Conseil Scientifique LMDZ
5 janvier 2026

Ordre du jour:

Séance publique:

- Actualités scientifiques
  - CMIP7
  - développements physiques
  - le régional, LAM, phyex
  - aspects IA
- Actualités du service

Séance à huis clos:

- suite des discussions
- collaborations et ouverture à “l’extérieur”
- suivi des points abordés aux CS précédents

Conseil Scientifique LMDZ
5 janvier 2026

Ordre du jour:

Actualités scientifiques
- CMIP7
- développements physiques
- le régional, LAM, phyex
- aspects IA

Actualités du service

suite des discussions
collaborations et ouverture à “l’extérieur”
suivi des points abordés aux CS précédents

CMIP7 FastTrack (1/3)

Cahier des charges :

- Mise en place d'une configuration pour janvier 2026 (maintenant)
- Utilisant dynamico
- Une physique atmosphérique à 95 niveaux améliorant la simu des nuages
- Nouvelles versions de Nemo4/OrchideeV4/Ice3
- Climatologie aussi bonne que CMIP6ALR

Avant 2025 ? :

- choix d'une résolution NBP60 de dynamico pour ne pas trop aggraver le biais de position des jets dans lon-lat-LR (144x143)
- Utilisation d'une physique 6A corrigée de bugs et utilisant le nouveau calcul de hauteur des poches froides issu de la thèse de Lamine

Début 2025 :

- situation de crise
- Mise en place de réunions régulières de 12 à 12:30 le lundi

CMIP7 FastTrack (2/3)

Hiver 2025 :

- plantages fréquents sur l'Himalaya
- perte de banquise
- Problèmes de parallélisme et reproductibilité
- Suspicion de bug dans Orchidee V4 temporairement abandonnée pour V2
- Retour à l'ancien calcul de l'orographie sous-maille
- Paramètres de la glace boostés

Printemps 2025

- Lancement de la physique "PII" (papier tuning, Hourdin et al. 2021)
- Conservation de l'eau et correction d'un bug dans la convection
- Diminution du pas de temps dynamique résout les plantages himalayens
- Identification et correction du bug dans Orchidee V4

Eté/Automne 2025

- Première simulations "V6.5" et "PII" satisfaisantes.
- Climatologie atmosphérique et océanique plutôt mieux que 6ALR
- Changement de calcul de la hauteur de la tropopause pour l'ozone

CMIP7 FastTrack (3/3)

Version PII (prochainement 7.2) retenue comme backup

- Dynamico NBP60 L95
- Corrections de bugs
- Réglage physique issu d'un retuning automatique de la couche limite
- Nouveau calcul de la hauteur des poches qui stabilise le modèle

Qualités

- Climat proche de IPSCL-CM6ALR
- biais chauds réduits : Bords Est et Pacifique sud (PII mieux que 6.5)
- Continents : biais chaud estival disparu (ORV4?) ; biais froid l'hiver + fort
- Pluies de mousson un chouill' meilleures que 6ALR
- Position des jets acceptable mais un peu moins que 6ALR (tester nbp80)

Reste :

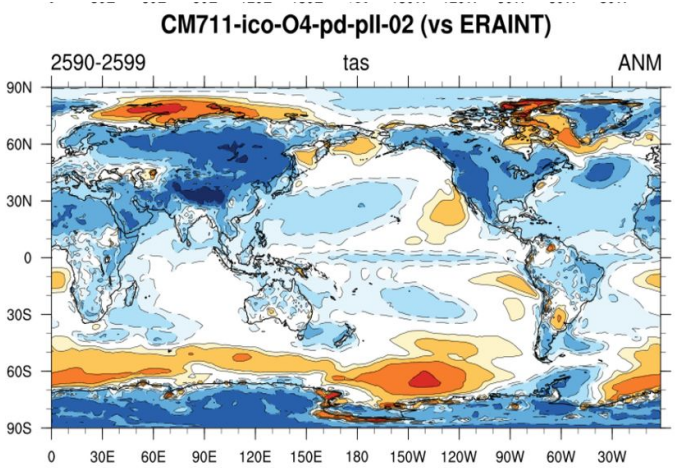
- Résoudre si possible les derniers plantages (restartabilité retrouvée)
- Tuner ou non les aérosols panaches/plumes
- Si possibles inclure (après tuning) : nouvelle TKE, nouveau schéma de précipitations, modifications schémas convectifs

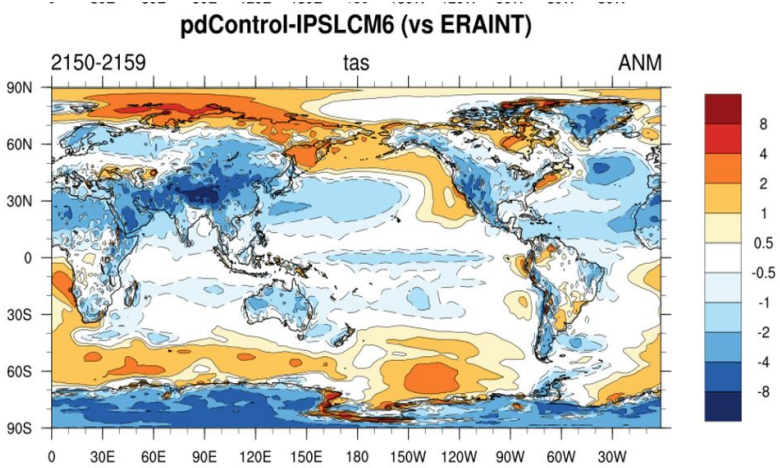
Bias annuel

CM7ico60 PII

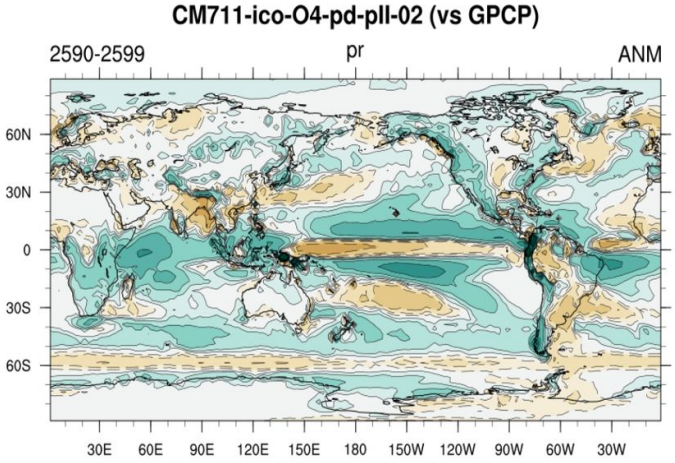
CM6ALR

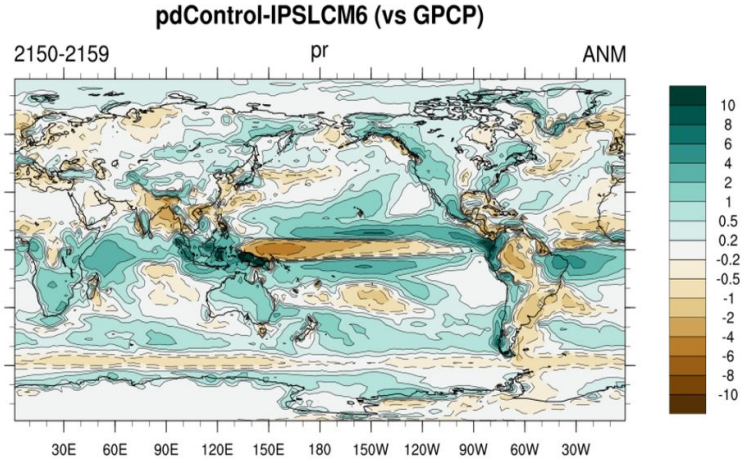
T2m





Precip



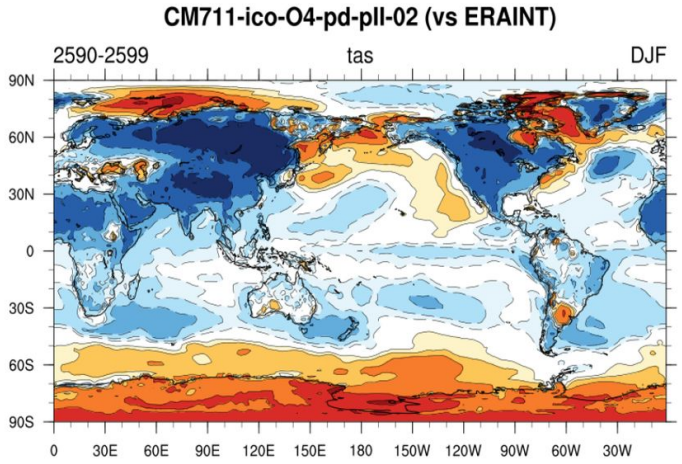


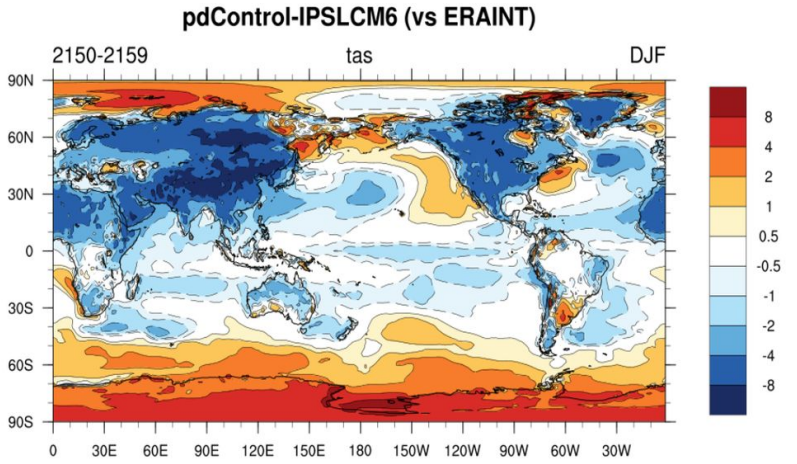
Bias T2m

CM7ico60 PII

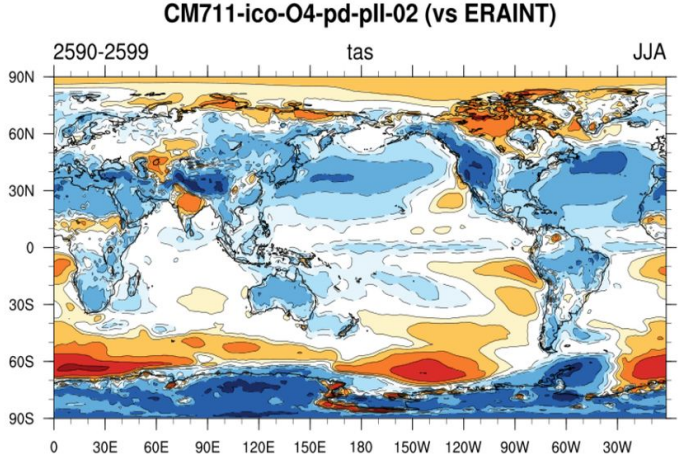
CM6ALR

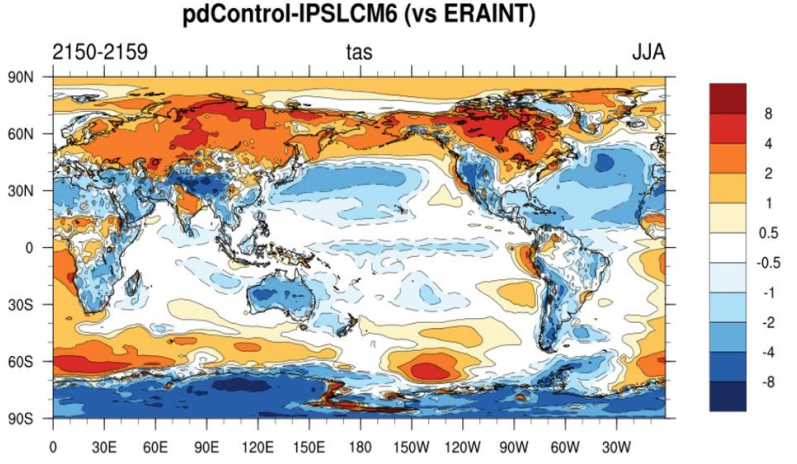
DJF





JJA





Conseil Scientifique LMDZ
5 janvier 2026

Ordre du jour:

Actualités scientifiques
- CMIP7
- développements physiques (résumé de la dernière réunion pédalons)
- le régional, LAM, phyex
- aspects IA

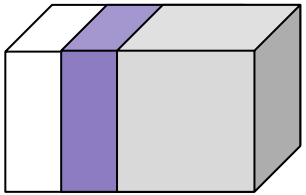
Actualités du service

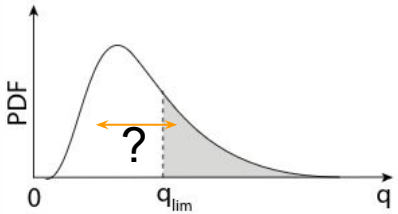
suite des discussions
collaborations et ouverture à “l’extérieur”
suivi des points abordés aux CS précédents

espéré dans LMDZ7B
du travail en cours
en projet
chantier à (ré-)ouvrir

Axe 1: Paramétrisation des nuages

schéma statistique de nuages avec distribution sous maille d'eau totale





σ= f(z) mais
- scale aware?
- dépendant d'autres params?

- **σ = f(thermiques et convection profonde)** thèses de L. D'Alençon et Nicolas Nanou
- **Partitionnement liquide/glace dans les nuages de phase mixte**
- **Nouveau schéma de précipitation** (thèse L. Raillard)
- **Traitement des sursaturations / glace, des cirrus** et des traînées d'avion (thèse A. Borella)

- **Cohérence entre schéma de cirrus** et au couplage avec convection profonde et phase mixte
- **Evaluation nuages froids** (nuages arctiques, altocu tropicaux, LES antarctiques, LES cirrus)
- **Interactions ondes de gravité et nuages**
- **Suivi du nombre de cristaux et gouttelettes** (2-moments, aerosols-aware?
- **Paramétrisation des rayons optiques des cristaux et des gouttelettes**
  -> Atelier en cours
- **Interactions nuages-rayonnement,** géométries nuageuses et effets 3D

Axe 2: Convection peu profonde, profonde et poches froide

Modèle du thermique
- Dépendance au pas de temps
- Param des downdrafts (passifs et actifs pilotés par le haut)

Distributions sous-maille du vent (bourrasques)
- liées à la convection profonde et poches froides (thèse L. Thiam)
- et convection sèche (A. Sima, F. Hourdin). couplage SPLA pour poussières

Transition shallow-deep (Pluies convectives toujours un peu prématurées sur continent)
- Représentation des congestus par le modèle du thermique: pluie, couplage poches froides?
- Nouvelle formulation du détrainement
- Revisite du critère de déclenchement

Poches Froides
- évaluation, tuning et effets sur le déclenchement (thèse L. Thiam)
- modèle dynamique de population

Convection profonde
- éjection des précipitations
- recodage descentes précipitantes
- propagation des systèmes convectifs
- circulation méso-échelles dans les enclumes

Axe 3: Couplage surface-atmosphère: hétérogénéités de surface et processus en région de montagnes

- **Nouvelle diffusion turbulente pour tuning + facile et meilleure numérique**
- **Flux à la surface** (évaporation sur océan), lien avec bourrasques
- **Neige et glace: Abandon de la sous-surface "landice"** en lien avec travaux sur la neige dans Orchidée, nouvelle param de neige soufflée, param dynamique du z0 sur calottes
- **Brises méso-échelle liées aux contrastes** (Terre-Mer et îles, Glace-Mer, entre couverts hétérogènes) **et en région de relief**
- **Interactions avec la végétation:** arbres qui pénètrent les couches du modèle + z0 + couplage avec canopée résolue (drag + rayonnement)?
- **Variabilité sous-maille du relief** (tuiles à différentes altitudes…)
  Représentation de niveaux en-dessous du niveau moyen (approche alpha de N. Philippot)
- **Nouvelles paramétrisations du drag des montagnes et des ondes.** Réunification des paradigmes "neutres" (TOFD, pas dans LMDZ) et "stratifiés" (SSO, dans LMDZ)
- **Lien drag des montagnes et des arbres avec turbulence** (production de TKE)
- **Ré-écriture de pbl_surface devient urgente** à plusieurs égards. Possible de formaliser le traitement de N sous surfaces aux propriétés différentes?

Axe 3: Couplage surface-atmosphère: hétérogénéités de surface et processus en région de montagnes

- **Nouvelle diffusion turbulente pour tuning + facile et meilleure numérique**
- **Flux à la surface** (évaporation sur océan), lien avec bourrasques
- **Neige et** sur la neige dan z0 sur calottes
- **Brises mé** tre couverts
- **Interacti** e + z0 + couplage
- **Variabili** Représent Philippot)
- **Nouvelles** on des paradigmes "neutres" (TOFD, pas dans LMDZ) et "stratifiés" (SSO, dans LMDZ)
- **Lien drag des montagnes et des arbres avec turbulence** (production de TKE)
- **Ré-écriture de pbl_surface devient urgente** à plusieurs égards. Possible de formaliser le traitement de N sous surfaces aux propriétés différentes?

beaucoup de gris = beaucoup de chantiers à ouvrir / ré-ouvrir = beaucoup de questions à aborder

Complexité des sous-surfaces questionne le niveau de complexité que l'on souhaite / dont on a besoin dans le GCM

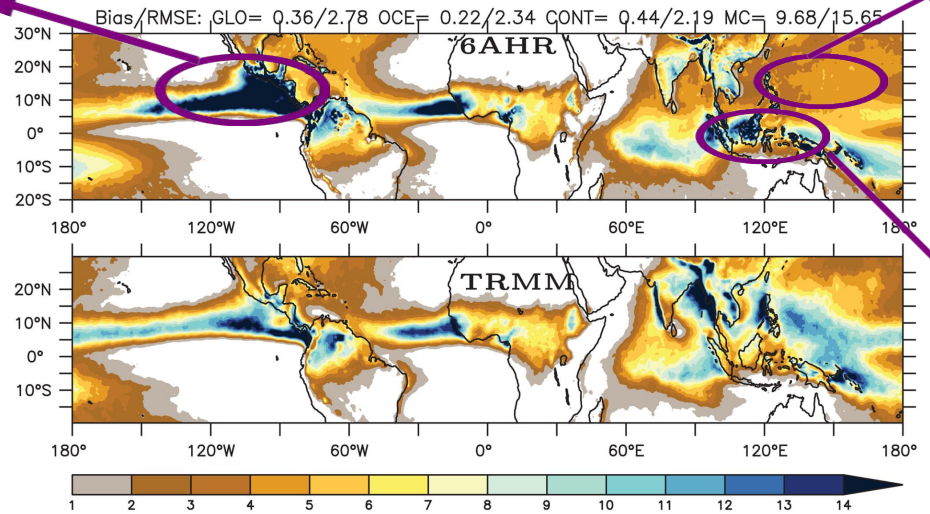
Prochain PEDALONS sur le sujet?

Enjeu sur les biais de précipitations dans les Tropiques et leur variabilité

partitionnement convection profonde/ condensation grande-échelle

> composante LS dans la fermeture du schéma de convection

Pluies JJAS (mm/jour)



Hourdin et al., JAMES, 2020

Activation shallow versus deep convection

> déclenchement, propriétés poches froides (thèse L. Thiam), splitting de la couche limite

Effet des îles

> brise méso-échelle, orographie (thèse N. Philippot)

Paramètre sensible différent sur continent et sur océan: la densité de poches froides: modèle dynamique de population (Jean-Yves)

+ éjection des précipitations au cours de l'ascendance adiabatique
+ recodage descentes précipitantes
+ propagation des systèmes convectifs type lignes de grain (thèse M. Segueni)

Aspects transverses à toute la physique

- **Quelle résolution visée** (horizontale et verticale)?
  Pour le GCM? Pour le LAM? -> 10-20 km
  Quelles adaptations des paramétrisations nécessaires (scale-awareness)?
-> questionne le cadre actuel de modélisation (Homogénéité statistique horizontale, la convergence approches stochastiques, l'indépendance des colonnes)

- **Quelles variables transportées?** (distribution sous maille de l'eau, fraction nuageuse, poches froides, nouvelles catégories d'eau …)

- **Conservation:** de l'eau ok mais l'expérience récente suggère de mieux équiper le code. de l'énergie … tout est à faire

- **Externalisation et unification de la thermodynamique**?

- **Ré-écriture du moniteur de la physique:** est-ce qu'on garde tout? informatique du moniteur qui ne fait pas de présupposé sur le découpage

- **Fusion des phylmdiso et phylmd en cours** (mais c'est long)

Enjeux autour des outils DEPHY

Approche 1D/LES

- Schéma de surface simplifié implémenté dans LMDZ et MESO-NH (postdoc A.Maison) ouvre des perspectives pour des cas couplés
- Besoin de simulations LES de référence de cas de convection profonde et nuages froids (phase mixte et cirrus)
- Cas plus représentatifs de ce qui se passe dans le modèle 3D (surface interactive, paramétrisation du W grande-échelle, cas issus du 3D, …)

Comparaisons modèles/données sur sites

- beaucoup d'opportunités aux basses, moyennes et hautes latitudes
- Intérêt de simulations systématiques sur les sites (simus 1D, 3D)? librairies de simulations régionales sur cas d'étude en construction
- Intérêt de faire tourner des simulations LES?

Exploration paramétrique avec HT-Explo

- Tuning 1D sur d'autres cas (convection profonde, nuages froids) en plus de la convection peu profonde et CL stables en amont du tuning 3D
- Configurations intermédiaires légères pour retuning rapide après modifications de paramétrisations. Exploitation du LAM?
- Faire le lien entre les biais du modèle et les paramétrisations

Conseil Scientifique LMDZ
5 janvier 2026

Ordre du jour:

Actualités scientifiques
- CMIP7
- développements physiques
- le régional, LAM, phyex
- aspects IA

Actualités du service

suite des discussions
collaborations et ouverture à “l’extérieur”
suivi des points abordés aux CS précédents

Conseil Scientifique LMDZ
5 janvier 2026

Ordre du jour:

Actualités scientifiques
- CMIP7
- développements physiques
- le régional, LAM, phyex
- aspects IA

Actualités du service

suite des discussions
collaborations et ouverture à “l’extérieur”
suivi des points abordés aux CS précédents

Discussion LMDZ & IA

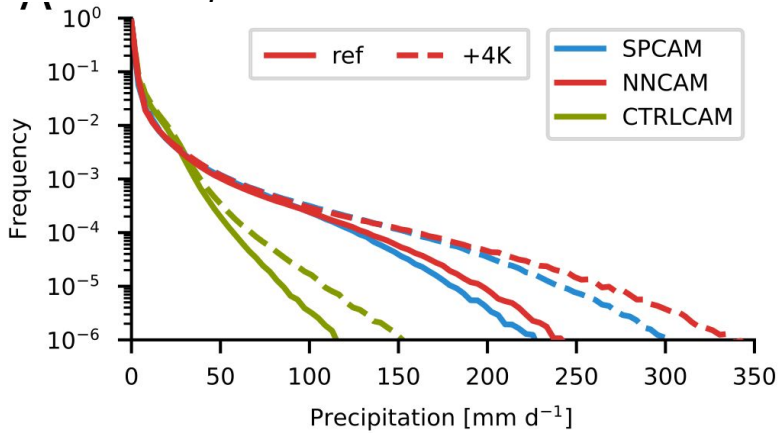
Pour la modélisation météo/climat : IA ~ machine learning ~ apprentissage supervisé

- fonction +/- complexe, paramétrée : f(input ; params) = output
- Apprentissage = optimisation des paramètres vis-à-vis d'une cible (loss)
  - techniques cousines de l'assimilation de données (descente de gradient, adjoint)
- Inférence = calcul de *output*
  - déterministe (*output* le plus probable étant donné *input*)
  - ou « générative » (échantillonnage de la p.d.f. de *output*, conditionnée à *input*)

- Émulation : lorsque *output* découle de *input* via un modèle connu, typiquement « physique »
- Superrésolution : lorsque *input* est une version basse résolution de *output*
- …

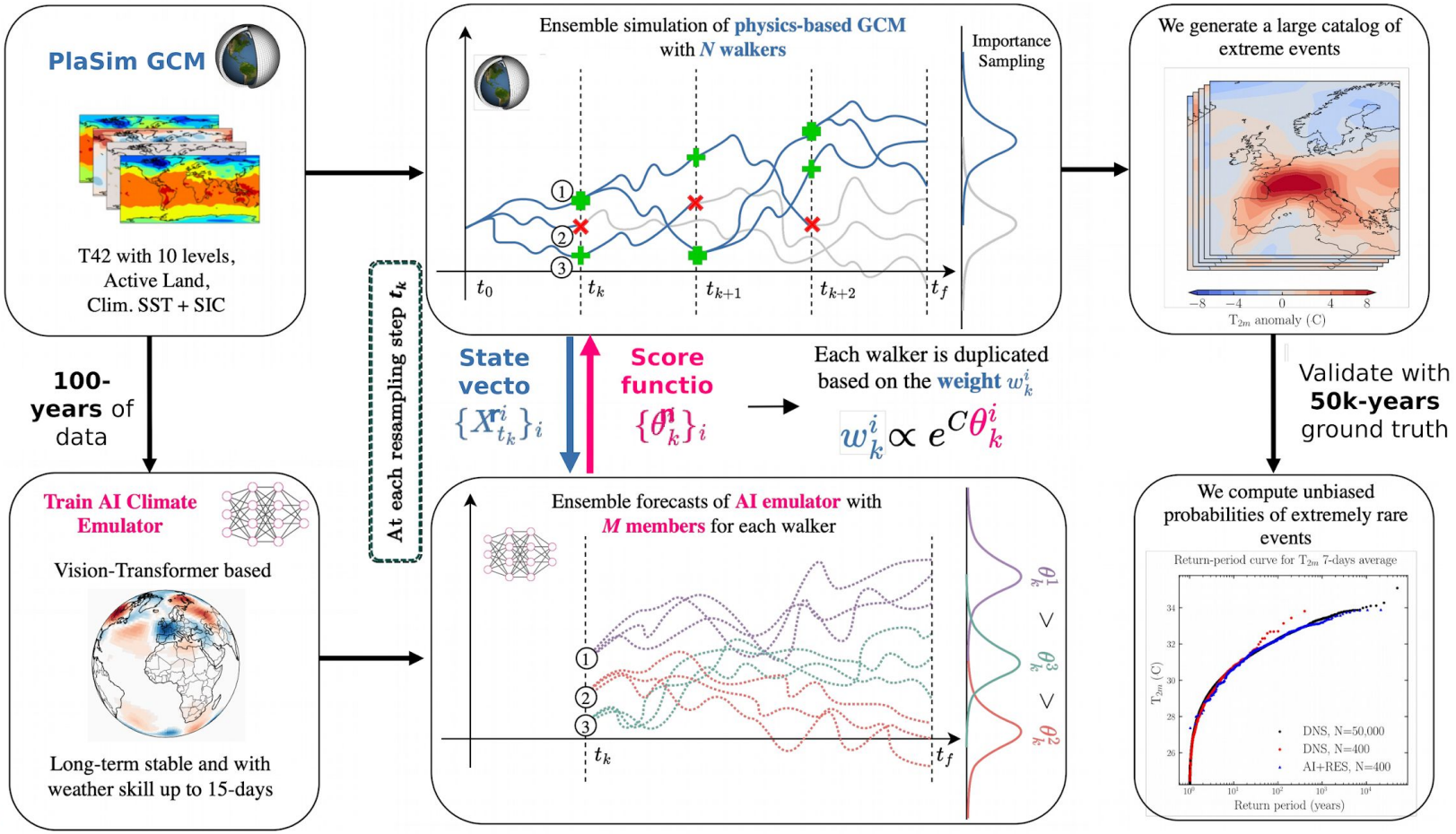
Questions :

- Stabilité à long terme
- Reproduction des statistiques (moyennes, extrêmes)
- Généralisation hors échantillon d'apprentissage
- Explicabilité / « boîte noire »
- Contraintes physiques
- ...



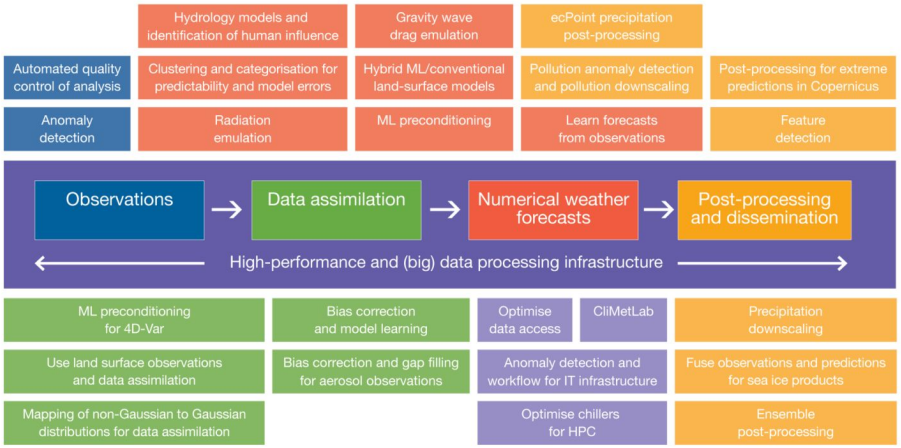
Rasp et al., PNAS 2018

Modèles physiques et modèles « appris » : concurrents ou complémentaires ?

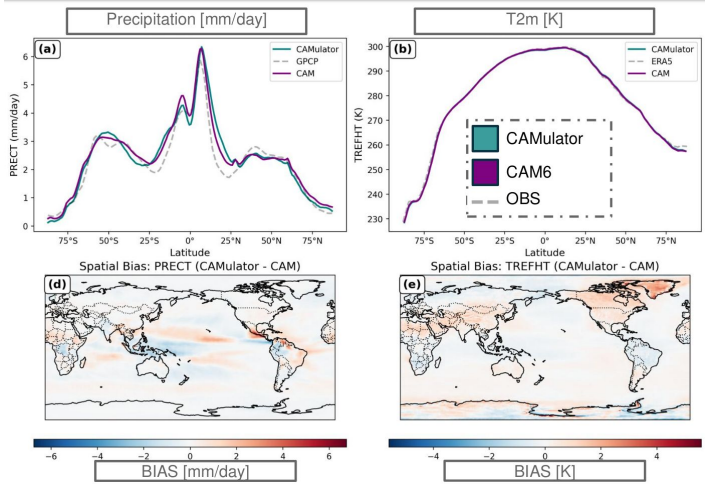


Credit : Amaury Lancelin et al.

Contexte



Machine learning at ECMWF: A roadmap for the next 10 years, P. Dueben et al, 2021



CAMULATOR (Chapman et al., 2024), ACE2 (Watt-Meyer et al., 2025), ...

Initiative IA/IPSL

- Janvier-Mars 2026 : cartographie
- Avril-Juin 2026 : stratégie

- 3 groupes de travail
  - IA & modélisation
  - IA & observation
  - IA pour adaptation, atténuation, services climatiques

PEPR TRACCS (PC5)

- XIOS+Python
  pour l'inférence « en ligne »

- Modèles différentiables
- pour l'hybridation physique/ML (cf NeuralGCM)

IA pour LMDZ ?

- Émulation : modèle complet (cf Amaury Lancelin), ensemble de la physique (cf thèse Ségolène Crossouard), paramétrisations (EcRad ?..)
- Correction de biais en ligne (Gerhard)
- Super-résolution : a posteriori (downscaling) ou pour couplage avec surface/océan
- …

Conseil Scientifique LMDZ
5 janvier 2026

Ordre du jour:

Actualités scientifiques
- CMIP7
- développements physiques
- le régional, LAM, phyex
- aspects IA

Actualités du service

suite des discussions
collaborations et ouverture à “l’extérieur”
suivi des points abordés aux CS précédents

Aspects informatiques

Portage GPU (présentation Rémi Kazeroni, Yann Meurdesoif)

Ré-écriture:
Fin 2024 / début 2025: travail sur la passage à un fortran plus moderne (format libre, généralisation des modules à la place des include), suppression des directives CPP “internes” au code, long travail de déboggage (plusieurs semaines à 3).
Atelier prévu pour le réagencement du moniteur de la physique (projet de l’équipe depuis un certain temps mais rendu nécessaire pour le portage)

Version isotope:
Plan de travail établi en septembre 2025. Gros travail de Sébastien Nguyen pour retrouver une version isotopique à jour par rapport à la référence. On ne devrait plus perdre cette convergence. La version “isotopes” réintègre le contrôle qualité journalier.

Intégration ECRAD:
Travail sur l’intégration des aérosols. Décision prise de partir avec RRTM pour FastTrack et ECRAD sera prêt pour CMIP7. Le code est intégré à LMDZ (une version GPU a été récupérée), les différentes configurations testées et une publication soumise.

Aspects informatiques

Phyex:

Le travail continue ; un ingénieur de l'équipe dessus ; projet d'avancée significative avant l'atelier DEPHY 2026.

Tuning

Portage sur HPC à poursuivre (avec cylc ?)
Inclusion des nouvelles versions des codes d'apprentissage machine de D. Williamson
Travail sur la mutualisation du code : atelier TRACCS 2 février.

Conservation de l'eau:

On a retrouvé la conservation de l'eau dans la version 5651 du 14 mai 2025 (bug dans la convection profonde). l'expérience récente suggère de mieux équiper le code

Avertissement:

Nos sites de développement (trac, svn) sont impactés par des robots travaillant pour la collecte de données pour l'IA (et par une attaque sur le réseau de Sorbonne Université au printemps 2025). Ces problèmes ont amené ICMC et le groupe plateforme à basculer la gestion des codes du "Système Terre" de l'IPSL de la forge IPSL au gitlab de l'IN2P3

Vie du service

Animation

- PEDALONS: 3 réunions depuis le dernier CS:
  - 2 décembre 2024: “Que demandent à LMDZ les composantes et l’ESM”
  - 16 juin 2025: “Regards croisés sur des configurations forcées et couplées du modèle de l'IPSL, notamment en vue du Fast Track AR7”
  - 13 octobre 2025: “stratégie de développement LMDZ”

- Poihl: petite réorganisation du poihl depuis la rentrée: intégration des “extérieurs” S. Fromang et C. Agosta. Moins d’ateliers de travail pré-poihl, un rendez-vous FastTrack d’une demi-heure juste avant le poihl et un poihl divisé en deux parties (actualités générales / affaires internes)

Vie du service

Formation

- Formation LMDZ: décembre 2024, toujours un succès, 30 participants dont une équipe complète du LSCE qui n'a pas tari d'éloges après la formation.

Distribution / Diffusion des codes sources

3 versions de la "testing" de LMDZ ont été validées cette année.
La stratégie se construit :
Unstable : Tests automatiques de compilation à chaque commission et batterie de tests en configuration légères chaque nuit (scripts à reprendre)
Testing : phases de moratoire avec validations dans des configurations multiples relatives à la complexité du code et les multiples options proposées. Jusqu'où aller ? Rationaliser ?
"quoi faire" quand on rencontre un problème long à analyser et résoudre en période de validation ?

Distribution / Diffusion des codes sources

Versions de référence
2 nouvelles versions 6.5 et PII
Meilleure gestion/documentation des versions du modèle au travers d'une meilleure gestion/documentation des physiq.def (entamé en 2025, à poursuivre)

Les modes de distribution et leur évolution à un an

Process studies

Physics development and test
1D tuning

1D.tar.gz

Research/training/teaching
Fancy configurations
Simple climate forcings

EduPlanet/TUTORIAL/20 param
Inclure dynamico ; versioner

Climate simulations LMDZ/Orchidee
3D tuning forced by SST
Standard climate forcings

LMDZ_Setup
Inclure LAM et dynamico ; nouveaux forçages ?

Coupled simulations / climate change

CMIP compliant

Libigcm
Inclure des versions de référence zoom et LAM

