

Description du projet

Camille Risi
Camille.Risi@lmd.ipsl.fr

January 23, 2024

1 Information générale

Titre du projet: Organisation méso-échelle de la convection: mécanismes et impact sur son environnement

Numéro de dossier: **AD010113368**

La période d'allocation de la précédente demande dynamique s'arrête le 2024-02-04. Je renouvelle donc ma demande d'accès dynamique pour l'année 2024.

Demande: **50 000 heures CPU sur Irène Rome, 1To de stockage**

2 Estimation des ressources

Nous réalisons des simulations idéalisées en équilibre radiatif-convectif sur océan avec le modèle résolvant les nuages SAM (section 4). Nous avons constaté que 50 jours de simulations suffisent pour atteindre cet équilibre et avoir suffisamment d'instantants à analyser. Pour une simulation typique sur un domaine de 128x128x96 points de grille, avec 128 processeurs, la simulation prend environ 5 000 heures CPU et 2 Go de stockage sur Irène Rome.

3 Justification scientifique

Cette demande s'intègre dans le cadre de mes travaux sur l'organisation à méso-échelle de la convection, c'est-à-dire la façon dont les orages s'organisent, ou pas, pour former des amas plus ou moins gros comme des cyclones tropicaux ou des lignes de grain. Plus précisément, ces travaux s'articulent autour de 2 questions:

1. Quels facteurs contrôlent l'organisation ou non de la convection en lignes de grain, et leur propagation?
2. Quelles sont les conséquences de cette organisation sur son environnement, en particulier l'humidité troposphérique?

Pour ces deux questions, mieux comprendre les processus en jeu est une question scientifique en soi. Mais il s'agit aussi de représenter les facteurs et les conséquences de l'organisation à méso-échelle de la convection dans le modèle de circulation générale LMDZ, dont les mailles sont trop grossières pour représenter explicitement cette organisation.

Concernant la première question, les observations montrent que le cisaillement du vent près de la surface joue un rôle clé [LeMone et al., 1998, Abramian et al., 2022]. Pour mieux comprendre l'impact du cisaillement de vent et des conditions de grande échelle sur l'organisation de la convection en lignes et leur propagation, j'ai lancé en 2022 puis 2023 une série de simulations dans lesquelles le cisaillement de vent et l'ascendance de grande échelle varient, avec des résultats très prometteurs obtenus par des stagiaires (voir rapport). Pour finaliser cette étude, un projet de thèse, qui serait co-encadrée avec Nicolas Rochetin, a été déposé à 3 guichets différents: (1) l'appel CSC-SU, (2) le concours pour les contrats doctoraux SU-ED129, (3) projet ANR que j'ai soumis à l'automne 2023. Si on réussit à trouver un-e doctorant-e, alors **la présente demande viendra alors en support pour le début de cette thèse en complétant la série de simulations existantes**. On espère que cette étude servira de base à l'élaboration d'une paramétrisation du rôle du cisaillement de vent sur les poches froides et la convection dans le modèle de circulation générale LMDZ [Grandpeix et al., 2010, Hourdin et al., 2020], qui est au cœur des projets de thèse déposés et du projet ANR soumis.

Concernant la deuxième question, l'impact de l'organisation de la convection sur l'humidité troposphérique fait l'objet d'un article en cours de révision qui s'appuie sur des simulations réalisées sur les allocations des années précédentes ([Risi et al., sub], voir rapport). Alban Lhotte, doctorant que j'encadre, a approfondi cette étude en vérifiant si les mécanismes mis en évidence dans les simulations idéalisées restaient valables dans des simulations

cloud-resolving globales [Stevens et al., 2019]. Il est en train d’écrire son 1er article, puis aimerait ensuite utiliser la compréhension qu’il a acquise des mécanismes pour implémenter dans LMDZ une représentation de l’impact de l’organisation de la convection sur l’humidité dans LMDZ. Pour cela, une piste est de faire en sorte que l’organisation de la convection impacte la façon dont le déentraînement convectif humidifie son environnement dans LMDZ. Ce travail d’implémentation nécessitera des itérations fréquentes entre étude de processus dans les simulations cloud-resolving idéalisées et modélisation dans LMDZ. **La présente demande viendra alors en support de ce travail de thèse en permettant la réalisation de simulations avec des diagnostics supplémentaires pour analyser le déentraînement convectif.**

Enfin, de manière transverse aux deux questions, le but de cette demande est aussi de continuer à avoir **accès aux nombreuses simulations déjà réalisées au cours des dernières allocations, et qui sont encore en cours de valorisation.**

4 Le modèle SAM

Site web: <http://rossby.msrb.sunysb.edu/~marat/SAM.html>

Le modèle SAM [Khairoutdinov and Randall, 2003] est un modèle permettant de faire des simulations résolvant les nuages (résolution horizontale de quelques kilomètres) ou les gros tourbillons (résolutions horizontale de quelques dizaines à centaines de mètres).

Il résout les équations de conservation anélastique de la quantité de mouvement et de l’humidité (vapeur d’eau, liquide de nuage, glace de nuage, liquide de précipitation, neige et agrégats). Nous utiliseront des domaines doublement périodiques avec des résolutions et tailles de domaine variables.

Avec 96 niveaux verticaux, la résolution verticale sera d’environ 50 m dans les basses couches, et augmentera jusqu’à 500 m dans la troposphère libre. Le sommet du domaine (tiers supérieur) comporte une couche d’éponge pour absorber les ondes de gravité, qui sinon rempliraient le domaine de façon irréaliste.

Le code peut être parallélisé en openMP ou MPI, mais sur Irène, nous utilisons MPI sur 64 ou 128 processeurs.

References

- [Abramian et al., 2022] Abramian, S., Muller, C., and Risi, C. (2022). Shear-convection interactions and orientation of tropical squall lines. *Geophys. Res. Lett.*, 49(1):e2021GL095184, DOI: doi.org/10.1029/2021GL095184.
- [Grandpeix et al., 2010] Grandpeix, J.-Y., Lafore, J.-P., and Cheruy, F. (2010). A density current parameterization coupled with Emanuel’s convection scheme Part II: 1D simulations. *J. Atm. Sci.*, 67:898–922.
- [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.
- [Khairoutdinov and Randall, 2003] Khairoutdinov, M. and Randall, D. A. (2003). Cloud resolving modeling of the ARM summer 1997 IOP: Model formulation, results, uncertainties, and sensitivities. *J. Atm. Sci.*, 60(4):607–625, DOI: <https://doi.org/10.1175/1520-0469>.
- [LeMone et al., 1998] LeMone, M. A., Zipser, E. J., and Trier, S. B. (1998). The role of environmental shear and thermodynamic conditions in determining the structure and evolution of mesoscale convective systems during toga coare. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 55(23):3493–3518.
- [Risi et al., sub] Risi, C., Langot, F., Nocet-Binois, E., and Muller, C. (sub). What mechanisms explain the tropospheric drying associated with convective organization? insights from cloud-resolving, last-saturation and analytical models. *J. Adv. Model. Earth Sci.*, submitted.
- [Stevens et al., 2019] Stevens, B., Satoh, M., Auger, L., Biercamp, J., Bretherton, C. S., Chen, X., Düben, P., Judt, F., Khairoutdinov, M., Klocke, D., et al. (2019). Dyaamond: The dynamics of the atmospheric general circulation modeled on non-hydrostatic domains. *Prog. Earth Planet. Sci.*, 6(1):61.