

Paramétrisations vers Circulation – Upscaling

R. Roehrig, C. Rio et J.-Y. Grandpeix

Enjeux

Objectif :

- *Parvenir à une représentation pertinente dans nos modèles (~10 à ~100 km) du cycle de vie de la convection et de ses interactions avec la circulation de grande échelle*

Les enjeux :

- i. Amélioration des paramétrisations de la convection*
- ii. Evaluation de la représentation du caractère multi-échelle de la convection*
- iii. Meilleure compréhension des interactions entre convection et circulation*

Les avancées scientifiques

1. Les études de processus pour le développement des paramétrisations

- **Échanges troposphère – stratosphère**, convection très profonde, transport convectif irréversible, [Giga-LES](#) de *Hector the convector* (Dauhut et al. 2016, 2017).
- **Systèmes convectifs de meso-échelle** (MCS) en **Afrique de l'Ouest**, [CRM grand domaine](#), 15j : importance des MCS, comportement avec convection explicite. (Thèse de I. Reinares-Martinez).
- Processus d'échelle synoptique et convective et **MJO**, [CRM grand domaine](#) sur l'océan indien et le continent maritime de deux épisodes MJO (thèse de D. Kunetsova).
- **Signature isotopique des processus convectifs** et nuageux au cours des événements **MJO** dans les observations et dans LMDZ (Tuinenburg et al 2015).
- Analyse des processus contribuant à l'amplification et à la propagation d'anomalies de précipitation dans l'océan indien, à partir de simulations guidées et d'hindcasts avec LMDZ pour des cas de **MJO** (C. Risi).
- Analyse des processus menant à **l'agrégation de la convection dans un GCM** en équilibre radiatif/convectif, interaction avec les gradients de SST et la circulation (thèse de D. Coppin).
- Analyse du rôle des **hétérogénéités de surface sur l'initiation de la convection profonde**, interactions entre thermiques, circulations de brise et vent synoptique (Rochetin et al., 2016).
- Caractérisations des **poches froides** sur le cas du 10 juillet 2006 dans une simulation LES (stage N. Villefranque).
- Etude et amélioration de la représentation de la **turbulence au sein et au bord des nuages convectifs** dans [Meso-NH pour les échelles hectométriques](#).

Les avancées scientifiques

2. Les développements de paramétrisation

- *Paramétrisation de la **convection peu profonde** :*
 - Formulation du déentraînement dans le modèle du thermique de LMDZ pour prendre en compte le mélange au sommet des stratocumulus (Jam et al., en préparation)
 - Test des hypothèses de mélange et de fermeture du modèle du thermique de LMDZ dans le schéma de Pergaud et al. (2009) d'AROME
- *Paramétrisation de la **convection profonde** :*
 - Développement et mise en œuvre d'une paramétrisation stochastique du déclenchement du schéma de convection profonde dans LMDZ (Rochetin et al., 2014a et b).
 - Thermodynamique de la glace dans les ascendances et les descentes convectives du schéma d'Emanuel (LMDZ).
 - Formulation du mélange convectif dans le schéma d'Emanuel (épluchage de l'ascendance adiabatique fonction de B/w^2 au lieu de w) pour favoriser l'entraînement à la base des cumulonimbus plutôt qu'à leur sommet.
 - Tests sur la formulation de l'efficacité de précipitation dans LMDZ et ARPEGE.
 - Mise en œuvre d'une implication combinée turbulence-convection dans ARPEGE pour la résolution du transport convectif.
 - Augmentation de la turbulence minimale en présence d'enclumes convectives afin de réduire la fraction nuageuse associée.
- *Paramétrisation des **poches froides** :*
 - Développement d'une équation pronostique de la densité de poches froides
 - Partitionnement de la couche limite diffuse et des thermiques dans et hors des poches.
 - Développement d'un couplage non-hydrostatique entre ascendances et downdrafts convectifs dans PCMT
 - Couplage de la paramétrisation des poches froides utilisée dans LMDZ au schéma de convection PCMT.
- Développement d'un *toy model* à deux colonnes pour une meilleure prise en compte des **effets non-hydrostatiques et des effets d'entraînement dans l'équation de la vitesse verticale** des schémas de convection (thèse de J. Léger).

Les avancées scientifiques

3. L'évaluation

- Intercomparaison sur le **cas 1D AMMA du 10 juillet 2006** (Couvreur et al., 2015)
- Utilisation du cadre **1D en RCE** pour caractériser les paramétrisations mises en œuvre dans LMDZ dans différents environnements. Utilisation notamment pour reproduire les situations de plantages du modèle 3D et corriger des comportements pathologiques et des bugs du modèle. Lien avec CRM en RCE
- **Nouveaux cas 1D** : Cindy-Dynamo, cas cévennois
- Cycle de vie de la convection dans Cindy-Dynamo (Thèse de A.-L. Ahmat Younous)
- Observations : Comparaisons LMDZ/ARPEGE avec les données SAPHIR (Megha-Tropiques) pendant Cindy-Dynamo

4. Impact sur les performances des modèles

- **Mise en œuvre des développements de paramétrisations dans les versions CMIP6 des modèles climat et opérationnelles des modèles de PNT.**
- Activation du **modèle des thermiques de LMDZ dans les régions d'alizés puis de stratocumulus**, impact sur la couche limite, l'évaporation et les biais chauds sur les bords est des océans dans les modèles couplés (Hourdin et al. 2016).
- Mélange convectif, sensibilité à l'humidité troposphérique, impact sur le partitionnement pluie grande échelle/convective, variabilité tropicale.
- Activation du déclenchement stochastique de la convection profonde, impact positif sur la convection profonde et les nuages bas
- Cycle diurne des précipitations en Afrique de l'Ouest, impact sur les gradients méridien de pression et la mousson. Mais importance des systèmes convectifs propagatifs nocturnes et de leur couplage avec les ondes d'est (Birch et al., soumis).
- Intercomparaison des **taux de chauffage et d'humidification associées à la mousson africaine** tels que simulés par les GCMs, liens locaux ou à distance avec certains acteurs de la mousson (Martin et al. 2017, Chadwick et al. 2017). Utilisation d'un **modèle 2D sec** forcé par ces taux de chauffage pour analyser le lien entre processus de petite échelle et circulation, importance du rayonnement (Stages de modélisation ENM).
- L'utilisation d'un **modèle 2D humide de la mousson africaine** montre l'impact des différents termes du bilan d'eau à la surface (runoff, évaporation), sur la grande échelle de la mousson (Peyrillé et al. 2016).
- Intercomparaison de la variabilité intrasaisonnière tropicale simulée par les GCMs en **aquaplanète avec ou sans warm pool** (Leroux et al. 2016).

Coordination de la communauté DEPHY2

1. Les collaborations

- Nombreuses discussions et échanges entre les différents groupes de modélisation autour des développements de paramétrisation de la convection
- Organisation d'une réunion « **Convection et flux de surface océaniques** » en novembre 2015 à Toulouse.
- Convection et humidité troposphérique pendant **Cindy-Dynamo** (LMDZ, ARPEGE, SAPHIR).
- Couplage de **la paramétrisation des poches froides avec PCMT** (LMDZ, ARPEGE).
- Réflexions comparaisons modèles avec composites de systèmes convectifs (Bouniol et al.)
- DEPHY2 et **FP7-EMBRACE** :
 - Intercomparaison des paramétrisations sur le cas AMMA du 10 juillet 2006
 - Analyse des sources de chauffage et d'humidification apparentes (Q1/Q2) sur l'Afrique de l'ouest pendant la mousson (Martin et al., 2017, Chadwick et al. 2017)
 - Participation à l'intercomparaison GASS-WTG
 - Convection tropicale, variabilité intrasaisonnière dans des configurations aquaplanète

2. Les difficultés rencontrées

- Exploitation plus systématique des simulations LES de convection pour l'étude fine des processus.
- Lien à renforcer entre modèles et observations à l'échelle des processus convectifs.

3. Les besoins

- Meilleure utilisation des observations pour le développement et la calibration des paramétrisations de la convection, que ce soit des données sur sites (SIRTA, Darwin, ARM) ou satellites. Observations de la vitesse verticale des ascendances verticales, des flux de masse, des taux de chauffage.

Vers DEPHY3

1. Les thèmes à approfondir

- **Continuer à améliorer la représentation du cycle de vie de la convection dans les GCMs**
 - Compréhension de la transition vers la convection profonde dans différents régimes tropicaux : utilisation de LES, croisement avec climatologies satellites (e.g., Megha-Tropiques), AROME-Outremer...
 - Interaction entre convection et rayonnement, rôle des enclumes
 - Prise en compte des effets non-hydrostatiques dans la représentation de la vitesse verticale des ascendances convectives
 - Organisation de la convection
 - Propagation des systèmes convectifs
 - Sensibilité à l'humidité troposphérique
 - Lien avec les flux de surface
 - Liens entre la paramétrisation de la convection et les autres paramétrisations (nuages, turbulence, ondes de gravité)
 - Apport des variables de la thermodynamique humide.
- **Continuer à approfondir notre compréhension des interactions d'échelle**
 - Problème de la double ITCZ, de la SPCZ, représentation de la variabilité intrasaisonnière tropicale, des moussons, convection sur l'Amazonie et sur l'Afrique équatoriale.
 - Apport des approches idéalisées (RCE, WTG) pour l'évaluation et le développement des paramétrisations.
 - Apport des isotopes
- **Lien entre convection et résolution, auto-adaptabilité**

2. Les thèmes émergents

- Représentation des **systèmes convectifs** en tant que tels, impacts sur le climat simulé et la sensibilité climatique.
- **Effets des contrastes de petite (meso ?) échelle** (relief, contraste terre-mer, autres hétérogénéités) sur la convection (déclenchement, cycle de vie, propriétés), comme sur le continent maritime
- **Modélisation des évènements extrêmes** de précipitation, représentation de la distribution des précipitations
- **Potentiel des CRMs/LES grand domaine**, simulant des périodes longues : sorties opérationnelles des AROME Outre-mer, simulations Meso-NH
- **Utilisation des observations satellites**, de leur synergie permettant la caractérisation du cycle de vie de la convection et de son impact à grande échelle.
- Convection et **transport de quantité de mouvement**.
- **Calibration statistique, « objective »** des paramétrisations.