférométriques de SMOS sont rappelées (problèmes de reconstitution d'images, d'interférence radio, d'estimation de la contribution galactique). Des cartes de la salinité moyennée sur 10 jours à une résolution de 100 km sont disponibles, avec une précision de l'ordre de 0.3 PSU, comparée aux mesures in situ ARGO. Les vents et température de surface ECMWF sont utilisés comme première ébauche dans l'inversion. Il y a sérieux problèmes de RFI en hémisphère nord. La mission Aquarius (antenne réelle) est beaucoup moins affectée par cette pollution RFI, mais au détriment d'une résolution spatiale et d'une couverture spatio-temporelle moins bonnes. Une dérive radiométrique forte vis-à-vis des exigences pour la restitution de la salinité a aussi été observée sur cet instrument.
- Catherine Prigent (Observatoire de Paris) a présenté le potentiel de la radiométrie microonde pour l'estimation de la température de surface, en tant que complément des estimations infrarouges qui sont limitées au ciel clair. Les exigences des utilisateurs sont très fortes, en terme de précision (0.3K) et de résolution spatiale (10km). Les basses fréquences autour de 6 GHz sont les plus sensibles à la température, sur toute sa gamme de variabilité, mais pâtissent d'une résolution spatiale limitée. Des instruments interférométriques et à antenne réelle (4m de diamètre) sont comparés, à l'avantage des systèmes à antenne réelle, les systèmes interférométriques ne pouvant assurer la précision requise.

Résumé des discussions

A de nombreuses reprises dans les discussions, la complémentarité des observations a été indiquée, dans un premier temps pour mieux comprendre les interactions rayonnement / surface de l'océan et donc obtenir une meilleure modélisation / paramétrisation de ces interactions, et dans un deuxième temps proposer des inversions plus précises des paramètres océaniques à partir des observations satellites, en profitant de la synergie des observations. Les complémentarités sont de natures variées: entre différentes longueurs d'onde ou angles de visée pour un même type d'instrument (i.e., SMOS/AMSR-E), entre les modes actifs et passifs (i.e., ERS ou ASCAT / SMOS ou AMSR-E), entre angles de visées, entre des gammes de longueurs d'onde très différentes (i.e., Calipso / AMSU sr l'A-train).

Des questions ont été posées sur la pertinence du paramètre vent à introduire dans les modèles d'émissivités ou de rétrodiffusion océanique, dans le cadre de l'inversion des vents de surface. Pour des raisons pratiques concernant la calibration de ces modèles empiriques, les vents à 10m sont généralement utilisés. Or c'est la tension du vent à la surface qui est mieux corrélée avec les propriétés géométriques et émissives de la surface plutôt que le vent à une certaine altitude. La relation entre le vent à 10m et la tension de surface dépend en effet d'autres variables locales ou non locales: la stabilité atmosphérique et l'état de la mer (y compris les courants de surface). L'estimation des vents

neutres (au lieu des vents réels) permet de s'affranchir facilement des effets potentiels de la stabilité atmosphérique et de rendre plus aisé le calcul de la tension du vent, et c'est aujourd'hui ce qui est préconisé pour les produits opérationnels. Les effets d'état de mer sont plus difficiles à prendre en compte et induisent donc encore des erreurs systématiques. L'estimation directe de la tension du vent est un sujet de recherche actif.

Pour la prévision numérique du temps à Météo-France, en assimilation, des méthodologies différentes sont utilisées en passif (AMSU, AMSR-E, SSM/I...) et en actif (Quikscat, ASCAT). Pour les données passives un modèle d'émissivité est utilisé (FASTEM), pour assimiler directement les radiances. Pour les données actives, ce sont les données de vent inversées qui sont assimilées (basées sur l'inversion de CMOD). Il est suggéré d'utiliser les mêmes types de modélisation, pour le passif et l'actif, pour plus de cohérence. L'IFREMER et Météo-France doivent approfondir ce point. On pourrait aussi songer dans ce cadre à mieux prendre en compte les problèmes de stabilité de l'atmosphère dans la couche limite, puisque des informations atmosphériques sont disponibles dans le contexte de l'assimilation.

Il serait aussi intéressant de tester des modèles d'émissivité et de rétrodiffusion, plus rigoureux que FASTEM ou CMOD, dans le contexte de l'assimilation à Météo-France, en transfert radiatif direct, dans la mesure où les chaînes d'acquisition et de calcul existent déjà. Cela permettrait d'évaluer ces modèles en Prévision Numérique du Temps (PNT) et de les consolider à plus large échelle. Il est à noter cependant que dans le contexte PNT, les contraintes en temps calcul sont primordiales et son augmentation ne peut se justifier que par un apport non négligeable sur certains éléments mesurant la qualité des analyses et/ou prévisions.

Des possibilités d'estimation de la salinité avec AMSR-E sont indiquées par B. Chapron. Un papier a été publié (Reul et al., GRL, 2009). 0.5-0.6 PSU dans les eaux chaudes. Le couplage SMOS / AMSR-E serait sans doute profitable, à la fois pour la salinité et pour les vents (surtout pour les vents forts et dans les cyclones).

Il est mentionné que AMSR-E a cessé d'être actif en octobre 2011. Il n'y a plus d'imageur de ce type en service, mis à part sur le satellite HY-2A chinois, mais ces données ne sont pas encore à la disposition d'une large communauté. Les japonais devraient lancer un autre AMSR-E un plus tôt que prévu, sans doute en début d'année prochaine. Notons que SSM/I-S qui inclut des canaux similaires au-dessus de 19 GHz est toujours actif et inclut des fréquences similaires. Le projet MicroWave Imager (WMI) en discussion pour les futurs satellites opérationnels européens Post-EPS doivent être soutenus par la communauté océanographique: ce type d'instrument est très important pour l'estimation des vents de surface océanique, surtout pour les vents forts pour lesquels la sensibilité des diffusionmètres est limitée.

NB : En marge de la réunion, il a été indiqué que l'IFREMER/LOS est impliqué dans des projets liés aux glaces de mer (projets européens, projets ESA) depuis les années 1990. L'originalité des travaux repose sur l'utilisation combinée des données de diffusionmètres (QuikSCAT, ASCAT...) et radiomètres (SSM/I, AMSR-E...) embarqués sur satellites. La rugosité de surface de la glace de mer (mesurée par les diffusionmètres) est reliée à l'âge de la glace (jeune, pérenne). Les étendues et concentration de la banquise sont mesurées à partir de la température de brillance de la surface (mesurée par les radiomètres). L'utilisation combinée de ces données permet également d'estimer le mouvement des glaces de mer en hiver. Les travaux reposent sur le centre de données CERSAT/IFREMER où sont traitées, archivées et diffusées l'ensemble des données de rugosité et de mouvement des glaces de mer Arctiques en hiver depuis 1991. Les étendues et concentrations sur les deux pôles sont également à disposition.

Annexe 1 : Programme de la journée

9h30-10h00 Modélisation de la contribution de la surface marine en microonde (active/passive)
(Bertrand Chapron, IFREMER)

10h00-10h30 Modélisation de la surface marine (spectre de mer, écume)
(Charles-Antoine Guérin, LSEET)

10h30-11h00 Modélisation de l'émissivité de la glace de mer
(Fatima Karbou, Météo-France)

11h00-11h30 Pause café

11h30-12h00 Expérimentation aéroportée microonde (actif/passif)
(Danièle Hauser, LATMOS)

12h00-12h30 Inversion des vents de surface par microonde (actif/passif) depuis l'espace
(Yves Quilfen, IFREMER)

12h30-13h00 Estimation de la salinité en microonde depuis l'espace
(Jacqueline Boutin, LOCEAN)

13h00-14h00 Déjeuner (sur place, à la cantine)

14h00-14h30 Estimation de la température de surface en microonde depuis l'espace
(Catherine Prigent, Observatoire de Paris)

14h30-15h00 La surface marine dans le contexte de l'inversion des paramètres atmosphériques en microonde depuis les satellites
(Jean-François Mahfouf, Météo-France)

15h00-17h00 Discussion

Annexe 2 : Liste des participants

1. Beaudin Gérard (LERMA)
2. Borderie Pierre (ONERA)
3. Boutin Jacqueline (LOCEAN)
4. Chapron Bertrand (IFREMER)
5. Dechambre Monique (LATMOS)
6. Defer Eric (LERMA)
7. Galligani Victoria (LERMA)
8. Goldstein Christophe (CNES)
9. Guérin Charles-Antoine (LSEET)
10. Hauser Danièle (LATMOS)
11. Karbou Fatima (Météo-France)
12. Lalaurie Jean-Claude (CNES)
13. Le Gall Alice (LATMOS)
14. Lifermann Anne (CNES)
15. Mahfouf Jean-Francois (Meteo_france)
16. Martin Adrien (LOCEAN)
17. Mironov Alexey (LATMOS)
18. Paul Maxime (LERMA)
19. Prigent Catherine (LERMA)
20. Quilfen Yves (IFREMER)
21. Souyris Jean-Claude (CNES)
22. Tison Céline (CNES)
23. Yin Xiaobin (LOCEAN)