

# NEMO

## Objectifs et Contexte

La modélisation numérique de l'océan bleu (dynamique) blanc (glace de mer) et vert (biogéochimie marine) est aujourd'hui une nécessité pour la recherche fondamentale, l'océanographie opérationnelle et les prévisions saisonnières et les scénarios climatiques (GIEC).

Dans ce contexte, NEMO (Nucleus for European Modelling of the Ocean anciennement OPA) est une plateforme de modélisation qui est partagée par toutes ces communautés dont le besoin commun est l'amélioration du modèle en fonction des progrès scientifiques. NEMO est aujourd'hui utilisé par 350 utilisateurs dans 27 pays et 240 projets.

Labellisé « outil national » par l'INSU en 2003, NEMO est organisé depuis janvier 2008 par un accord de consortium européen signé entre le CNRS (France), le GIP Mercator-Océan (France), le MET Office (Royaume-Uni), le Natural Environment Research Council du National Oceanography Centre of Southampton (NERC NOCS). Cet accord identifie les experts en charge du développement durable du système, chaque partenaire s'engageant sur un minimum d'un homme-an pour cela.

## Moyens mis en oeuvre

La qualité du système NEMO est aujourd'hui reconnue dans la diversité des applications de la modélisation numérique de l'océan. L'enjeu important pour ce type d'outil – compte tenu de sa taille, des investissements nécessaires, et de la nécessité d'évolutions scientifiques et techniques – est de permettre au système d'évoluer en restant suffisamment fiable.

Pour cela, l'Equipe Système NEMO (composée d'experts scientifiques et techniques des institutions formant le Consortium) pilote et met en œuvre les évolutions du système.

Le développement pérenne de NEMO exige donc des experts scientifiques et techniques, des moyens de calcul appropriés (calcul haute performances) et les réseaux informatiques haut débit, ainsi qu'une organisation des échanges pour faciliter les développements et éviter les duplications d'efforts.

L'accord de Consortium (voir <http://www.locean-ipsl.upmc.fr/NEMO/>) explicite les ressources et l'organisation (Equipe système NEMO, Comité de Développeurs, Comité de pilotage...).

## Résultats marquants

Au cours de ces dernières années, le développement de NEMO s'est poursuivi sur ses 3 composantes : NEMO-OPA (bleu : dynamique), NEMO-LIM (blanc : glace de mer) et NEMO-TOP (vert : biogéochimie marine). Des progrès importants ont été réalisés sur le couplage dynamique-biogéochimie. Les scénarios climatiques (réalisés pour le GIEC où NEMO est utilisé aujourd'hui dans toutes les simulations françaises, celle de l'IPSL et celle de Météo-France) ont été largement exploités pour l'océan. Le développement d'une interface de couplage va désormais faciliter la mise en œuvre et l'évolution des simulations couplées (pour les prochaines simulations du GIEC, NEMO devrait être utilisé aussi en Grande-Bretagne et en Italie). Un travail important scientifiquement et techniquement a été effectué sur l'Earth Simulator (Japon) dont les moyens techniques permettent la mise en œuvre de simulations à haute résolution, impossibles à réaliser en France aujourd'hui.

## Prospective

Les évolutions de NEMO telles qu'elles se dessinent à ce jour concernent l'amélioration des composantes (OPA, LIM et TOP), la contribution à l'amélioration des « modèles système-Terre », le développement de nouvelles configurations (en particulier augmentation de la résolution spatiale, le développement et la mise en œuvre des outils d'assimilation (4DVAR), un effort soutenu vers la régionalisation avec notamment le développement et la mise en œuvre des modèles emboîtés (dont frontières ouvertes, la marée, évolution de la coordonnée verticale).

Contribution à l'amélioration des ESM via:

- \* amélioration de la composante océanique bleue (dynamique de l'océan) : schémas numériques (en discussion et collaboration avec LMDZ si possible), coordonnées verticales, advection; couche de mélange, utilisation 4DVAR
- \* amélioration de la composante océanique blanche (glace de mer) : passage à LIM3 dans le cadre de NEMO
- \* amélioration de la composante océanique verte (biogéochimie marine): revisiter les fondamentaux (advection, diffusion et schémas temporels), biologie simplifiée (LOBSTER), assimilation, évolution PISCES (avec le LPO)
- \* réduction des incertitudes en revisitant les fondamentaux numériques et physiques des composantes
- \* intégration des développements ORCA2-LIM-PISCES dans le couplé, évaluation des impacts, y compris dans le cadre de CLIVAR
- \* nouvelles configurations océaniques pour le couplé ( dans NEMO, augmentation de la résolution)

Mise en place de nouveaux outils de développement pour la réduction des incertitudes: configurations régionales et couplé guidé

Validation physique de la configuration ORCA2\_LIM dans NEMO. Runs de validation forcés et mise à disposition des résultats

Questions à aborder éventuellement à Branville :

- évolutions en cours de la dynamique (océan et l'atmosphère). Doit-on, peut-on aller vers une convergence ?
- travail sur les plus hautes résolutions: qui quand comment?

## ANNEXE Publications

Les publications à partir de résultats de NEMO sont assez nombreuses. Elles sont listées en fonction de la bonne volonté des auteurs: [http://www.locean-ipsl.upmc.fr/NEMO/general/biblio\\_new/en/one/bibnemomaf01.html](http://www.locean-ipsl.upmc.fr/NEMO/general/biblio_new/en/one/bibnemomaf01.html) . Leur nombre (probablement un peu sous évalué puisque dépendant de la démarche d'enregistrement des auteurs) est fluctuant d'une année sur l'autre : 44 en 2004, 52 en 2005, 81 en 2006 et 60 en 2007.

### Rapports internationaux

Rapport du GIEC 2007 : « Climate Change 2007 The Physical Science Basis . Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change » © Intergovernmental Panel on Climate Change 2007

2007 Yamagata T., S. Behera, J.-J. Luo, T. Kagimoto, C. de Boyer Montegut, H. Sakuma, T. Izumo, Y. Masumoto, H. Nakamura, S. Rao, K. Ashok, A. Navarra, S. Gualdi, S. Masina, A. Bellucci, A. Cherchi, P. Delecluse, G. Madec, S. Masson, C. Levy, M.-A. Foujols, A. Caubel, G. Brasseur, E. Roeckner, M. Giorgetta, L. Kornblueh. M. Esch : Study on the Mechanism of Climate and Ocean Variability and Their Predictability. Annual report of the Earth Simulator center, April 2006 – March 2007.

2007 G. Madec, M. Levy, K. Takahashi, C. Talandier, R. Benshila, M.-A. Foujols, A. Caubel, E. Maisonnave, C. Deltel. Activities between CNRS and ESC under MOU. April 2006 – March 2007.

2006 Yamagata T., J.-J. Luo, S. Masson, S. Behera, T. Kagimoto, T. Noguchi, C. de Boyer Montegut, H. Sakuma, Y. Masumoto, H. Nakamura, S. Rao, K. Ashok, A. Navarra, S. Gualdi, S. Masina, A. Bellucci, A. Cherchi, P. Delecluse, G. Madec, C. Levy, M.-A. Foujols, A. Caubel, G. Brasseur, E. Roeckner, M. Giorgetta, L. Kornblueh. M. Esch : Study on the Mechanism of Climate and Ocean Variability and Their Predictability. Annual report of the Earth Simulator center, April 2005 – March 2006.

2006 G. Madec, M. Levy, K. Takahashi, F. Pinsard, C. Talandier, R. Benshila, M.-A. Foujols. Activities between CNRS and ESC under MOU. April 2005 – March 2006.

2005 Yamagata T., S. Masson, J.-J. Luo, S. Behera, H. Aiki, S. Shingu, T. Kagimoto, H. Sakuma, Y. Masumoto, H. Nakamura, S. Rao, K. Ashok, A. Navarra, S. Gualdi, S. Masina, A. Bellucci, A. Cherchi, P. Delecluse, G. Madec, C. Levy, M.-A. Foujols, A. Caubel, G. Brasseur, E. Roeckner, M. Giorgetta, L. Kornblueh. M. Esch : Process studies and seasonal prediction experiment using coupled general circulation model. Annual report of the Earth Simulator center, April 2004 – March 2005.

2005 G. Madec, M. Levy and K. Takahashi, Activities between CNRS and ESC under MOU. April 2004 – March 2005.

2004 Yamagata T., S. Masson, J.-J. Luo, S. Behera, H. Aiki, S. Shingu, Y. Masumoto, H. Nakamura, S. Rao, K. Ashok, H. Sakuma, A. Navarra, S. Gualdi, S. Masina, A. Cherchi, P. Delecluse, G. Madec, C. Levy, M.-A. Foujols, A. Caubel, G. Brasseur, E. Roeckner, M. Giorgetta, L. Kornblueh. M. Esch : Process studies and seasonal prediction experiment using coupled general circulation model. Annual report of the Earth Simulator center, April 2003 – March 2004.

### Budget consolidé annuel et liste des tutelles

Budget fonctionnement	Organismes financeurs	Budget personnel	Organismes financeurs	Année
12 Keuros	INSU	525, 3 keuros	CNRS Mercator Océan Met-Office (GB) NERC-NOCS (GB)	2007

### Indices/quantification:

Les indicateurs ci dessous sont une « estimation raisonnable » : ils correspondent aux utilisateurs et projets qui ont fait la démarche de s'enregistrer dans la base des projets ( cf. <http://www.locean-ipsl.upmc.fr/NEMO/general/users/list.php> ). Toutefois, il s'agit très probablement d'une sous-estimation.

D'après la base de données utilisateurs (cf. <http://www.locean-ipsl.upmc.fr/NEMO/general/users/list.php> )

- 240 projets, dans 27 pays

- 14 en Europe (Fr, It, Swiss, UK, Sp, Fin, All, Bel, Port, Den, Bul, Holl, Swe, Ire)

- 13 hors Europe (Canada, US, Mexique, Brazil, Tunisia, Maroc, Israel, India, China, Taiwan, Korea, Japan, Australia)

- 350 utilisateurs

- 600 articles scientifiques depuis 1988 (237 de 2004 à 2007)

La qualité du modèle est un point crucial. À côté du code lui-même, des configurations de référence, représentatives des utilisations du système sont mises à la disposition des utilisateurs. Tous les développements intégrés dans la version commune de référence sont validés sur ces configurations.