

Evolutions du modèle LMDZ pour CMIP7

21 novembre 2023

Préparé par Frédéric pour l'équipe LMDZ

I. Evolution du modèle avant CMIP7

II. Stratégie pour CMIP7

III. Cœur dynamique

IV. Paramétrisations physiques

Le moment de définir une ou des nouvelles configurations pour CMIP7

Pour une mise en production (version figée) début ou mi 2025 sans doute

Présentation conçue en partie comme une présentation de suivi du travail de mise en place des nouvelles configurations, amenée à être mise à jour

Stratégie : développement continu et rétro compatibilité

On peut faire tourner les anciennes physiques avec les nouvelles sources.

Rétro compatibilité pas garantie au bit près mais on retrouve des résultats très similaires en faisant tourner les anciens **physiq.def_[VERSION]** disponibles dans :

- modips1/models/LMDZ/DefList et dans
- 1D/INPUT/PHYS pour le 1D.

Essentiel pour publication / recherche / science reproductible et être capable de revenir à la source d'un problème identifié dans le modèle

[VERSION]s **CMIP5** (LR : 96x95, MR : 144x142)

- **5A - L39** Héritée de LMDZ4. Dite "ancienne physique". Version robuste, assez bien réglée, avec une très faible variabilité des pluies.
- **5B - L39** La première version dite "nouvelle physique" avec thermiques, et poches froides et couplage (Rio. et al. 2010). Version intéressante d'un point de vue physique mais mal réglée. Ne plus l'utiliser.

[VERSION]s **CMIP6** (LR : 144x142, MR : 256x256) :

- **6A - L79** La version "nouvelle physique" de CMIP6. Un certain nombre de corrections (de bugs ou de choix physiques) par rapport à la 5B et une longue phase de tuning manuel.

Verssion post CM6 :

[VERSION]s CMIP6 avec corrections

- NPv6.2 : - L79 version du projet QUEST ; par rapport à 6A, `cdnc_min=10.`, `ok_bug_split_th=n`, `keepbug_ice_frac=n`
- NPv6.3 - L79 par rapport à 6.2 `tau_gl=2`, `flag_wk_check_trgl=n`, `iflag_wk_check_trgl=2`, `iflag_alp_wk_cond=1`

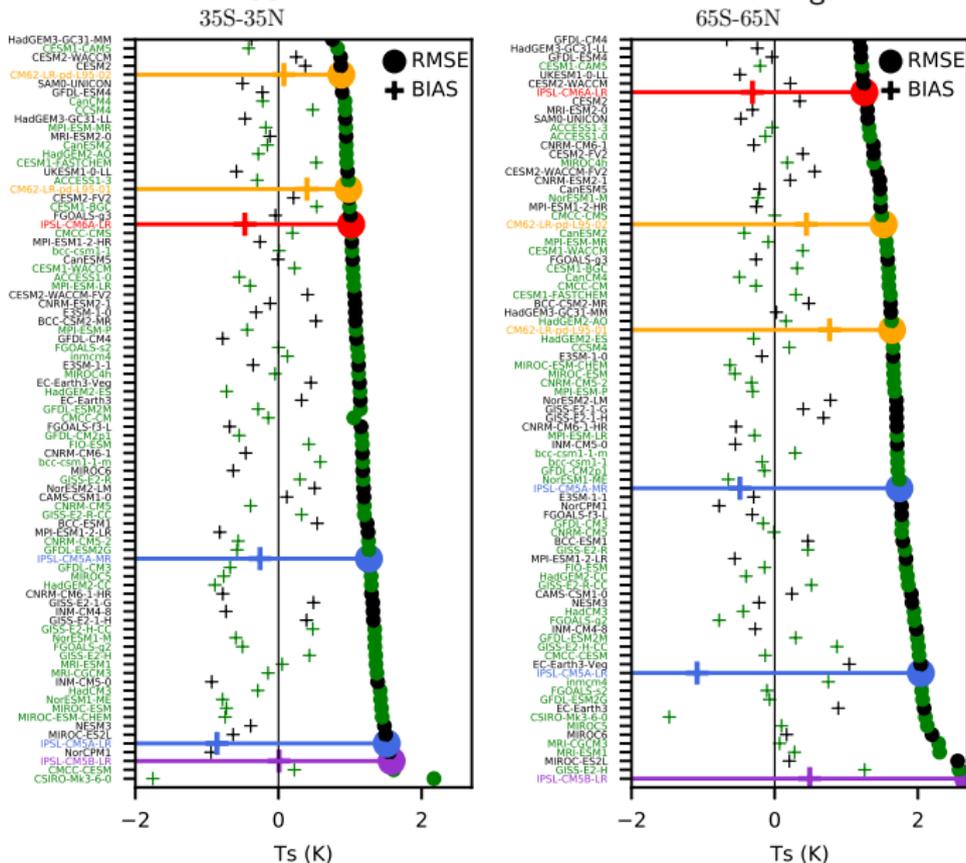
[VERSION]s issues d'un tuning automatique avec les outils d'"History matching" avec "Iterative refocussing" mise en avant dans HighTune

- ECSexp1 à 4 - L79 "BEST" résultant du tuning de la version QEST avec des ECS variant de 3.7 à 5.4 [1].
- L95Best1PartII - L95 La première version avec neuf paramètres retunés avec 30 vagues de préconditionnement 1D et 2 vagues 3D [2]
- NPv7.0.1 - L95 En cours de tuning par lonela avec physique un nouveau schéma de condensation grande échelle et d'évaporation des précipitations.

[1] Hourdin, F et al., Science Advances, 2023, Vol 9, Issue 29, DOI : 10.1126/sciadv.adf2758.

[2] Hourdin, F et al., James, vol. 13, no. 6, 2021. doi :10.1029/2020MS002225.

Erreurs sur les SST saisonnières dans les différentes configurations



Priorités d'amélioration pour CMIP7 (1/2)

Guide pour le choix des priorités :

- 1) identifier les principaux défauts pour les améliorer.
- 2) Se donner les moyens de ne pas perdre les qualités du précédent. Avec le tuning : identifier les métriques nécessaires et suffisantes
- 3) Mettre en place une stratégie pour inclure les priorités (penser recherche/publications)

Les principales qualités : A COMPLETER

- cycle diurne de la convection (depuis 5B)
- couverture nuageuse basse
- faibles erreurs sur les SSTs dans le couplé
- bonne répartition des pluies continentales
- faible biais de température océaniques
- représentation des couches limites très stables

Le tour des principaux défauts : A COMPLETER

Convection/pluie :

- le principal est sans doute la quantité extrême de pluies sur les îles du continent maritime
- Une ITCZ trop intense, notamment à l'Est des océans
- Des pluies qui ne s'arrêtent pas suffisamment sur les océans (pas assez intermittente)
- Des couvertures nuageuses de 100% sur des cas de convection profonde

Priorités d'amélioration pour CMIP7 (2/2)

Le tour des principaux défauts (suite) : A COMPLETER

Schéma numérique et pas de temps :

- Le schéma numérique TKE+thermique est très stable mais induit un biais sec en surface (en grande partie résolu, cf présentation)
- Sensibilité au fait d'appeler la convection tous les pas de temps
- Stabilité du schéma de la TKE
- Condensation grande échelle / auto-conversion

Climat continental :

- biais de température continentaux (piste z0, rsol, ECrad, ...)

Nuages :

- Mauvaise répartition de phase avec notamment trop de glace dans les nuages des moyennes et hautes latitudes.
- Manque de stratocu à la côte (décalés au large)
- Nuages en situation de convection profonde
- Est-on capable d'avoir le bon rayonnement pour le bons nuages hauts?
- Formation et profile vertical des chutes de neige

Que vise-t-on en terme de nombre de configurations ?

Une configuration = 1 grille + 1 contenu physico/numérique + 1 jeux de paramètres

Utilisation systématique des outils HighTune pour le choix des paramètres.

Proposition actuelle à discuter

1) Partir comme pour CMIP5 sur deux configurations physiques :

- **7A** avec une physique robuste et bien réglée/évaluée (6 mois ?)
- **7B** enrichie et exploratoire (un an ?).

2) Générer un **ensemble issu d'une exploration paramétrique** semi automatique avec les outils HighTune afin d'explorer l'incertitude paramétriques du changement climatique.

- Nécessite à chaque fois 300 ans de complément du spinup pré-industriel + 150 ans de contrôle + 100 ans de climat futur + 400 ans d'"abrput 4 CO2"
- Nécessite une configuration légère.

Développements réalisés et en cours

Passage à Dynamico à la place de "lon-lat"

- Nettement plus rapide
- Pas de filtre aux pôles
- parallélisation : LMDZ-ico \gg LMDZ-lonlat

Comparaison ico/lon-lat :

Grille	résolution (km)	δt (min)	colonnes phys.
144x142	280-140	2.14	20500
nbp40	200	7.5	16000
nbp80	100	3.2	64000

- On retrouve le modèle mais il faut aller à plus haute résolution qu'en dynamique latitude-longitude pour avoir une position équivalente des jets
- Des températures différentes sur l'Antarctique (orographie sous maille, autres?)
- Intérogation persistante sur l'orographie sous-maille
- Une version humide existe

Priorités/étapes pour CMIP7

- Dynamico dans **7A** et **7B**
- Ensemble paramétrique avec Dynamico nbp40 et nbp80 ET lon-lat pour préparer le choix de résolution et les futures versions LMDZ-ico
- Instruire la question des pas de temps. Environ 15 minutes pour la physique.

Rayonnement :

Développements réalisés et en cours

- Travail en cours (Abderrahmane, Maelle, Najda, Frédéric), interactions R. Hogan
- Travail sur les aérosols (Lionel, Abderrahmane, Olivier).
- On part sur ECCKD pour les gaz. Plus récent et plus rapide.
- Tripleclouds par défaut : Le plus proche de l'actuel avec 3 compartiment (ciel clair, nuages fins, épais)
- Spartacus : première code radiatif avec effet 3D des nuages

Priorités/étapes pour CMIP7

7A : Tuner ECCKD+Tripleclouds

7B : Spartacus? Paramétrisation des paramètres de ECRad.

————— Tuning —————

7.0.2 : ECCKD + Tripleclouds si aérosols disponibles

————— Travail —————

Spartacus, thèse Maelle (Najda et FH) :

- Evaluation 1D-vs-LES/sur site/globale
- Paramétrisation des paramètres spécifiques d'ECRAD (hétérogénéité, taille, recouvrement)

Travail sur le coût et l'optimisation.

Nuages / PDFs

Développements réalisés et en cours

- Travail sur les distributions sous-maille en cas de convection profonde (thèse de Louis). ATTENTION : pour la convection on travaille en qt alors que c'est s qu'on voudrait.
- Nuages froids : travaillé avec une variable supplémentaire pour la glace.
- Test de formes de PDFs pour les nuages hauts : assymétries négatives (thèse Audran) et traitement de la sursaturation.
- Auto-conversion et traitement vertical des précipitations : tester d'autres approches.
- Phase : (thèse Lea) Nouvelles paramétrisations très pragmatiques. Séparer la phase glace de la phase vapeur + liq (y compris pour la convection profonde).
- Phase glace pronostique : sans ré-évaporation au début du pas de temps.

Priorités/étapes pour CMIP7

7A Ludo (après corrections de bugs par Etienne) ET nouveau traitement numérique de l'auto-conversion.

7B phase mixte (Léa), sursaturation (Audran), auto-conversion modifiée ...

————— Tuning —————

7.0.1 : Ludo et nouveau lscp.F90

7.0.2 : nouveau traitement numérique de l'auto-conversion

————— Travail —————

Publication en cours sur les ratqs interactifs pour la convection peu profonde. Etendre à la convection profonde et trouver une solution pour les zones hors convection.

Modèle thermique

Développements réalisés et en cours

- Travail sur le schéma numérique des thermiques (FredHo. Prêt)
- Transport de la TKE par les thermiques (testé à Fréjus)
- Travail en stand-by dans l'atelier downdrafts (Maëlle Etienne Fred Catherine Fleur Florent)

Priorités/étapes pour CMIP7

7A schéma numérique modifié

7B downdrafts, couplage avec la TKE ?

————— Tuning —————

7.0.2 Modification pour pas de temps longs
si tests en cours concluants

Pbl_surface / splitting ...

Développements réalisés et en cours

- Nouveau schéma de TKE : écrit en atelier. Typiquement à quelques mois. Réflexion sur le numérique Problème d'oscillations sur Gabls1
- Neige soufflée (thèse Valentin). Pas d'enjeu à le mettre dans des simulations CMIP. Rapport (amélioration climatique) / (coût numérique amélioration faible)
- Réécriture de pbl_surface : interaction entre contenu physique et réécriture informatique.
- Impact du cisaillement sur la longueur de mélange
- Possibilité d'inclure la diffusion verticale et l'advection horizontale de la TKE.

Priorités/étapes pour CMIP7

7A Nouveau schéma de turbulence

7B Autres améliorations à discuter

————— Tuning —————

7.0.2 Nouveau schéma ?

Convection profonde

Développements réalisés et en cours

- Ejection des précipitations liquides (Catherine) : à tester (ATELIER)
- Extinction de la convection profonde quitte à jouer avec un seuil sur les poches
- Nouvelle formulation du `s_trig` : pour le déclenchement de la convection profonde (Catherine, Nicolas, Jean-Yves, Frédéric)
- Convection profonde sur les montagnes et les îles (thèse Nathan Philipot, LGGE/NCRM)
- Demande : avoir une estimation de la répartition liquide/glace en sortie de la convection profonde
- Corriger les bugs identifiés par Nicolas en 2007 si pas déjà fait.

Priorités/étapes pour CMIP7

7A Paramétrisation de `s_trig`, éjection des précipitations et extinction de la convection

7B éjection des précipitations, autres

Poches froides

Développements réalisés et en cours

- Version améliorée de la représentation des poches (thèse de Lamine, Jean-Yves, FH)
- Dynamique de population (Jean-Yves, Atelier post Roffiac) : en cours de développement / test (vs deux constantes une sur continent et l'autre sur océan)
- Splitting de la couche limite entre les poches et l'extérieur des poches. Marche sur océans et pas sur continents.
- Travail sur les rafales (thermiques - Adriana - et poches - Lamine et Jean-Yves)
- faire en sorte que les poches froides s'éteignent sur océan. En tenant compte du shear dans la Ale des poches par exemple, ou de leur hauteurs (moins actives si peu épaisses).

Priorités/étapes pour CMIP7

7A Poches améliorées

7B Splitting et dynamique de population

————— Tuning —————

7.0.2 poches améliorées

————— Travail —————

Savoir arrêter les poches sur l'océan.

Couplages à la surface

Développements réalisés et en cours

Côté orchidee :

- Longueurs de rugosité : utiliser des prescriptions différentes (thèse Khadija)
- résistance des sols à l'évaporation : rsol.
- Nouveau routage
- Travaux sur la neige (12 couches)

Côté LMDZ :

- Travaux sur les flux turbulents à l'interface air-mer (thèse Clément Dehondt) et air-continent (thèse Pierre Tiengou)
- Supprimer les landice LMDZ et c'est orchidee qui gère les calottes (fait mais problème d'initialisation)
- Problème de "damier" en lonlat et dynamico
- Implémentation de la paramétrisation TOFD (turbulent orographic form drag montagnes à sillage) et articulation avec la param existante (flow blocking)

Priorités/étapes pour CMIP7

7A A définir

7B

————— Tuning —————

Des choses à inclure dans le prochain tuning ?

Dynamiques de travail sur le tuning

- Amélioration continue et tuning des versions successives de la physique de LMDZ (Ionela, Frédéric et l'équipe LMDZ)
- Evaluation et tuning des interactions nuages-rayonnement avec les différentes versions de ECrad (Maelle, Abderrahmane, Frédéric, Najda)
- Réalisation et analyse d'un ensemble paramétrique en utilisant les 200 meilleurs vecteurs de paramètres d'un tuning de LMDZ (144x142x95). Objectif : caractériser la différence Dynamico/Ion-lat, les possibles compensations d'erreur entre tuning physique et biais dynamique, choix des résolution ico (nbp40, nbp60, nbp80) (Sébastien (F et N), Frédéric, Ionela, Laurent, Thibault)
- Exploration paramétrique du nouveau couplé avec la physique LMDZ6A et différentes grilles horizontales pour les modèles atmosphérique et océanique (Groupe pirates, suivi par Laurent, Frédéric, Etienne)
- A faire rapidement : mise en place du nouveau couplé et lancement d'un pd long pour essayer les platres et incorporer petit à petit ce qu'on apprend dans les autres dynamique de travail. LMDZico-nbp60/80 Nemo4 SI3
- Travail sur l'ESM (Etienne?)
- Travail nécessaire sur les Forcages ?