Réunion Météorologie antarctique, Dome C, Base Concordia
COUCHE LIMITE STABLE – MANTEAU NEIGEUX -MODELISATION ET MESURE

Mercredi 22 mai 2013, au CNRM, se sont tenus un séminaire puis une réunion sur le thème de la météorologie à Dome C .
La matinée était consacrée aux présentations diverses (de l'instrumentation spécifique à la modélisation) afin de **valoriser** les différents travaux en cours comme l'étude de la **couche limite stable polaire** et du **manteau neigeux antarctique**.
L'après-midi, une discussion libre a permis aux personnes présentes d'approfondir les points abordés le matin et de répondre aux questions soulevées par les exposés.

Les laboratoires impliqués sont le CNRM (Toulouse), le LGGE et le LEGI (Grenoble), FIZEAU et LAGRANGE (Nice) et PNRA/ENEA, ISAC/CNR (Italie). Ce séminaire s'inscrit dans le cadre de **Dephy*,** avec le soutien de l'**IPEV***.
Développement et Evaluation des « PHYsiques » des modèles de climat et prévision du temps
Institut polaire français Paul-Emile Victor

Les intervenants étaient : Argentini Stefania (ISAC/CNR), Bazile Eric (CNRM), Barral Hélène (LGGE), Brun Eric (CNRM), Canut Guylaine (CNRM), Fréville Hélène (CNRM), Genthon Christophe (LGGE/CALVA) , Staquet Chantal (LEGI), Schmider François-Xavier (Laboratoire Fizeau), Tatarinova Natalia (CNRM), Traullé Olivier (CNRM), Veron Dana (Univ. Of Delaware).

Ont également participé : Brun Christophe (LEGI), Pouzenc Cyprien (Obs. Sirene), Lestringant Renaud, Dufresne Olivier et jointe par téléphone, De la Ferriere Laurence.

Excusés et/ou impliqués : Rabier Florence, Paci Alexandre, Ricaud Philippe et Lemoigne Patrick, Lanconelli Chistian, Fossat Eric, Aristidi Eric, Masciadri Elena, Detlev Helmig et Vicars William (INSTAAR/ARL), Gallée Hubert, Morin Pascal (IPEV), Frey Markus (BAS), Grigioni Paolo.

Le but de cette journée était le suivant :

Rassembler les différents chercheurs travaillant sur et autour de la météorologie à Dome C.

Expliquer et expliciter les particularités météorologiques de cette région polaire et leur intérêt pour l'amélioration des modèles de prévision du temps et l'étude du climat.

Faire l'inventaire des instruments disponibles et montrer leur utilité pour les différentes applications entrevues (météorologie, neige-glace, astronomie)

Discuter de la validité des différentes mesures.

Mettre en avant les caractéristiques presque parfaite du site de Dome C pour l'étude de la couche limite polaire (stable) et pour la modélisation (CROCUS, PWRF, MAR, AROME/ARPEGE et cas 1D GABLS4).

Lors de la discussion libre, les points suivants ont été abordés :

Maintien ou non (ou en partie) de l'instrumentation actuellement en place : problème des anémomètres soniques défectueux, de leur positionnement,..

Renforcement du dispositif et/ou amélioration : quelles mesures supplémentaires pourrait-on réaliser (flux de surface, humidités rapides, profils sous ballon captif ou autre drone, sodar, télémètre, scintillomètres) ?

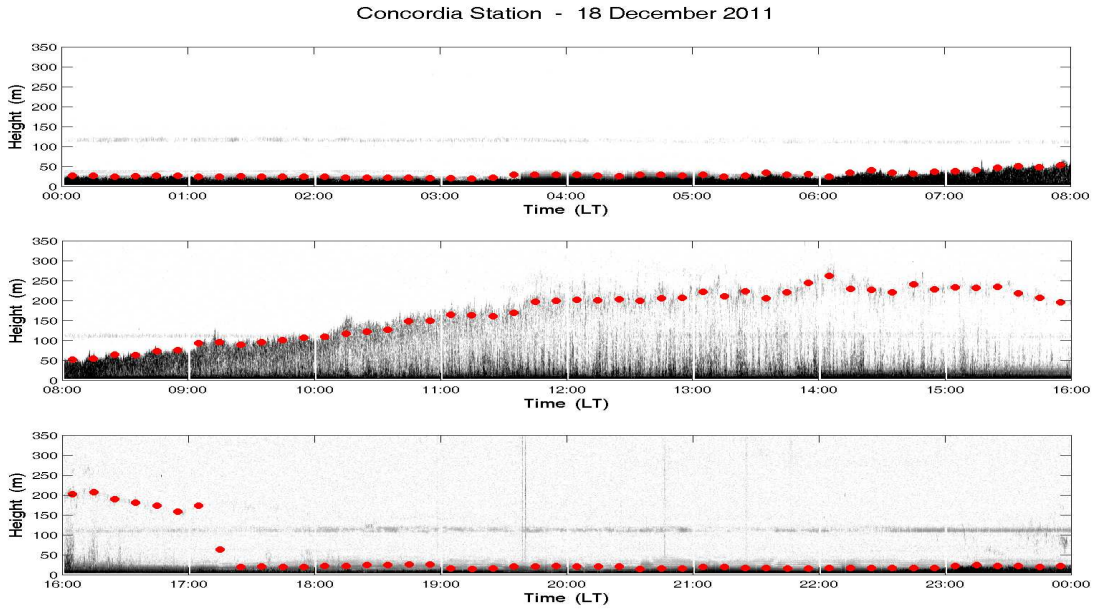
Collaboration scientifique multi-labos et internationale (PICS) pour aider à l'organisation de réunions ultérieures.

Organisation d'un grand séminaire franco-italien (à Nice, à Marseille ?) autour du même thème avec et auprès des astronomes.

Détermination des rôles de chacun pour la suite à donner à cette réunion avec une liste des taches envisagées : comparaison par exemple des sorties des différents modèles dans le cadre de GABLS4, comparaisons des « LES », avec une implication possible du LEGI (Chantal Staquet, Christophe Brun), du centre Européen (Irina Sandu, Aurore Porson)

Conclusion

Cette journée, très fructueuse, a atteint son premier but qui était de faire se rencontrer des spécialistes (instruments , modèles) de la couche-limite polaire et des inter-actions neige atmosphère. Elle a également permis d'entrevoir des possibilités de collaborations futures entre tous les intervenants autour de programmes scientifiques élargis et transversaux, en particulier, une nouvelle réunion associant italiens et français est à prévoir pour faire le point sur les projets scientifiques associés ; un point d'amélioration serait de prévoir plus de temps pour les discussions, et donc d'envisager une rencontre sur 2 journées.



CL à Dome C (mini-Sodar) : crédit Stefania Argentini

PROGRAMME

PREMIERE PARTIE

09:00-09:10 Olivier Traullé « Introduction »

Présentations et rappels sur la dernière réunion de décembre 2011 au CIC.

09:15-09:35 Christophe Genthon « Dispositif instrumental à Dome C ; La météorologie classique »

Le site du Dôme C présente 2 atouts majeurs pour l'étude de la couche limite atmosphérique de surface en Antarctique: 1) Une station permanente accueillant du personnel même en hiver; et 2) une tour de près de 45 m. Cette tour est équipée sur 6 niveaux pour le profilage du vent de la température et de l'humidité. Les conditions sont très difficiles pour les instruments, toutefois, des séries quasi continues sont obtenues depuis 2009. Les inversions de température les plus fortes atteignent près de 3°/m, mais un complément de profilage installé en 2013 indique des inversions encore plus intenses tout près de la surface. Si le modèle MAR reproduit bien les températures et vent mesurés, ce n'est pas le cas des analyses du Centre Européen de Prévisions Météorologiques à Moyen-Terme, en partie à cause d'une résolution verticale trop faible pour capturer de tels gradients. Les 2 modèles indiquent des sursaturations importantes qui ne sont pas observées, mais ceci est clairement un artefact de l'instrument de mesure. Après GABLS-4 sur l'été 2009, un événement chaud au cours de l'hiver 2009, au cours duquel la température est passée de -70°C avec une forte inversion à -30°C et profil neutre en 2 jours, pourrait constituer un cas-test intéressant pour l'évaluation et l'inter-comparaison des modèles.

09:40-09:55 Eric Brun "Cadre de simulations off-line de l'état superficiel de la neige sur le Plateau Antarctique par ERA-interim et Crocus"

La température de surface, observable par satellite par ciel clair, est une variable particulièrement pertinente pour comprendre certains processus et suivre leur évolution. Elle est encore peu exploitée et nous avons commencé une étude qui comprend entre autre une évaluation de la température de surface dans différents modèles. Des résultats préliminaires laissent penser que le modèle de neige détaillé Crocus, forcé par les conditions météorologiques de ERA-interim, simule de façon très réaliste cette température de surface. Étonnamment, il semble que ses simulations soient meilleures que la température de surface de la réanalyse ERA-interim, qui a été pourtant simulée avec les mêmes forçages. Cette approche laisse penser que l'évaluation de la température de surface dans les modèles permettra d'identifier les processus mal représentés et ainsi de les améliorer.

10:00-10:10 Hélène Fréville : "Evaluation des propriétés thermiques de surface de la neige par assimilation des observations depuis l'espace de l'amplitude diurne de la température de surface"

On étudie (thèse) le cycle diurne de la température de surface en période estivale sur le Plateau Antarctique afin de mieux estimer les profils superficiels de densité de la neige et ainsi améliorer le bilan d'énergie superficiel. Pour cela on a réalisé une analyse spatio-temporelle des amplitudes diurnes des températures de surface des données MODIS entre 2000 et 2012. En plus d'une forte structuration spatiale, on remarque que cette amplitude diurne dépend de la latitude mais aussi de la géographie de l'Antarctique. Une comparaison des données MODIS, des simulations du modèle Crocus et des réanalyses ERA-interim montre un meilleur accord entre les premières estimations de l'amplitude diurne de température de surface MODIS et celles de Crocus. Mais surtout on note des différences d'amplitudes diurnes importantes entre les simulations Crocus forcées par ERA-interim et les réanalyses ERA-interim qui laissent penser que la densité de la neige est un paramètre clef de l'amplitude diurne de la température de surface.

10:15-10:20 Natalia Tatarinova :« Acquisition et évaluation de la température de surface observée avec l'interféromètre IASI sur l'Antarctique par comparaison avec des données MODIS »

L'objectif de cette étude est de valider les données IASI en les comparant aux données in-situ (fournies par BSRN), ce qui, dans le cas favorable, permettra de combiner les Ts par MODIS avec celles par IASI. Dans un premier temps (pour une période de 3 mois (nov. 2009 - janv. 2010) sur Dome C) la comparaison a été faite entre les Ts mesurées in-situ, les Ts estimées par satellite (IASI et MODIS) et les Ts simulées par les modèles (Crocus forcé par ERA-interim). Le problème rencontré pour cette période est qu'il y a très peu de données IASI. La raison: il y a trop de nuages détectés par l'algorithme AVHRR utilisé dans les produits IASI L2 Eumetsat. Pour comprendre mieux ce problème, l'analyse se focalise maintenant sur la comparaison de deux masque nuageux (AVHRR et MODIS). Dans la suite du projet, les comparaisons seront faites également avec les Ts IASI produites par Anaïs Vincensini au GMAP.

10:35-10:45 Guylaine Canut « Le programme HAMSTRAD (H2O Antarctica Microwave Stratospheric and Tropospheric Radiometers) »

L'instrument HAMSTRAD (H2O Antarctica Microwave Stratospheric and Tropospheric Radiometers) mesure automatiquement dans le domaine micro-onde la vapeur d'eau (183 GHz) et la température (60 GHz) de 0 à 10 km d'altitude au-dessus du Dôme C depuis janvier 2010. Le programme a pour but principal l'étude de l'évolution de la vapeur d'eau et de la température de la couche limite planétaire à la tropopause afin d'évaluer leur impact sur l'évolution du climat. En plus des tendances à long terme, les cycles diurnes, les variabilités saisonnières ainsi que les études de cas spécifiques peuvent être analysés. Les mesures HAMSTRAD de l'année 2010 sont comparées aux mesures spatiales (IASI, AIRS), aux sondeurs in situ sur le mât de 45 m de haut, aux radiosondages, aux analyses/prévisions du Centre Européen et au modèle d'évolution du climat de Météo-France.

SECONDE PARTIE

10:50-11:00 Stefania Argentini "Atmospheric boundary layer over the snow: results from the 2011-2012 experimental field at Dome C, Antarctica" *ISAC – CNR Area di Ricerca di Roma Tor Vergata,Via del Fosso del Cavaliere, 100 00133 Roma, Italy, s.argentini@isac.cnr.it*

Une campagne de terrain s'est déroulée sur la base Franco-italienne Concordia à Dome C, sur le Plateau Est-Antarctique en décembre 2011. Le principal objectif était de caractériser la fine structure de la couche limite polaire afin de déterminer les échelles de temps et d'espace de la turbulence atmosphérique de surface en condition très stable. Nous voulions aussi étudier le processus qui conduit à la formation des « évènements chauds » régulièrement observés pendant l'hiver austral. Cette expérience se poursuivra jusqu'en janvier 2013. Les mesures ont été faites avec un mini-sodar dédié aux couches de surface (SLM-sodar) et un anémomètre sonique. Un bilan radiatif et des calculs de flux de chaleur dans la neige ont également été effectués.
Afin de s'assurer d'extensions verticales et de résolutions favorables à l'observation des deux processus, le sodar SLM a été initialisé dans une configuration permettant de passer de l'observation de la couche de surface à haute résolution (carrier frequency: 4850 Hz; pulse repetition time: 2 s; range: 2 - 300 m) à un mode opératoire large gamme (carrier frequency: 2000 Hz; pulse repetition time: 6 s; range: 15 - 900 m)

A field experiment was launched at the French - Italian station of Concordia at Dome C, east Antarctic Plateau, on December 2011. The main objective of the experiment was to monitor the fine structure of the atmospheric surface layer in order to determine the space/time scales of the turbulent processes under very stable conditions. We also wanted to study the processes which lead to the formation of the warming events observed periodically during the winter. The experiment will last until January 2013. The measurements were made with a surface layer mini-sodar (SLM-sodar) and a sonic anemometer. Radiation budget and heat flux measurements into the snow were also done.
To ensure vertical extensions and resolutions suitable to the study of both processes, the SLM-sodar was set to operate in a configuration that allowed to switch from high resolution surface layer observations (carrier frequency: 4850 Hz; pulse repetition time: 2 s; range: 2 - 300 m) to long range operation (carrier frequency: 2000 Hz; pulse repetition time: 6 s; range: 15 - 900 m).

11:05-11:15 Olivier Traullé « Utilisation de mesures d'anémomètres soniques chauffés sur plusieurs niveaux pour le calcul de paramètres turbulents par la méthode des covariances ; comparaisons avec la méthode des profils et les sorties de modèle.»

Depuis 2008 (Genthon et al, Fossat et al), des anémomètre soniques chauffés fournissent à haute fréquence (10 Hz) des mesures de température et du vent en 3 dimensions sur plusieurs niveaux d'une tour de 45 mètres. Celle-ci est située à 1 km au nord-ouest de la base Concordia à Dome C. Il était tentant d'essayer (malgré les difficultés dont on parlera) de calculer des paramètres turbulents « météorologiques » avec ces données principalement utilisées pour caractériser la turbulence optique à des fins astronomiques ; des profils de flux de chaleur sensible (SHF) et d'énergie cinétique turbulente (TKE) ont ainsi été déterminés par la méthode Eddy-Covariance (EC) sur novembre, décembre 2009 et janvier 2010. Ceux-ci ont été comparés aux sorties de modèles (E. Bazile) Arome glacier, Arpège (4 premiers niveaux), et Crocus en mode SA (Brun et al 2010), en profitant de l'impulsion « Concordiasi », ainsi qu'à des estimations issues de la méthode des profils, en utilisant la paramétrisation de la campagne Sheba (Andreas et al 2006). Ces paramètres ont aussi été mis en parallèle avec des mesures de flux « chimiques » (Frey et al 2012). Le résultat est assez satisfaisant, et incite à l'utilisation des ces flux et TKE pour tester la sensibilité de la couche limite stable polaire aux paramétrisations de surface. La perspective d'utilisation de ces données et de ces simulations pour créer un nouveau cas GABLS (version 4) sera évoquée.

11:20-11:30 Eric Bazile « Le site de Dome C pour le cas GABLS4 : un challenge ? »

Pour tester la sensibilité de la couche limite (CLS) aux paramétrisations de surface, des simulations numériques à 2.5km sur un domaine de 250km par 250km centré sur Dôme C, sur le plateau Antarctique, ont été réalisées sur 3 périodes avec le modèle AROME (Seity et al, 2011) avec différentes options de SURFEX puis en utilisant la physique ARPEGE à 2.5km et ISBA avec les réglages utilisés lors de la campagne CONCORDIASI. Lors de ces « test s» (27 nov 2009, 4 déc 2009 ou 10-12 déc 2009), les critères nécessaires, à savoir, observations et mesures nombreuses, vent faible (inférieur à 8m/s), pas de nuage, permettent d'étudier la turbulence en couche limite stable, la transition diurne et l'interaction avec la surface, lors de cycles diurnes très marqués (d'amplitude de l'ordre de 18°C) pour une température moyenne de –30°C, avec une CLS très basse. Les résultats de ces simulations ont ainsi été confrontés aux différentes observations disponibles : données du mat, flux de surface, énergie cinétique turbulente, radio-sondages (2 par jour), mesures de températures dans le manteau neigeux (de la surface à -2m), ceci dans la perspective d'utilisation de ces données et de ces simulations pour créer un nouveau cas 1 D GABLS , dans une 4ème expérience, sur l'une de ces périodes.

11:35-11:45 Chantal Staquet « Comparaison de modèles 1D pour la couche limite stratifiée sur sol plat » Gabriele Arduini, Francesco Tampieri, Chantal Staquet, Charles Chemel

Our work is devoted to the numerical modelling of the stable atmospheric boundary layer. The main goal is to improve turbulence models currently implemented in weather forecast research models. These turbulence models consist in expressing the Reynolds stresses as a function of the mean fields (horizontal velocity components and potential temperature) using closure assumptions. We study in detail two different turbulence models for the stable atmospheric boundary layer, based on different assumptions: the so-called TKE-l scheme (Mellor-Yamada,1982), which is used in the BOLAM (Bologna Limited Area Model) forecast model, and a recent model developed by Mauritsen et al. (2007). These turbulence models have been included in a Single Column Model (SCM) of the atmospheric boundary layer to test their predictions without any other influence. The comparison is made on the test-case "GABLS1", which is well-documented in the literature. To assess the validity of these predictions, a three-dimensional dataset has been created using Large Eddy Simulations (LES) of the GABLS1 test-case. The ARPS (Advanced Regional Prediction System) code is used for this purpose. The stable stratification constrains the grid size so that the LES should be of high enough resolution for the typical vertical scale of the motion to be properly resolved. Comparison of this dataset with the predictions of the turbulence models will allow for proposing a set of new closure assumptions to improve the BOLAM turbulence model.

11:50-12:00 Dana Veron « Modeling the planetary boundary layer at Dome C using Polar WRF »

La version polaire du modèle de prévision (WRF) et de recherche est utilisée pour faire une étude détaillée des flux atmosphériques energétiques et dynamiques à Dome C. Le modèle Polar WRF (PWRF) est une version modifiée du modèle atmosphérique « état de l'art » de moyenne échelle WRF qui contient des paramétrisations spécifiques pour la glace de mer, la neige, et les nuages des régions polaires. Dans cette étude, PWRF est utilisé pour simuler la période du 3 au 4 décembre 2009, une période de conditions stable sans nuage ou presque. Le modèle a tourné sur 4 nests (domaines imbriqués), avec un two-way nesting, ainsi qu'avec une physique du modèle choisie pour sa bonne performance en Antarctique. Le plus petit domaine, avec une résolution de 800 m et une extension horizontale de 78.3 x 78.3 km^2 sera utilisé pour des comparaisons à des sorties « LES » sur la même période. On trouve que PWRF produit une température à 2m sensiblement supérieure aux observations. Des études antérieures ont montré que ce biais positif est lié à une sur-estimation des flux infra-rouge descendants dans le modèle.

The polar version of the Weather Research and Forecasting model (WRF) is used to investigate the details of the atmospheric dynamics and energetic fluxes at Dome C.The polar WRF (PWRF) is a modified version of the state-of-the-art atmospheric, mesoscale model WRF that contains specific physical parameterizations for sea ice, snow, and clouds for polar regions.In this study, PWRF is used to simulate December 3-4, 2009, a period of stable conditions with little or no clouds.The model is run with 4 nests, using two-way nesting, as well as a suite of parameterizations chosen for their good performance in the Antarctic.The smallest nest, with a resolution of 800-m and horizontal extent of 78.3 x 78.3 km ^2 , will be used for comparison to LES studies for the same period.PWRF is shown to have slightly elevated 2-m air temperatures when compared to observations. Previous studies have shown that this positive bias is related to enhanced downwelling longwave flux in the model.

12:05-12:15 Hélène Barral « Simulations à fine échelle au Dôme C »

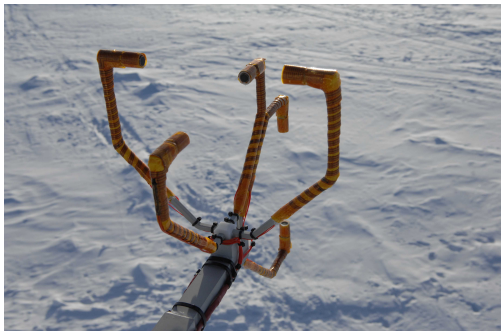
Sur le plateau Antarctique, au Dôme C, on peut observer sur une même journée d'été, à la fois, une inversion de température de 8 degrés le long de la tour de 45m en fin de nuit et une couche bien mélangée voir faiblement convective en fin d'après-midi.
Les sorties de modèles de l'archive CMIP5-AMIP, au point de grille proche de Dôme C, ont été comparées aux observations de la tour. Les modèles sont contrastés, certains représentent de façon satisfaisante les tendances générales de la température et du vent ainsi qu'une variabilité inter-annuelle significative. En revanche, une majorité sous estiment l'amplitude du cycle diurne estivale et la force de l'inversion de température. En règle générale, ces modèles souffrent d'une résolution trop grossière (moins de 1 niveau dans les cinquante premier mètres) pour représenter les processus de mélange en régime stable.
Le cas GABLS-4, qui sera consacré à l'étude d'une journée d'été choisie au Dôme C, est l'occasion d'étudier le mélange turbulent dans les couches limites stables ainsi que les transitions stable/convective. Pour cela, une simulation à fine échelle en mode résolution des "grands" tourbillons est en préparation, avec le modèle non-hydrostatique Méso-nh.

12:20-12:30 François-Xavier Schmider, Eric Aristidi, Eric Fossat « Turbulence optique dans la couche-limite et comparaison avec les mesures in-situ »

Les mesures astronomiques dans le domaine visible depuis le sol sont perturbées par la turbulence de l'atmosphère du fait des fluctuations d'indice de l'air liées aux fluctuations de température. Le principal paramètre qui caractérise la qualité des images à un instant est le « seeing », lié à l'intégrale sur la ligne de visée de la fonction de structure de l'indice de l'air. Au Dôme C, ce paramètre est dominé par la présence d'une couche-limite turbulente de surface ne dépassant pas quelques dizaines de mètres. Prévu pour caractériser la qualité du site pour l'astronomie, le programme AstroConcordia a permis de mesurer cette turbulence optique entre 2005 et 2012 avec différents instruments. Des mesures intégrées ont été réalisées depuis différentes hauteurs entre 2 et 20 m, permettant d'estimer la turbulence locale entre ces hauteurs. Des mesures in-situ ont été réalisées en 2005 au cours de vol-ballons qui ont donnés des profils complet de la turbulence et depuis 2008, avec les anémomètres Sonics placés à différentes hauteurs sur un mât de 45 m, permettant de mieux caractériser la turbulence dans la couche-limite et ses fluctuations statistiques. L'ensemble des mesures montrent des résultats cohérents entre les deux approches et confirment une couche turbulente optique confinée au niveau du sol avec une hauteur moyenne d'environ 30 mètres.

TROISIEME PARTIE

13:30-16:00 Discussion libre (cf. conclusion)



Tour Américaine et anémomètre sonique chauffé : crédit photo Eric Fossat (Lab. Fizeau-Nice)

MERCI A TOUS !