

Reduction des biais pour LMDZ : améliorations robustes et apport de Dephy

Frédéric Hourdin, Catherine Rio, Jean-Yves Grandpeix, Fleur Couvreur, Jean-Baptiste Madeleine, Frédérique Cheruy, Nicolas Rochetin, Arnaud Jam, Ionela Musat, Abderrahmane Idelkadi, Laurent Fairhead, Lidia Mellul, Jean-Louis Dufresne, Olivier Boucher, Marie-Pierre Lefebvre, Etienne Vignon, Jean Jouhaud, F. Binta Diallo, François Lott, Guillaume Gastineau, Romain Roehrig

17 mai 2022

I. Aux origines de la “nouvelle physique”

II. Les évolutions récentes et l’articulation avec Dephy

III. Biais (réduits ou non) et tuning des simulations globales

La "Nouvelle Physique" :

La construction d'une physique **multi objets** pour la convection et les nuages

Inspirée de l'étude de processus et de campagnes d'observations

Construite en collaboration avec Moana (CNRM)

Apport de Dephy

... avant Dephy et au sens large :

lien avec les études de processus/ obs./LES/CRM (Eucrem, Eurocs, ...)

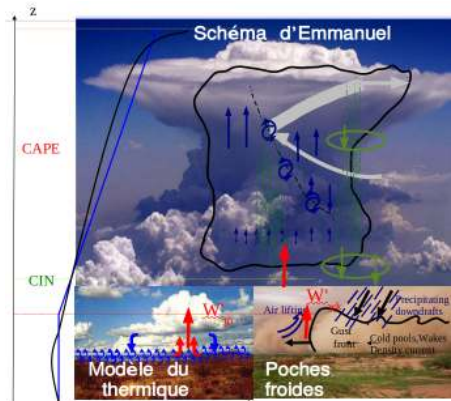
- Choix du schéma d'Emanuel de convection profonde, abandon de la fermeture en convergence d'humidité pour une en CAPE, travail sur le mélange (Grandpeix et al., 2004); schéma statistique de nuage lognormal (Bony et Emanuel 2001)

- Importance des poches froides (campagne Hapex/Copt) avec les premières simulations CRM; développement d'une paramétrisation originale (Grandpeix et Lafore, 2010).

- Importance des structures organisées pour les cumulus (Campagne Tracs); développement d'un modèle de panache (Hourdin et al., 2002) (approche baptisée depuis EDMF).

Améliorations robustes de LMDZ

- **Nouveau cadre de développement permettant un aller retour permanent avec les études de processus**
- **Paramétrisation d'"objets" et de leurs couplages**



La "Nouvelle Physique" :

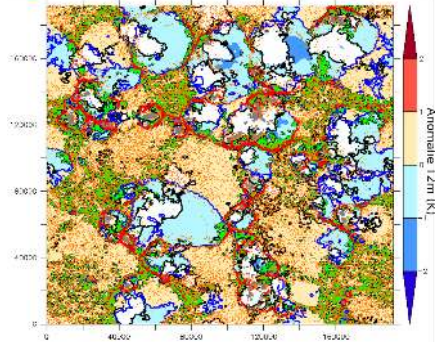
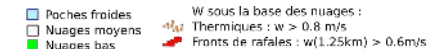
La construction d'une physique **multi objets** pour la convection et les nuages

Inspirée de l'étude de processus et de campagnes d'observations

Construite en collaboration avec Moana (CNRM)

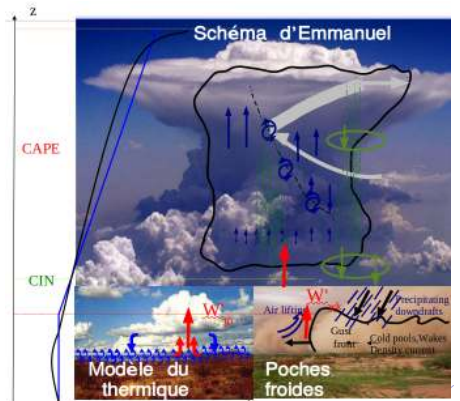
Apport de Dephy

Confirmation du mode d'organisation dans une LES d'un cas d'équilibre radiatif/convectif réalisée par Caroline Müller avec Sam (et Catherine avec MesoNH).



Améliorations robustes de LMDZ

- Nouveau cadre de développement permettant un aller retour permanent avec les études de processus
- Paramétrisation d'"objets" et de leurs couplages



I. Aux origines de la "nouvelle physique"

Fait tomber une présumée impasse des physiques paramétrées (Randall et al., 2003)

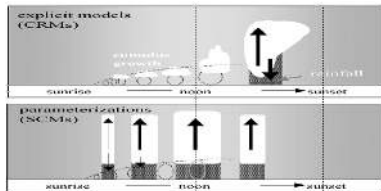
Phase d'initiation et préconditionnement par la convection peu profonde

Puis auto-entretien par les poches froides.

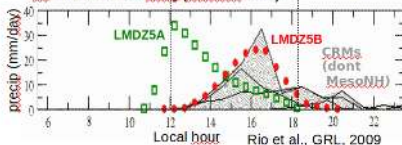
Un cycle de vie qui n'est plus pilotée entièrement par la grande échelle

Apport de Dephy

Cas idéalisé ARM (CRM 2D), de cycle diurne de convection continentale, Guichard et al.



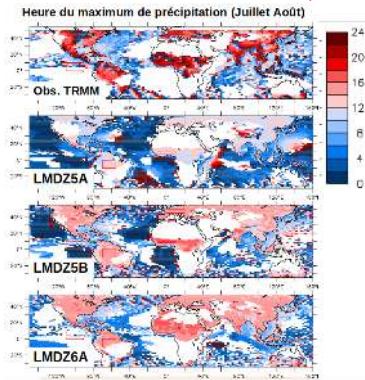
Diurnal cycle of precipitation the 27 June 1997 in Oklahoma: the EUROCS case study (Guichard et al.)



Démonstration SCM/CRM confirmée en 3D

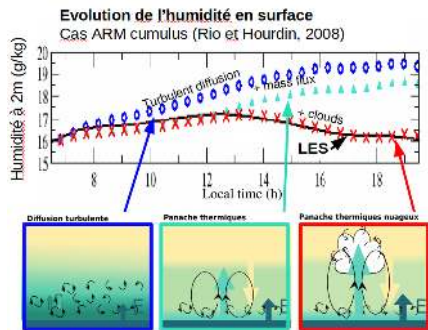
Améliorations robustes de LMDZ

Meilleur phasage de la pluie, décalée dans l'après-midi avec la nouvelle physique (5B, 6A).



Transport non local par le modèle du thermique

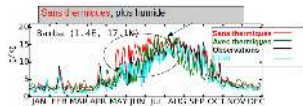
Apport de Dephy



Démonstration SCM/CRM confirmée en 3D

Améliorations robustes de LMDZ

- **Transport vert. plus efficace (u, v, θ , traceurs)**
- **En remontant le gradient pour θ**
- **Assèchement de l'air en surface**
- **Accroissement de l'évaporation**
- **Cycle diurne du vent en surface**



Relative humidity observations (%)

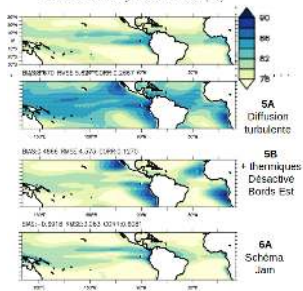
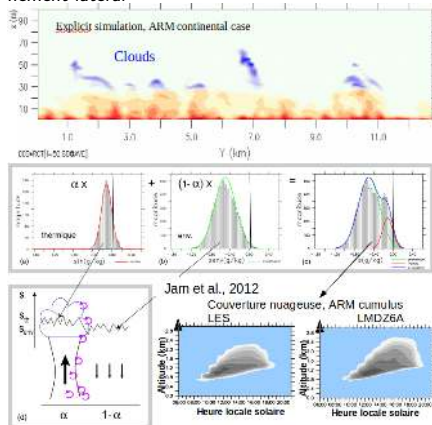


Schéma statistique de nuages bigaussien

Un mode associé aux panaches et l'autre à l'environnement

Apport de Dephy

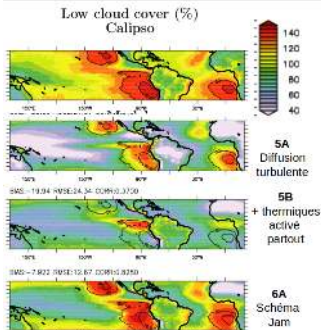
Définition et mise en place dans les LES d'un échantillonnage basé sur les traceurs (Couvreur et al., 2010). Utilisé pour affiner le déentraînement et l'entraînement latéral



Démonstration SCM/CRM confirmée en 3D

Améliorations robustes de LMDZ

- Amélioration de la couverture nuageuse base
- Meilleur contraste cumulus/strato-cumulus
- Moins de compensation "to few to bright"



II. Les évolutions récentes et l'articulation avec Dephy

Schéma de nuages/précipitation

- Ajout de la thermodynamique de la glace (Jam, Rio, Grandpeix)
- Modification du profil de l'efficacité de précipitation convective
- Travail sur la microphysique / phase mixte (Madeleine)
- Prise en compte du recouvrement sous maille (thèse Jean Jouhaud)
- Super saturation (Dome C, nuages hauts ...)
- Schéma de recouvrement des nuages pour la précipitation (Touzier et al.)

Apport de Dephy

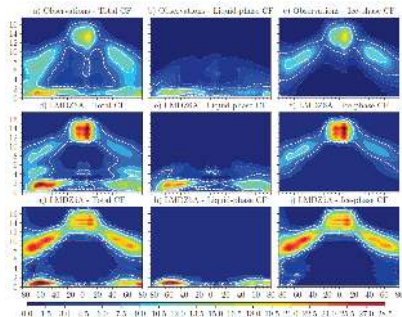
Utilisation systématique des simulateurs d'observations

Autres ?

Besoin d'en faire davantage dans Dephy ?

Améliorations robustes de LMDZ

- **Meilleure représentation des nuages**
- **Répartition liquide glace**
- **Plus de nuages bas et moyens**



Déclenchement stochastique de la convection

La convection n'est déclenchée par les thermiques que si un thermique dans la maille est suffisamment gros (typiquement $> (5 \text{ km})^2$)

Distribution de probabilité de tailles plaquée sur le modèle du thermique

Introduction d'un tirage aléatoire "scale aware" dans cette distribution

Apport de Dephy

Distribution de tailles de base des cumulus dans une LES du cas du 10 juillet de AMMA (Rochetin et al., 2014)

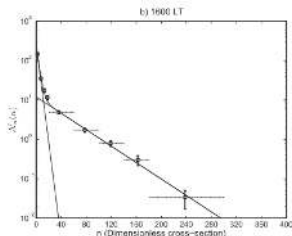


FIG. 2. The N -normalized dimensionless cross-sectional distribution $[N_n(n)]$, see Eq. (4)] of the thermals at the LCL for (a) 1400 and (b) 1600 LT. Horizontal lines indicate the dimensionless cross-sectional bins. Vertical lines are error bars $\Delta N_n(\Delta n)$ representing the systematic errors on the $N_n(\Delta n)$ estimate in each bin Δn , which arises from the use of a Poisson distribution for the $N(\Delta n)$ elements inside each bin Δn : $\Delta N_n(n) = \sqrt{N(n) \Delta n}$.

Améliorations robustes de LMDZ

- Intermittence de la pluie sur continent
- Relative insensibilité à la taille de la maille

Déclenchement stochastique de la convection profonde
Contrôlé par la taille des plus gros (d'une distribution de) thermiques dans la maille
(Rochetin et al., 2014) (Figures Houtin et al., 2020) (inspirées de celles de Françoise Guichard)

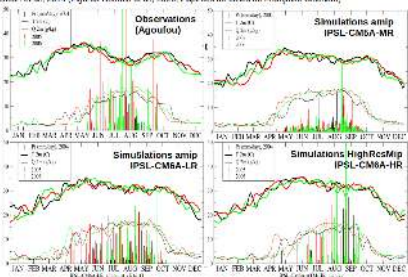


Schéma de Mellor et Yamada retravaillé pour les couches limites stables

Test de différents modèles en TKE et TPE

L'essentiel dans : fonctions de stabilité/seuils/numérique

Apport de Dephy

Portage d'obs. météo à Dome C (Genthon et al.)

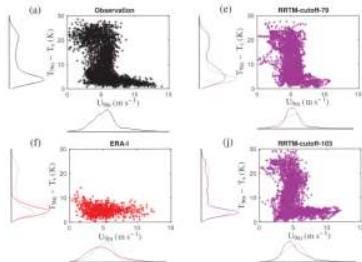
Définition et portage du cas GABL5 4 (Basile et al.)

Test et modification de MY/LMDZ sur ce cas (Vignon et al., 2017)

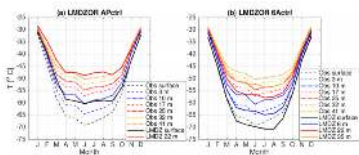


Améliorations robustes de LMDZ

Découplage à la surface pour les couches limites très stables, cycle diurne



Vignon et al, 2018



II. Les évolutions récentes et l'articulation avec Dephy

Couplages à la surface sur continents (Cheruy et al., 2021)

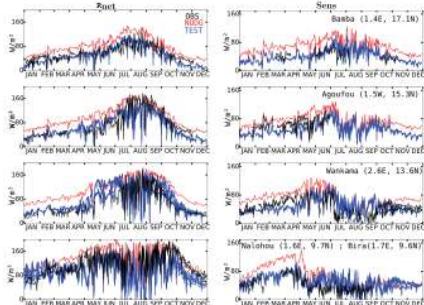
Nouveau modèle des transferts hydro et thermiques d'Orchidee (Wang et al.)

Prise en compte des bosquets et collines (en cours)

Régalge de l'albédo

Apport de Dephy

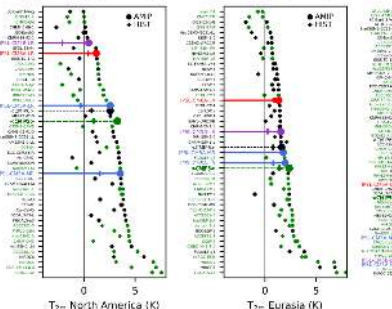
Beaucoup de travail autour des sites (AMMA, Sirta)
versus simulations zoomées/guidées



Diallo et al 2017

Améliorations robustes de LMDZ

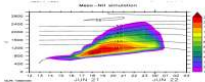
- Meilleure représentation des flux SW (mais encore un manque de nuages)
- Réduction des biais chauds continentaux JJA



Du 1D au couplé

1/ Développement de nouvelles paramétrisations

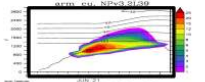
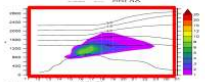
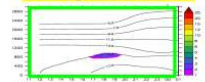
Une colonne du modèle
Comparée à des simulations
explicites de nuages (LES)



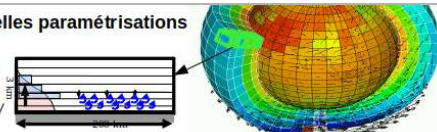
Explicit simulations, $\Delta x \sim 20-100$ m



Climate model, parameterizations
« single-column » mode



arm_cu, NPv6.0.10b1c1v.19

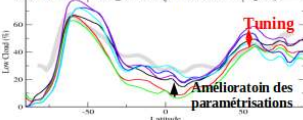


2/ Tuning énergétique du modèle 3D (températures océaniques prescrites)

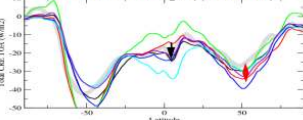
Equilibre énergétique global
Decomposition ciel clair/nuages
Distribution latitudinale
Contrastes Est-Oues sur les océans



Couverture nuages bas (simulateur calipso)

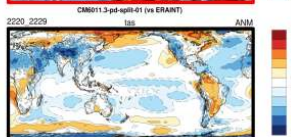
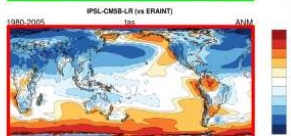
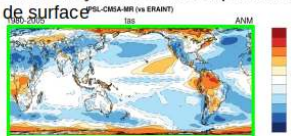


Effet radiatif des nuages (Ceres EBAF)



3/ Vérification des améliorations modèle couplé océan/atmosphère

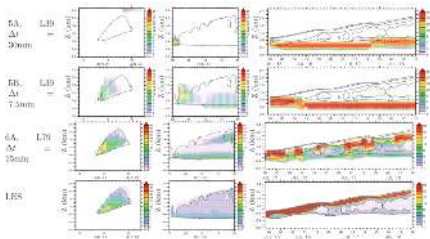
Erreur moyenne sur la température
de surface



Apport de Dephy

Mise à disposition d'une batterie de LES.

Banc d'essai utilisé systématiquement dans les phases de développement/évaluation/tuning de LMDZ

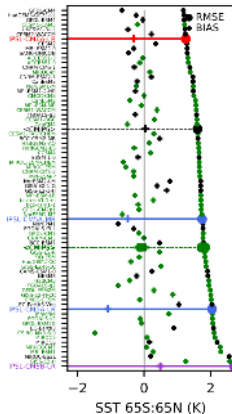


- Mûrissement des questions de tuning
- Montage du projet HighTune
- Preuve de concept d'une stratégie de tuning automatique =
 - History matching + préconditionnement SCM/LES (couvreur et al., Hourdin et al., 2021)
 - Avoir le bon rayonnement pour les bons nuages (Villefranche et al., 2021)

Améliorations robustes de LMDZ

- Réduction des biais de SST
- Amélioration robuste des nuages bas
- Tuning des forçages radiatifs

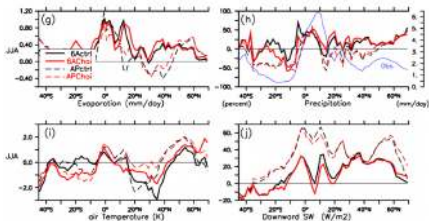
5B : renforcement des biais de bord est par la désactivation séicifique des thermiques pour conserver les stratocumulus, réduisant le refroidissement évaporatif.



Températures continentales

Apport de Dephy

Importance de la composante atmosphérique



Biais moyens AMIP (10 ans) avec "ancienne/nouvelle" physique et les version 2 couche ("Choinel") ou nouvelle d'Orchidee (Cheruy 2021).

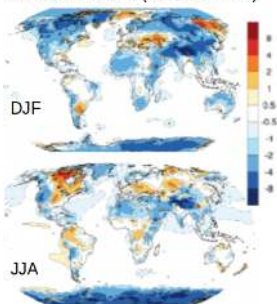
Potentiel des sites de mesures à exploiter davantage ?
Questions de représentativité (ANR Mosai)
Utilisation pour le tuning (thèse Maelle Coulon)

Améliorations robustes de LMDZ

- Biais chaud estival réduit
- Calotte plus chaudes que ERAI (biais froid dans ERAI)
- Mais biais froids hivernaux, sur les montagnes et les déserts

Importance du réglage de l'orographie sous maille pour les ondes stationnaires

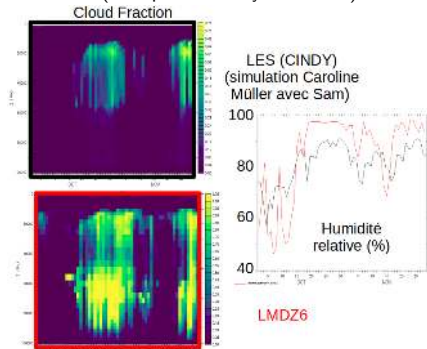
Biais de température (K)
Simulations AMIP (forcée en SST)



Pluies

Apport de Dephy

Biais 100% humide et 100% nuageux en phase active de la MJO (exemple cas Cindy ci-dessous)



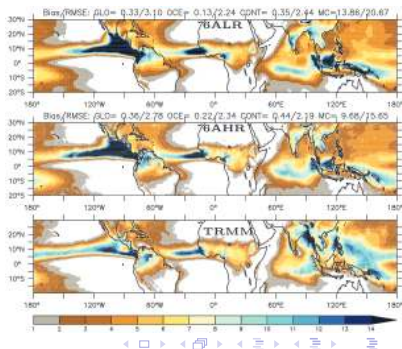
Travail en cours sur la convection :

Actuellement la gaussienne de l'environnement tend vers 0 quand les thermiques disparaissent et on se retrouve avec un schéma tout ou rien

Tentative de prise en compte de la convection profonde et des poches pour prédire cette PDF (Louis d'Alençon)

Améliorations robustes de LMDZ

- **Precipitations continentales améliorées**
- **Amélioration avec la résolution (HR : 50 km)**
- **Trop de jours de pluie sur océan**
- **Biais humide dans l'ITCZ ?**
- **Pâtes de précipitations à l'Est des ITCZ Pacifique et Atlantique**
- **Pâtes de précipitations sur les terres du continent maritime**
- **Variabilité insuffisante sur la MJO.**



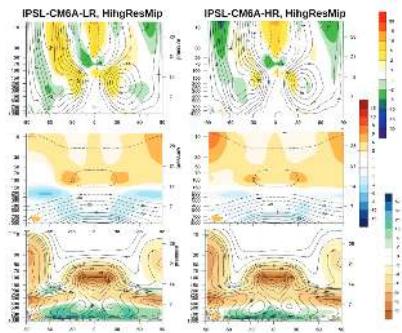
Structure méridienne moyenne

Apport de Dephy

Lien entre forçage radiatif et position des jets pas clarifié

Améliorations robustes de LMDZ

- **Structure méridienne moyenne améliorée**
- **Jets plus près des pôles que dans 5A**
- **S'améliore automatiquement avec la résolution horizontale en même temps que les biais de T et RH diminuent**



Apport de Dephy

- **Communauté de travail/pensée; mutualisation**
- Améliorations les yeux grand ouverts
- Nombreuses améliorations robustes = non remises en cause par les évolutions ultérieures ou le tuning énergétique final
- Avoir les bons nuages pour la bonne convection
- Avoir le bon rayonnement pour les bons nuages (calculs de référence htrdr, couplage MesoNH !)

Beaucoup de travail en cours sur le Tuning

- Preuves de concept
- Exploration paramétrique : quels mondes possibles d'un même modèle pour des contraintes données (=métriques/tolérances à l'erreur) ?
- Inclusion de cas de convection profonde
- Configurations guidées/ données in situ / sites

Méthodologie à travailler (?) pour :

- Couplages à la surface ? (océan et continent)
- Bourrasques / hétérogénéités
- Cas de convection profonde robustes
- Représentativité des sites (Mosai)

Hors champ pour Dephy ?

- la génération stochastique d'ondes de gravité par la convection et les travaux autour de la QBO ?
- tuning params d'orographie sous-maille ; impact sur le climat continental et la banquise dans le couplé ?

Améliorations robustes de LMDZ

- Cycle diurne de la convection
- Intermittence des pluies
- Assèchement de la surface par les thermiques
- Nuages bas et moyens tropicaux
- Réduction des biais de SST
- Réduction des biais de T2m estivaux
- Amélioration du climat des calottes et CL stables
- Amélioration des pluies de moussons

Problèmes principaux identifiés

- Pluies tropicales océaniques trop fréquentes
- Pâtés de précipitations
- Périodes de convection active trop humides

Travaillé en ce moment ou à travailler

- ECrad porté dans LMDZ
- PDF de la distribution de l'eau sous maille
- Schéma de condensation / réévaporation
- Effet Bergeron / supersaturation
- Impact des bosquets/ orographie sous maille
- Amélioration du modèle de poches
- Modèle de dynamique de population pour les poches
- Prise en compte des bourrasques
- Downdraft de couche limite ?