

## Fiche modèle – Modèle système Terre IPSL-CM et IPSL-ESM

16 mai 2008 – V3

### Description rapide du modèle

IPSL-ESM est le modèle "système Terre" de l'IPSL. La partie physique s'appelle IPSL-CM. Elle couple le modèle d'atmosphère LMDZ, le modèle d'océan OPA, le modèle de glace de mer LIM, et le modèle de surfaces continentales ORCHIDEE. Les interactions entre les composantes sont décrites dans la Fig. 1. Le modèle est conçu pour être évolutif et intégrer de nouvelles composantes : cycle du carbone, chimie atmosphérique, végétation dynamique, calottes de glace. C'est la 4<sup>ème</sup> génération du modèle climat de l'IPSL depuis 1994.

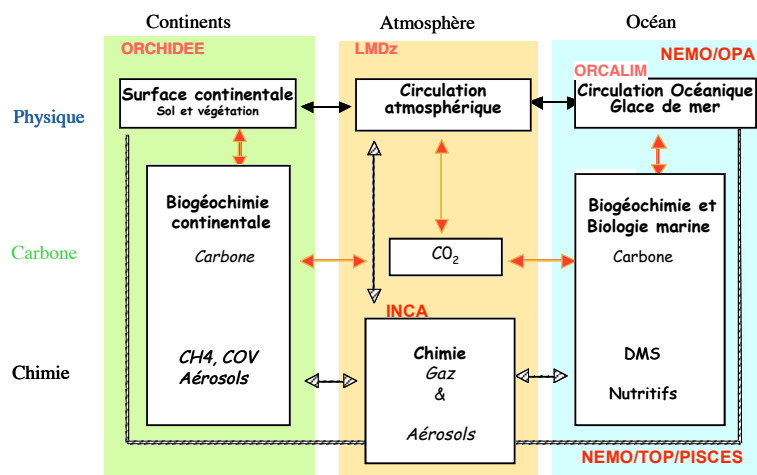


Fig. 1 - Le modèle système Terre de l'IPSL.

### Articles de référence

Marti O, Braconnot P, Bellier J, Benschila R, Bony S, Brockmann P, Cadule P, Caubel A, Denvil S, Dufresne J-L, Fairhead L, Filiberti M-A, Foujols M-A, Fichefet T, Friedlingstein P, Goosse H, Grandpeix J-Y, Hourdin F, Krinner G, Lévy C, Madec G, Musat I, de Noblet N, Polcher J and Talandier C (2005), The new IPSL climate system model: IPSL-CM4, Note du Pôle de Modélisation 26, 84 pp, Institut Pierre Simon Laplace, Paris.

Braconnot P, Hourdin F, Bony S, Dufresne J-L, Grandpeix J-Y and Marti O (2007). Impact of different convective cloud schemes on the simulation of the tropical seasonal cycle in a coupled ocean-atmosphere model. *Clim Dyn* 29:501-520.

Marti O, Braconnot P, Dufresne JL, Bellier J, Benschila R, Bony S, Brockmann P, Cadule P, Caubel A, Codron F, Noblet Nd, Denvil S, Fairhead L, Fichefet T, Foujols MA, Friedlingstein P, Goosse H, Grandpeix JY, Guilyardi E, Hourdin F, Krinner G, Lévy C, Madec G, Mignot J, Musat I, Swingedouw D and Talandier C (2008). Key features of the IPSL ocean atmosphere model and its sensitivity to atmospheric resolution. In prep.

Cadule P., Friedlingstein P., Bopp L., Piao S., Ciais P. Amplification of global warming due to non-CO2 greenhouse gases and aerosols impact on carbon sinks. *Nature*, submitted

### Description rapide des différentes configurations utilisées

Le modèle système terre de l'IPSL s'appuie sur un ensemble de configurations forcées et couplées de référence. Il nécessite un ensemble cohérent (scientifiquement et techniquement) de composantes utilisées seules (forcé) ou en couplé. Il repose sur la validation scientifique de ses composantes tant en forcé qu'en couplé. Bien évidemment chacune des composantes est utilisée dans des configurations très variées. Néanmoins, cette cohérence est un des points forts de l'IPSL qu'il faut pérenniser.

**IPSLCM4\_v1** - ORCA x LIM x LMDZ x ORCHIDEE :

- Figé en juillet 2004
- Utilisé pour IPCC AR4
- Base des versions LOOP, land use, aérosols

**IPSL-CM4-LOOP** : couplage entre le modèle physique IPSL-CM4\_v1 (96x71x19) et les modèles de cycle du carbone, ORCHIDEE (modules Stomate et LPJ) pour la biosphère terrestre et PISCES pour la biogéochimie marine (dans ORCA).

**IPSLCM4\_v2** :

- 1ère annonce en septembre 2007
- Version équivalente à IPSL-CM4\_v1, amélioration des bilans d'eau, plusieurs résolutions dont MGv : version basse résolution pour les longues échelles de temps.
- Parallélisation (MPI) de LMDZ et ORCHIDEE
- Nouveaux scripts (libIGCM), OASIS3, modipls et IOIPSL revus

**IPSL\_ESM\_V1** : IPSL-CM4\_v2 couplé avec le modèle INCA dans sa configuration aérosols avec chimie fixée (INCA\_AER).

**Configurations prévues :**

**IPSLCM5** : équivalent de IPSL-CM4\_v2, avec NEMO (passage à ORCA05 possible), OpenMP dans LMDZ et ORCHIDEE.

**IPSL-ESM-GES** : couplage entre le modèle physique IPSL-CM5 qui intègre le transport interactif du CO2 atmosphérique (INCA) et les modèles de cycles biogéochimiques, ORCHIDEE (modules Stomate et LPJ) pour la biosphère terrestre et PISCES pour la biogéochimie marine (dans NEMO). Existe actuellement en phase avec IPSL-CM4\_v1 (OPA 8).

**IPSLCM6** : IPSL-CM5 avec la nouvelle physique LMDZ. Remarque, seules différeront les fichiers .def de LMDZ par rapport à IPSL-CM5.

**Passage à OASIS 4** : nécessaire pour les machines massivement parallèles lorsqu'on augmentera la fréquence de couplage et les tailles des champs échangés.

**Phasage LOOP et IPSL-CM4\_v2** nécessaire pour la parallélisation et augmenter la résolution actuelle de LOOP.

## Différents domaines d'application (personnes concernées, pour quoi faire, configuration(s) modèle concernée, les projets associés)

### Thèmes scientifiques

Climat des XX<sup>ème</sup>/XXI<sup>ème</sup> siècle (S. Bony, P. Braconnot, F. d'Andrea, JL Dufresne, P Friedlingstein, S Denvil, E Guilyardi, G Krinner) : IPSLCM4.

Interactions climat-cycle du carbone (L Bopp, P Cadule, P Friedlingstein, M Lengaigne, Lenton, B Schneider) : IPSL-CM4-LOOP, IPSL-ESM-GES.

Interactions climat-utilisation des sols (E Davin, N de Noblet) : IPSLCM4 (+lecture de cartes de land-use)

Interactions climat-chimie atmosphérique (Y Balkanski, C Déandreis) : IPSLCM4\_INCA.

Etude des climats passés (P Braconnot, M Kageyama, O Marti, JC Dutay, L Bopp) : IPSLCM4.

Variabilité court terme (JP Boulanger, P Duvel, A Lazar, R Roca, P Terray, J Vialard, P Yiou).

Variabilité long terme et stabilité de la circulation océanique, impacts climatiques, teleconnexions (J Mignot, C Frankignoul, C Marini (stage M2 2008 puis thèse), R Msadek (Thèse 2006-2008) D Swingedouw)

### Projet nationaux, européens et internationaux

MC2, ENSEMBLES (<http://www.ensembles-eu.org/>), IPCC AR5 : haute résolution. Simulation de ~250 ans, plus contrôle(s) très long(s).

C4MIP : Projet d'Intercomparaison des modèles couplés climat carbone (focus sur la biosphère terrestre) ; Réalisation de simulations longues (~250 ans)

CARBOOCEAN : Projet d'Intercomparaison des modèles couplés climat carbone (focus sur les processus océaniques) ; Réalisation de simulations longues (~250 ans)

DECLIC

GOBAC

PMIP II, PICC : moyenne résolution. Simulations très longues.

isENES : projet technique de développement logiciel. En cours d'évaluation.

AMMA ?

CICLE (<http://dods.ipsl.jussieu.fr/omance/CICLE/>) : projet technique pour la parallélisation. Fin en juin 2009.

THOR (à partir de fin 2008):

- Stabilité de la circulation thermohaline en scénario de changement climatique
- analyse de simulations millénaires: variabilité de l'Atlantique Nord, de la circulation thermohaline globale, de l'ACC ; rétroactions océan – atmosphère
- comparaisons avec les observations et d'autres modèles couplés

2 projets (FP6) "CLAVIER" et "CIRCE" L Li qui utilisent les sorties du modèle IPSL-CM4. Pour étudier les impacts régionaux du changement climatique en Europe de l'Est et en Méditerranée.

## Parallélisation

La parallélisation dépend d'abord de celle de chaque composante. Il faut ensuite les utiliser en couplé, la parallélisation de une ou plusieurs composantes étant activée. A noter LMDZ et ORCHIDEE comme NEMO/OPA et NEMO/LIM doivent être en phase pour ce qui concerne leur parallélisation.

La version de production actuelle IPSLCM4\_v2 couple LMD parallèle (MPI) – ORCHIDEE parallèle (MPI) – OPA séquentiel – LIM séquentiel – OASIS 3 séquentiel.

- Configuration disponible par MODIPSL.
- Adaptée à  $O(10)$  processeurs vectoriels.
- Portée sur les SX8 Mercure (CCRT) et Brodie (IDRIS), sur le Earth Simulator et sur le Bull/Itanium Platine (CCRT).

En cours de finalisation IPSLCM5 : LMD parallèle (MPI) – ORCHIDEE parallèle (MPI) – NEMO parallèle (MPI) – LIM parallèle (MPI).

- Configuration validée et en cours d'installation dans MODIPSL.
- Travail sur l'intégration nouvelle version NEMO en cours.
- Portée sur la SX8 Mercure (CCRT) et sur le Bull/Itanium Platine (CCRT). A faire sur Brodie (IDRIS).
- A prévoir dans IPSLCM5 :
  - LMD parallèle (MPI-OpenMP) – ORCHIDEE parallèle (MPI-OpenMP)
  - OASIS 3 pseudo parallèle.

A venir ensuite : intégration OASIS 4 parallèle. Tests en cours sur Platine. Sera la version la plus portable, utilisable sur (presque) tous les calculateurs hors BlueGene.

## Evolutions du modèle

Passage à la nouvelle physique LMDZ.

Haute résolution (horizontale et verticale) de la composante LMDZ-ORCHIDEE.

Passage de ORCA-LIM 2 à ORCA-LIM 05.

Glace de mer : LIM2 ou LIM3 ?

Couplage avec les calottes.

Evolution des interfaces : passage du courant (O->A), passage du vent à 10m (A->O, pour TKE et les flux de carbone), évolution des sous-surfaces.

## Support

Depuis le montage du dossier de labellisation (octobre 2006), nous avons mis en place le groupe ESCI (Equipe Système Climat IPSL) pour partager et coordonner les développements autour du modèle couplé.

Ce groupe est composé des ingénieurs du pôle de modélisation du climat (IPSL et laboratoires). Il se réunit toutes les 3 semaines. Les comptes-rendus de ces réunions sont disponibles là : [http://wiki.ipsl.jussieu.fr/wiki\\_ipsl/Pole/ESCI](http://wiki.ipsl.jussieu.fr/wiki_ipsl/Pole/ESCI)

## Moyens humains supplémentaires

Ces dernières années ont permis d'étoffer le support ingénieurs de l'IPSL et des laboratoires. Il reste un important travail de validation physique des différentes générations du modèle couplé. Cette tâche a été identifiée depuis plusieurs années et reste vacante.