



Webinaires CLIMERI-France

23 Novembre 2021, 13h00-14h00 (CET)

Olivier MARTI (LSCE-IPSL)

Quantification des erreurs des schémas de couplage à l'interface océan-atmosphère dans les modèles du système Terre, en utilisant une méthode itérative de Schwarz mathématiquement cohérente

Les modèles du système Terre les plus récents, comme ceux utilisés dans le 6e projet de comparaison des modèles couplés (CMIP6), souffrent d'incohérences mathématiques à l'interface océan-atmosphère. En effet, les algorithmes de couplage généralement utilisés dans ces modèles ne permettent pas un phasage correct entre l'océan et l'atmosphère, et donc entre leurs cycles diurnes. Une possibilité pour supprimer ces incohérences temporelles est d'utiliser un algorithme de couplage basé sur la méthode itérative de Schwarz. Cela implique une augmentation considérable du coût de calcul par rapport aux méthodes de couplage standards, ce qui rend la mise en œuvre de l'algorithme peu pratique en l'état pour la production. Cependant, la méthode de Schwarz est mathématiquement cohérente, et peut donc être utilisée comme référence pour évaluer certaines des erreurs commises dans les modèles de couplage océan-atmosphère de pointe (par exemple, dans la représentation des processus liés au cycle diurne), comme l'illustre la présente étude.

L'algorithme de Schwarz est implémenté dans IPSL-CM6-SW-VLR, une version basse résolution du modèle couplé IPSL-CM6, avec un modèle de surface terrestre simplifié. L'implémentation permet de comparer les tendances des variables d'interface entre le schéma standard et le schéma de Schwarz, sur les trajectoires d'un seul modèle. Les comparaisons entre les solutions couplées obtenues avec ce nouveau schéma et le schéma de couplage standard IPSL (appelé algorithme parallèle) montrent de grandes différences après le lever et avant le coucher du soleil, lorsque le forçage externe (insolation au sommet de l'atmosphère) a le rythme de changement le plus

rapide. À ces moments de la journée, la différence entre les deux solutions numériques est souvent supérieure à 100 % de la solution, même avec une petite période de couplage, ce qui suggère que des erreurs importantes sont potentiellement commises avec les méthodes de couplage actuelles. Deux ensembles de simulations sur 2 ans de 50 membres chacun, l'un avec la méthode Schwarz et l'autre avec la méthode parallèle, montrent que le climat calculé avec les deux méthodes est significativement différent, avec de grandes différences sur certaines régions de l'océan mondial.

Outre l'algorithme parallèle utilisé dans IPSL-CM6, nous testons également un algorithme dit séquentiel atmosphère-première qui est utilisé dans certains modèles couplés océan-atmosphère. Nous montrons que l'algorithme séquentiel améliore fortement les résultats numériques par rapport à l'algorithme parallèle, au prix d'une perte de parallélisme.

Référence

Marti, O., Nguyen, S., Braconnot, P., Valcke, S., Lemarié, F., and Blayo, E.: A Schwarz iterative method to evaluate ocean-atmosphere coupling schemes. Implementation and diagnostics in IPSL-CM6-SW-VLR, *Geosci. Model Dev. Discuss.*, 2020, 1–19, <https://doi.org/10.5194/gmd-14-2959-2021>



CLIMERI-France Webinars

23 November 2021, 13h00-14h00 (CET)

Olivier MARTI (LSCE-IPSL)

Quantifying the errors of the coupling schemes at the ocean-atmosphere interface in Earth system models, using a mathematically consistent Schwarz iterative method

State-of-the-art Earth System models, like the ones used in the 6th Coupled Model Intercomparison Project (CMIP6), suffer from mathematical inconsistencies at the ocean-atmosphere interface. Indeed, the coupling algorithms generally implemented in those models do not allow for a correct phasing between the ocean and the atmosphere, and hence between their diurnal cycles. A possibility to remove these temporal inconsistencies is to use an coupling algorithm based on the Schwarz iterative method. This implies a huge increase of the computational cost compared to standard coupling methods, which makes the algorithm implementation impractical as is for production runs. However, the Schwarz method is mathematically consistent, and therefore can be use as a reference to evaluate some of the errors made in state-of-the-art ocean-atmosphere coupled models (e.g. in the representation of the processes related to diurnal cycle), as illustrated by the present study.

The Schwarz algorithm is implemented in IPSL-CM6-SW-VLR, a low resolution version of IPSL-CM6 coupled model, with a simplified land surface model. The implementation allows to compare the tendencies of interface variables between the standard scheme and the Schwarz scheme, on a single model trajectories. Comparisons between coupled solutions obtained with this new scheme and the standard IPSL coupling scheme (referred to as parallel algorithm) show large differences after sunrise and before sunset, when the external forcing (insolation at top of atmosphere) has the fastest pace of change. At these times of the day, the difference between the two numerical solutions is often larger than 100% of the solution, even

with a small coupling period, thus suggesting that significant errors are potentially made with current coupling methods. Two ensembles of 2 year simulations of 50 members each, one with the Schwarz method and one with the legacy parallel method, show that the climate computed with the two methods are significantly different, with large differences on some region of the world ocean.

Besides the parallel algorithm used in IPSL-CM6, we also test a so-called sequential atmosphere-first algorithm which is used in some coupled ocean-atmosphere models. We show that the sequential algorithm strongly improves the numerical results compared to the parallel one, at the expense of a loss of parallelism.

Reference

Marti, O., Nguyen, S., Braconnot, P., Valcke, S., Lemarié, F., and Blayo, E.: A Schwarz iterative method to evaluate ocean-atmosphere coupling schemes. Implementation and diagnostics in IPSL-CM6-SW-VLR, *Geosci. Model Dev. Discuss.*, 2020, 1–19, <https://doi.org/10.5194/gmd-14-2959-2021>