

Projet LEFE/INSU
Section “Océan-Atmosphère”
Rapport annuel 2014

Référence du projet: AO2014-863318-DEPHY2

Noms des porteurs du projet: Catherine Rio (LMD/IPSL), Isabelle Beau (Météo-France/CNRM/GAME), Marie-Pierre Lefebvre (Météo-France/IPSL)

Titre du projet: Développement et Evaluation des PHYSIQUES atmosphériques

Introduction

Le projet DEPHY2 a pour vocation de coordonner les efforts mis en oeuvre dans les laboratoires de recherche nationaux autour du développement et de l'évaluation des paramétrisations physiques des modèles atmosphériques, en rapprochant notamment les communautés de l'observation, de la modélisation à méso-échelle et de la prévision du temps et du climat.

L'évènement marquant de cette année 2014 a été la réunion de lancement du projet qui a eu lieu les 8, 9, 10 septembre 2014 à l'Observatoire de Banuyls-sur-Mer et qui a réuni 45 participants provenant de six laboratoires différents (CNRM, LMD, LGGE, LA, LSCE, GET).

Cette réunion a été l'occasion de synthétiser sous forme d'exposés les évolutions récentes des paramétrisations de la couche limite, la convection profonde, les nuages et les flux de surface dans les modèles nationaux (ARPEGE, LMDZ, AROME, MAR, MESO-NH) et les diverses méthodologies requises depuis l'émergence d'une nouvelle idée de développement jusqu'à sa mise en oeuvre dans un modèle opérationnel. Puis, des groupes de travail se sont réunis pour faire le point des activités de chacun et identifier des actions fédératrices, autour d'une part du développement de paramétrisations de

- la microphysique,
- la représentation des vents pour le couplage atmosphère/surface,
- l'organisation de la convection et approches “scale-aware”,

et d'autre part des méthodologies à mettre en oeuvre pour mieux comprendre les effets des paramétrisations sur le climat simulé, notamment en ce qui concerne:

- le climat polaire,
- les bilans d'eau et d'énergie à la surface continentale,
- la variabilité tropicale.

Un certain nombre d'enjeux et d'actions communes ont été identifiés et sont présentés dans ce rapport qui reprend les quatre grands axes du projets:

- A. Outils/méthodologies/Algorithmie
- B. Paramétrisation des nuages et des précipitations
- C. Couplages atmosphère/surface
- D. Paramétrisation vers circulation – Upscaling

Certaines de ces actions sont déjà engagées, notamment autour de la mise en place des outils: nouveaux cas d'étude 1D couplés atmosphère/surface (couches limites stables à Dôme C et dans les grandes plaines américaines), simulations LES/CRM pour l'étude des processus (couche limite stable à Dôme C, système convectif initié sur une île au large de Darwin), simulations 3D sur des cas d'étude particuliers (évènement MJO dans l'Océan Indien, propagation d'une ligne de grain en Afrique de l'Ouest) ou autour de sites de mesures (sites ARM en Oklahoma, SIRTa à Palaiseau, Dôme C en Antarctique et AMMA-Catch en Afrique de l'Ouest). Le projet DEPHY2 permet aussi la coordination des efforts nationaux pour la participation des différents modèles à des intercomparaisons internationales. Ces outils permettront par la suite d'attaquer une question centrale du projet DEPHY2:

la compréhension des interactions des paramétrisations physiques atmosphériques avec la surface, le rayonnement et la circulation générale, et le développement de nouvelles paramétrisations pour les composantes clés encore manquantes pour la bonne représentation de ces interactions.

A. Outils/méthodologies/Algorithmie

Coordination: Frédéric Hourdin, Hubert Gallée

Enjeux identifiés:

La réalisation des objectifs du projet repose en grande partie sur la mise en place d'outils et de nouvelles méthodologies permettant de répondre aux questions posées autour de chaque thème. De nombreux enjeux ont été identifiés pour faciliter la mise en place ainsi que le partage des outils:

- Généralisation des approches mises en place dans le cadre de DEPHY: systématisation de l'approche LES/1D, généralisation de l'utilisation de traceurs dans les simulations LES et CRM, distribution des données LES/CRM, formats de forçages et de sorties communs pour tous les cas 1D.
- Utilisation des observations pour l'évaluation des modèles mais aussi pour les études de processus: Mise en place de comparaisons systématiques des modèles au niveau des sites (SIRTA, ARM, Dôme C, Cabauw, etc...) dans des configurations régionales ou guidées, utilisation des données satellite au niveau des processus nuageux.
- Partage des données et échanges de modules: Réalisation, distribution et utilisation de simulations CRM sur grands domaines (AROME, MESONH), échanges sur les aspects numériques et algorithmiques entre les différentes équipes de développement, partage de modules et de paramétrisations entre les différents modèles.
- Faire le lien entre les hypothèses des paramétrisations et le climat simulé: s'assurer de la validité des paramétrisations à différentes échelles spatio-temporelles (approche seamless et paramétrisations "scale-aware"), utilisation plus systématique de simulations guidées en vent par des analyses pour la comparaison aux observations, le tuning du modèle ou l'étude des biais, développement de nouvelles méthodologies.
- Suivi de l'intégration des nouveaux développements dans les versions successives des modèles, notamment pour la préparation des exercices d'intercomparaison internationaux comme CMIP.

Actions coordonnées:

Un certain nombre d'actions sont déjà engagées dans ce sens:

- Définition d'un format standard pour les fichiers de forçages des cas 1D testé sur les cas AMMA et CINDY-DYNAMO en vue d'être étendu à tous les cas existants et à venir.
- Format commun d'un fichier de sorties pour intercomparaison en constante évolution.
- Réalisation de simulations CRM grands domaines avec MESO-NH (Afrique, continent maritime, Océan Indien).
- Evolution des cas 1D standard: cas couplé atmosphère/surface, cas idéalisés en RCE¹ et WTG².
- Mise en place de simulations permettant la comparaison systématique des modèles LMDZ et ARPEGE avec les données du site ARM en Oklahoma.
- Mise en place de nouveaux cas 1D dans LMDZ et ARPEGE: DICE, GABLS4, CINDY-DYNAMO.
- Définition d'un cas 1D de pluies cévennoles (ANR REMEMBER).
- Intégration de la physique du modèle MAR dans LMDZ (MAR 1D).
- Développements visant à rendre les schémas de convection peu profonde et profonde auto-adaptables à la résolution, notamment pour résoudre le problème numérique des tempêtes en point de grille lorsque la résolution augmente.
- On notera enfin une action de plus grande échelle (collaboration LEFE-MISSTERRE, EMBRACE...)

1 RCE: Radiative Convective Equilibrium

2 WTG: Weak Temperature Gradient

dans laquelle les équipes du CNRM et du LMD mettent actuellement en œuvre, testent et améliorent les dernières versions des paramétrisations dans leur modèle couplé, en vue de l'exercice CMIP6.

B. Paramétrisation des nuages et des précipitations

Coordination: Yves Bouteloup, Jean-Baptiste Madeleine

Enjeux identifiés :

Les enjeux se situent autour de trois aspects:

- Représentation de la couverture nuageuse:

Il s'agit ici de mieux caractériser les propriétés des PDF utilisées dans les schémas de nuages pour les différents types de nuages (nuages de couche limite, de convection, de grande-échelle) et de revisiter la combinaison des différentes fractions nuageuses, ainsi que les hypothèses de recouvrement, en s'appuyant autant que possible sur des contraintes observationnelles, sur sites et par satellite.

- Représentation des propriétés microphysiques des nuages:

Les modèles de grande échelle utilisent des schémas micro-physique dit « bulk » dans lesquels les processus rapides sont paramétrés. Dans cette gamme de schémas il y a une très grande diversité (ICE3/4 de Arome/Méso-NH, schéma dit de « Lopez » dans Arpege, schéma diagnostique dans LMDZ). Il est dans un premier temps nécessaire de mettre à plat les hypothèses faites dans les différents schémas microphysiques utilisés dans les modèles. Notamment, on s'assurera de la cohérence entre les paramètres calculés dans la micro-physique et ceux qui servent à évaluer les propriétés optiques utilisées dans les schémas de rayonnement (par exemple PDF des tailles des condensats). On s'appuiera notamment sur l'expertise microphysique dans les CRM (MESONH) pour comprendre/évaluer la complexité nécessaire à mettre en oeuvre dans un modèle grande-échelle.

- Représentation de la pluie:

Un enjeu majeur est de s'assurer que les paramétrisations utilisées sont valides dans les différentes régions du globe, que ce soit dans les Tropiques ou en région polaire, où les conditions sont très froides et stables et où la représentation de la pluie et de la neige est problématique. Un autre aspect concerne la caractérisation de la variabilité sous-maille des champs de précipitations.

Actions coordonnées:

- Comparaison des microphysiques existantes dans le cadre des modèles 1D pour les cas « Fire/stratocumulus » et cumulus précipitant « Rico ». D'autres cas pourront aussi être testés. L'impact du pas de temps sur des micro-physique plus complexes, tel ICE3, permettra d'évaluer leur compatibilité avec des modèles de plus grande échelle.

- On envisage également des comparaisons plus continues des micro-physiques sur les sites permanents de mesures tels que le Sirta, Cabauw, Sodankyla, Dôme C etc... (héritage de cloudnet) sur lesquels les sorties des modèles CMIP5 sont disponibles à haute fréquence.

- L'utilisation de l'A-TRAIN et de IASI permettra d'évaluer le cycle diurne des nuages et de constituer des climatologies afin d'évaluer la variabilité saisonnière et inter-annuelle. Ces diagnostics commencent à être utilisés pour mieux contraindre les paramètres nuageux (fraction nuageuse versus épaisseur optique), évaluer les modèles globaux et mieux comprendre les processus microphysiques.

- Convergence des schémas de microphysique dans AROME et ARPEGE et simplification de la maintenance des codes de physique de l'ensemble IFS/ARPEGE/AROME.

- Le couplage d'une microphysique avancée comme LIMA avec les champs d'aérosols est étudié à partir de l'analyse des données du SIRTa.

- Les études sur les schémas à deux moments ont commencé, dans le cadre de Méso-NH et assez rapidement dans Arome (schéma LIMA). Cependant la pertinence de l'utilisation d'un tel schéma dans les GCM se pose et devra être étudiée. Ces schémas à deux moments nécessitent une connaissance précise du contenu en aérosols et posent de gros problèmes algorithmiques en particulier pour la

sédimentation avec une forte contrainte sur le pas de temps pour ne pas perdre la conservation des traceurs.

- Entrer en contact avec des chercheurs du Lamp pour l'observation fine des processus microphysiques.

C. Couplages atmosphère/surface

Coordination: Fleur Couvreur/Frédérique Cheruy

Enjeux identifiés:

Concernant les couplages entre l'atmosphère et la surface (surface/couche limite, surface/nuages et surface/convection), quatre enjeux majeurs ont été identifiés :

1/ représentation de la couche limite stable : difficultés pour les paramétrisations à représenter correctement la turbulence dans les conditions stables (concernant à la fois les périodes nocturnes ou les couches limites au-dessus des pôles).

2/ prise en compte des bourrasques de vent d'origines turbulente et convective : jusqu'à présent peu ou mal prises en compte dans les formulations de soulèvement d'espèces traces et de calcul des flux.

3/ formulation des flux de surface : prise en compte de la présence de neige, de l'état de la mer ; cohérence de la complexité des schémas de surface et de couche limite.

4/ amélioration des schémas de sol : meilleure prise en compte de l'inertie thermique, des nappes d'eau, du comportement particulier de la neige.

Actions coordonnées:

Pour répondre à ces quatre enjeux, les travaux vont s'organiser autour de différentes actions :

- Enjeu 1: A court terme, on s'attachera à analyser le comportement des paramétrisations des différents modèles (AROME, ARPEGE, LMDZ, MAR, MESONH) sur un cas de couche limite polaire en Antarctique dans le cadre de l'intercomparaison GABLS4. Ce cas présente un bilan d'énergie à la surface où les contributions du rayonnement solaire et infrarouge sont du même ordre de grandeur. Cet exercice vise à intercomparer les modèles dans différentes configurations (schéma de surface en offline uniquement, modèle atmosphérique forcé par la température de surface, modèle couplé atmosphère/surface) en s'appuyant sur des comparaisons à des observations et des simulations LES. En particulier, un effort sera porté sur la validation du transport de la quantité de mouvement.

A plus long terme, une intercomparaison longue (sur au moins une saison) à Dôme C est envisagée concernant notamment les modèles LMDZ, AROME, ARPEGE et MAR.

- Enjeu 2: Il s'agit dans un premier temps de dresser l'état de l'art des formulations utilisées dans les différents modèles de DEPHY2 pour représenter les rafales de vent qu'elles soient d'origine convective ou turbulente et d'évaluer l'impact sur les flux de surface et le soulèvement de poussières ou de neige.

A plus long terme, on intercomparera MAR et MESONH-crocus pour la représentation de la neige soufflée à D17 (Terre Adélie).

- Enjeux 3 et 4: Afin d'évaluer les différentes formulations des flux air/mer, on propose de revisiter le cas d'étude TOGA-COARE ou d'utiliser les données de campagnes récentes, CINDY-DYNAMO et HYMEX pendant laquelle plusieurs cas de vents forts ont été observés. On s'attachera aussi à déterminer l'importance de l'état de la mer. En parallèle, on listera les différentes paramétrisations de la rugosité et valeurs d'albédo utilisés dans les modèles de DEPHY2.

A plus long terme, on s'attachera à comparer les bilans énergétiques en surface simulés et observés sur différents sites (AMMA-Catch, SIRTa, ARM-SGP, ARM Mobile Facility à Niamey, Dôme C, Terre Adélie) ce qui permettra d'évaluer l'effet radiatif des nuages (une même méthodologie pourra être utilisée pour tous les sites), le rôle des aérosols, de l'humidité du sol superficiel ou profond, de la neige soufflée, la répartition du rayonnement net entre flux de chaleur sensible et latent. Cette comparaison a déjà commencé via l'exercice d'intercomparaison DICE auquel participent LMDZ, ARPEGE et AROME et via la comparaison des bilans énergétiques dans LMDZ sur les sites AMMA-Catch.

D. Paramétrisation vers circulation – Upscaling

Coordination : Romain Roehrig/Jean-Yves Grandpeix

Enjeux identifiés

L'objectif majeur de ce groupe vise à parvenir à une représentation pertinente dans nos modèles (i.e. aux échelles visées de ~10 à ~100 km) du cycle de vie de la convection et de ses interactions avec la circulation de grande échelle. Les enjeux majeurs, sous-jacents à cet objectif, concernent directement le développement et la validation du comportement de nos paramétrisations mais aussi une meilleure compréhension de l'origine des biais et défauts de nos modèles, qui, in fine, doit permettre de mieux hiérarchiser les développements à conduire.

Concrètement, les points à aborder en ce début de projet sont les suivants :

- Représentation de la sensibilité de la convection à l'humidité troposphérique ;
- Validation et amélioration de nos critères d'activation de la paramétrisation de la convection, directement liés au déclenchement de la convection dans nos modèles ;
- Représentation de l'organisation de la convection à meso et grande échelle, et notamment de sa propagation ;
- Auto-adaptabilité de la paramétrisation de la convection à la résolution ;
- Evaluation et amélioration des interactions entre convection, nuages et rayonnement (notamment via les enclumes – Interaction avec le Groupe B) ;
- Evaluation de l'impact de la convection sur la dynamique de grande échelle (transports de chaleur, humidité, quantité de mouvement), à la fois pour l'état moyen et la variabilité.

Pour cela, un certain nombre d'opportunités apparaissent, notamment en lien avec les actions du Groupe A : cas d'études pour lesquels on dispose de références observationnelles et de simulations LES/CRM sur grands domaines, observations permettant de construire des climatologies documentant directement certains processus physiques (e.g. déclenchement, propagation des systèmes convectifs), synergies à développer entre un grand nombre d'outils utilisés et de données disponibles pour attaquer les interactions entre convection et circulation de grande échelle. Dans ce cadre, un rapprochement avec la communauté des observations, notamment satellites dans le cadre du GDR Mégha-Tropiques, est fortement souhaitable, qui nous permettront de construire des climatologies de processus pertinents pour valider nos modèles et leur représentation du cycle de vie des systèmes convectifs. Il est également indispensable de continuer à construire une stratégie d'analyse du rôle des paramétrisations (convection mais pas seulement) dans les biais de circulation grande échelle (moussons, ondes d'est, circulation de Hadley-Walker), sur la base de différentes approches déjà disponibles ou à créer.

Actions coordonnées

Pour répondre à une partie de ces enjeux, des actions sont déjà en cours ou en train de se former :

- Analyse du Cas AMMA du 23-28 juillet 2006 pour lequel des simulations CRM avec Meso-NH et AROME ont été réalisées et une évaluation des physiques d'ARPEGE a été commencée (Action à étendre à LMDZ). Il permet d'attaquer les questions de déclenchement et de propagation de la convection, notamment via les poches froides ainsi que celles du couplage entre convection et dynamique des ondes d'est.
- Exploitation de la campagne Cindy-Dynamo qui offre un jeu d'observations unique et pour laquelle des simulations 1D (ARPEGE, LMDZ) et 3D (Meso-NH) sont en cours d'analyse. Elles permettent de se pencher sur les interactions entre convection peu profonde et profonde, l'impact de la convection sur les flux de surface et l'organisation de la convection.
- Analyse du système convectif Hector sur Darwin, Australie, pour lequel des simulations LES grands domaines (GigaLES) ont été réalisées au LA afin d'analyser les échanges entre la troposphère et la stratosphère. Ce cas sera particulièrement intéressant pour analyser le rôle des brises (île) dans le

déclenchement du système convectif, ainsi que les structures fines associées au système.

- Analyse de simulations LES couplées à un schéma de sol afin d'étudier le rôle des hétérogénéités de température de surface sur le déclenchement de la convection.

- Approche « objet » d'une part autour de la mousson africaine (état moyen), dont la sensibilité à la physique sera analysée pour les modèles LMDZ et Meso-NH 2D (modèle simplifié de la mousson), et d'autre part autour des ondes d'est pour lesquels les couplages entre processus diabatiques et dynamiques sont en cours d'évaluation dans ARPEGE et bientôt dans LMDZ.

- Réflexion sur les apports des configurations type RCE (1D et 3D) et WTG pour comprendre le comportement de nos physiques, notamment les interactions convection/rayonnement.

A ces actions, nouvelles par rapport à DEPHY, s'ajoute une poursuite des développements engagés autour de la paramétrisation de la convection dans les modèles du CNRM et du LMD, afin d'améliorer le cycle de vie des systèmes convectifs (complexification de la paramétrisation des courants de densité, amélioration du déclenchement dans le nouveau schéma PCMT du CNRM, interactions de ces paramétrisations avec celle de la convection peu profonde et de la condensation grande-échelle).

Conclusions

Le prochain grand rendez-vous du projet aura lieu les 19 et 20 janvier 2015 à Toulouse lors des Ateliers de Modélisation de l'Atmosphère. La journée du 19 sera consacrée à des exposés autour de trois thèmes autour desquelles plusieurs actions sont déjà engagées:

- Paramétrisation des rafales: importance pour la formulation des flux de surface, pour le soulèvement des poussières et de la neige à grande échelle; caractérisation des rafales dans les observations et les modèles explicites.

- Représentation des bilans d'eau et d'énergie à la surface: Effet de la turbulence de couche limite, des nuages et/ou des propriétés des sols sur les bilans d'eau et d'énergie à la surface; évaluation à partir des observations.

- L'équilibre radiatif/convectif (RCE) pour l'étude des interactions surface / convection / rayonnement: Apports de l'approche RCE, continentale et océanique, dans les modèles grande-échelle 1D et 3D, les modèles explicites de nuages, les modèles simples, pour la représentation des interactions convection/rayonnement; quels liens avec les observations?

La journée du 20 janvier sera consacrée à des réunions de travail parallèles autour de trois thèmes pour lesquels on souhaite renforcer les collaborations:

- Atelier microphysique: Comparaison des schémas microphysiques utilisés dans les modèles ARPEGE/LMDZ/MAR/MESONH/AROME autour de cas d'études particuliers.

- Atelier convection: Méthodologies pour l'identification de l'effet des hypothèses des paramétrisations de la convection sur le climat tropical (moussons, MJO, ITCZ, etc...)

- Atelier couplage atmosphère/surface: Rugosité, albédo, inertie thermique dans les modèles: quelle représentation? Quelles contraintes observationnelles?

Des réunions de travail en petit comité pour avancer sur ces questions seront organisées par la suite en 2015.

Budget 2014

Laboratoire	CNRM	LMD
Réunion de lancement	7900€	6600€
Missions ponctuelles	800€	360€
Crédits reportés	5700€	6300€