

Description du projet 2024

Camille Risi
Camille.Risi@lmd.ipsl.fr

April 29, 2024

Contents

1	Information générale	1
2	Les modèles	2
2.1	LMDZ	2
2.2	ORCHIDEE	2
2.3	NEMO	2
2.4	ICOLMDZ	2
3	Estimation des ressources	2
3.1	Ressources par type de simulations	2
3.2	Stockage	3
4	Justification scientifique	3
4.1	Pluies tropicales	3
4.2	Climats polaires	4
4.3	Isotopes de l'eau	4
5	Lien avec autres projets	5

1 Information générale

- Titre du projet: Modélisation du climat: cycle de l'eau et variabilité climatique
- Demande: **150 000 heures CPU sur Jean-Zay, 9 To de stockage** supplémentaires
- Ce projet est le renouvellement d'un projet qui était hébergé depuis plus de 15 ans à l'IDRIS. Depuis 2 ans, on était passés à une allocation dynamique (AD010107632R2).
- Les perturbations annoncées sur Jean-Zay nous ont conduit à migrer en partie vers le TGCC. Malgré tout, nous souhaitons continuer à garder une petite allocation sur Jean-Zay pour:
 - accéder à nos sorties de simulations réalisées sur Jean-Zay et les valoriser sous forme de publications,
 - tester des développements et faire du débogage,
 - prolonger des simulations ou effectuer des tests de sensibilité à partir de simulations déjà lancées sur Jean-Zay,
 - assurer la continuité de travaux de thèses.

2 Les modèles

2.1 LMDZ

Site web: <https://lmdz.lmd.jussieu.fr/>

LMDZ est modèle de circulation général atmosphérique développé au LMD. Il constitue la composante atmosphérique du modèle couplé de l'IPSL [Mignot et al., 2021] et est un outil d'étude de l'atmosphère et du climat pour plusieurs équipes en France et à l'étranger.

2.2 ORCHIDEE

Site web: <https://orchidee.ipsl.fr/>

ORCHIDEE est le modèle de surface continentale développé à l'IPSL [Krinner et al., 2005]. Il constitue la composante continentale du modèle couplé de l'IPSL et est utilisé ici couplé à LMDZ.

2.3 NEMO

Site web: <https://www.nemo-ocean.eu/>

NEMO est le modèle d'océan qui constitue la composante océanique du modèle couplé de l'IPSL. Il est utilisé ici couplé à LMDZ et à ORCHIDEE, formant le modèle couplé de l'IPSL [Boucher et al., 2020].

2.4 ICOLMDZ

Site web: <https://www.lmd.ipsl.fr/modelisations/dynamic/>

ICOLMDZ est la version régionale de LMDZ qui permet de réaliser des simulations à fine résolution (de l'ordre de la dizaine de km) sur des domaines limités. Elle utilise DYNAMICO, un nouveau coeur dynamique non-hydrostatique fonctionnant sur une grille icosaédrique.

Pour tous ces modèles, les codes sont rédigés en fortran.

3 Estimation des ressources

3.1 Ressources par type de simulations

Ce projet utilise la version **LMDZ6**, qui a été utilisée pour CMIP6. Elle inclue de nombreuses améliorations dans les paramétrisations de la convection et de nuages, ainsi qu'un nouveau réglage [Hourdin et al., 2019, Hourdin et al., 2020]. Les ressources consommées dépendent de la résolution horizontale et verticale de la simulation.

- La **résolution horizontale** est définie par la grille: par exemple, une grille 144x142 signifie qu'il y a 144 points en longitude (2.5° de résolution), 142 points en latitude (1.25° de résolution). Les résolutions standard sont VLR (very low resolution, 95x96), LR (low resolution, 144x142) ou MR (medium resolution, 280x280).
- La **résolution verticale** est définie par le nombre de points sur la verticale: 39 ou 79.

Les ressources consommées dépendent aussi de la configuration dans laquelle LMDZ est utilisé:

- LMDZ peut-être **couplé à ORCHIDEE** (LMDZ-OR) ou non
- Les isotopes de l'eau ou le coloriage de l'eau peuvent être activés, sous forme de l'ajout de traceurs: le temps de calcul est alors multiplié par des facteurs qui dépendent du nombre de traceurs supplémentaires.

Modèle	Grille horizontale	Grille verticale	Configuration	Thème où cette configuration est utilisé	Temps de calcul CPU par an
LMDZ6	144x142 (LR)	79	couplé à ORCHIDEE	Pluies tropicales; Amélioration du code radiatif	750 h
LMDZ6	95x96 (VLR)	79	avec isotopes de l'eau	Isotopes de l'eau	1000 h
LMDZ6	144x142 (LR)	79	avec isotopes de l'eau	Isotopes de l'eau	1500 h
ICOLMDZ	10km	79	couplé à ORCHIDEE, globale	Climats polaires	2 500 h

Table 1: Temps de calcul, en heures CPU par an, que prennent les différentes versions de LMDZ pour différentes résolutions horizontales et verticales et différentes configurations prévues dans cette demande.

- LMDZ6 peut utiliser le coeur dynamique classique de LMDZ, ou le nouveau coeur dynamique DYNAMICO, et tourner sur un domaine limité (**ICOLMDZ**).

Le tableau 1 résume les ressources consommées pour différentes configurations de LMDZ utilisées dans ce projet. Elles sont cohérentes avec celles répertoriées par l'IPSL:

<https://forge.ipsl.jussieu.fr/igcmg/wiki/PerformancesIPSLCM6>

3.2 Stockage

L'espace de stockage nécessaire dépend de la fréquence et de la quantité des sorties que chacun souhaite. C'est donc très variable d'une étude à l'autre. On estime que le stockage nécessaire aux simulations prévues en 2024 sera d'environ **9 To** (détails en section 4).

Nous disposons déjà de 503 To sur Jean-Zay, que nous occupons à 97%. Nous demandons donc **510 To** sur Jean-Zay.

4 Justification scientifique

Ce projet concerne l'**amélioration du modèle atmosphérique LMDZ** et de son **utilisation pour l'étude des processus atmosphériques**:

1. Pluies tropicales
2. Climats polaires
3. Isotopes de l'eau

La demande pour chacun de ces 5 thèmes est détaillée dans le tableau 2.

4.1 Pluies tropicales

Catherine Rio, Frédéric Hourdin, Jean-Yves Grandpeix

Nous travaillons depuis quelques années à l'amélioration de la représentation de la distribution et la variabilité des précipitations tropicales par le modèle LMDZ. Pour cela, des séries de simulations

thème	calcul CPU sur Jean-Zay (k heures CPU)	stockage sur Jean-Zay (To)
Total	150	9
pluies tropicale	20	3
climats polaires	50	3
isotopes de l'eau	80	3

Table 2: Tableau résumant les demandes de temps de calcul et de stockage à l'IDRIS.

d'une durée de 3 ans sont réalisées afin d'analyser la sensibilité de la distribution et de la variabilité des précipitations tropicales aux paramétrisations physiques utilisées dans LMDZ, dans des configurations réalistes (de type AMIP) en résolution 144x142. Nous étudions en particulier l'impact des flux de masse convectifs sur la circulation de grande échelle. Nous aimerions réaliser quelques tests de sensibilité additionnels sur le même modèle que ceux déjà réalisés les années précédentes.

\implies *Demande = 5 simulations \times 3 ans \times 750h \simeq 20 000h heures CPU, 3 To stockage*

4.2 Climats polaires

Étienne Vignon, Valentin Wiener (thèse), Jean-Baptiste Madeleine, Lea Raillard (thèse)

Nous comptons poursuivre le développement et l'évaluation des paramétrisations de nuages polaires et de neige soufflée dans le modèle ICOLMDZ. Un accent sera mis sur un cas d'étude de nuages de couche limite de phase mixte, caractérisé par un ensemble d'instruments in situ et de télédétection sur le Plateau Antarctique. Pour ce faire, des simulations avec la configuration à aire limitée de ICOLMDZ seront réalisées sur le continent Antarctique avec des domaines régionaux "Terre Adélie" et "Dôme C". Ces simulations seront réalisées sur Jean-Zay pour ne pas trop perturber le cours de la thèse de Valentin et Léa.

Nous demandons:

- 20 ans de simulations ICOLMDZ LAM Terre Adélie à 10 km de résolution:
20 \times 2 500 h \simeq 50 000 h CPU, 3To stockage

4.3 Isotopes de l'eau

Camille Risi, Sébastien Nguyen, David Cugnet, Cécile Agosta, Niels Dutrievoz (thèse)

Les isotopes stables de l'eau (HDO , $H_2^{18}O$, $H_2^{17}O$) peuvent être utilisés pour mieux comprendre les processus hydrologiques et atmosphériques et mieux évaluer leur représentation dans les modèles de climat. Ils sont implémentés dans le modèle LMDZ depuis 2008. Nous demandons des heures afin d'effectuer:

- Des tests de développement pour vérifier que tout marche bien sur Jean-Zay. Nous comptons poursuivre nos efforts en vue d'une pérennisation des isotopes de l'eau dans LMDZ. Jusqu'à présent, les isotopes étaient codés sous la forme de variables supplémentaires. Nous souhaitons maintenant que les isotopes soient codés sous la forme d'une dimension additionnées des variables hydrologiques déjà existantes.
10 000 h pour le débogage

- Une simulation avec O17 [Risi et al., 2013] dans le cadre d’une collaboration avec Ji-Woong au LSCE. L’O17 avait été implémenté en 2013 [Risi et al., 2013], mais il n’avait plus été testé depuis. Par soucis de sobriété, cette simulation sera lancée en basse résolution. On demande à faire cette simulation sur Jean-Zay car il s’agit de la même simulation qu’une autre déjà lancée sur Jean-Zay.
15 ans × 1000 h × 1.5 (facteur pour l’O17) + 5 000 h pour le débogage = 20 000h
- Dans le cadre de la thèse de Niels Dutrievoz, des tests de sensibilité à la sursaturation de l’air en Antarctique à partir de simulations déjà réalisées sur Jean-Zay:
3 simulations × 10 ans × 1500 h + 5 000 h pour le débogage = 50 000h

⇒ *Demande = 80 000h heures CPU sur Jean-Zay, 3 To stockage*

5 Lien avec autres projets

Ce projet est très lié aux projets en accès réguliers suivants:

- AD010115038 au TGCC qui est le complément sur Irène de ce projet.
- 01 239 (rces), qui utilise LMDZ pour des études de climats régionaux.
- genCMIP6, consacré à la mise au point et le réglage de la prochaine version de LMDZ. Le projet rlmd se différencie de ce projet en explorant des pistes de développement très en amont, alors que genCMIP6 est plus opérationnel.

References

- [Boucher et al., 2020] Boucher, O., Servonnat, J., Albright, A. L., Aumont, O., Balkanski, Y., Bastrikov, V., Bekki, S., Bonnet, R., Bony, S., Bopp, L., et al. (2020). Presentation and evaluation of the ipsl-cm6a-lr climate model. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 12(7):e2019MS002010.
- [Hourdin et al., 2019] Hourdin, F., Jam, A., Rio, C., Couvreur, F., Sandu, I., Lefebvre, M.-P., Brient, F., and Idelkadi, A. (2019). Unified parameterization of convective boundary layer transport and clouds with the thermal plume model. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 11(9):2910–2933.
- [Hourdin et al., 2020] Hourdin, F., Rio, C., Grandpeix, J.-Y., Madeleine, J.-B., Cheruy, F., Rochetin, N., Jam, A., Musat, I., Idelkadi, A., Fairhead, L., et al. (2020). Lmdz6a: The atmospheric component of the ipsl climate model with improved and better tuned physics. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 12(7):e2019MS001892.
- [Krinner et al., 2005] Krinner, G., Viovy, N., de Noblet-Ducoudre, N., Ogee, J., Polcher, J., Friedlingstein, P., Ciais, P., Sitch, S., and Prentice, I. C. (2005). A dynamic global vegetation model for studies of the coupled atmosphere-biosphere system. *Glob. Biogeochem. Cycles*, 19.
- [Mignot et al., 2021] Mignot, J., Hourdin, F., Deshayes, J., Boucher, O., Gastineau, G., Musat, I., Vancoppenolle, M., Servonnat, J., Caubel, A., Chéruy, F., et al. (2021). The tuning strategy of ipsl-cm6a-lr. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 13(5):e2020MS002340.
- [Risi et al., 2013] Risi, C., Landais, A., Winkler, R., and Vimeux, F. (2013). Can we determine what controls the spatio-temporal distribution of d-excess and 17 o-excess in precipitation using the lmdz general circulation model? *Climate of the Past*, 9(5):2173–2193.