

Océan / Atmosphère

IPSL, Jean-Louis Dufresne et UPMC, Laurence Eymard.

Propos recueillis par Emilie Neveu.

Quels sont les modèles développés et utilisés ?

Atmosphère :

- Paris / IPSL : modèle LMDZ, maillage point de grille, différences et volumes finis, modélisation intégrée du climat, paléoclimatologie
- Toulouse/ CNRM : modèle Arpège, méthode spectrale, utilisation pour la prévision et le climat, fort lien avec le centre Européen (ECMWF). Modèle régional non-hydrostatique (Arome) et d'étude des processus (Meso-NH)
- Fortes collaborations entre les équipes mais contraintes différentes pour chacune.
- Possibilité de raffinement de maillage pour les deux modèles

Océan :

- Paris- Brest- Grenoble.
- Outils différents mais modèle communautaire NEMO développé en commun depuis 1995
- Océanographie Opérationnel : Mercator-Océan (Toulouse)
- Toulouse/Ifremer: océanographie régionale, quelques modèles autres que NEMO (ROMS): MARS (Ifremer), HICOM (SHOM), modèle en éléments finis du LEGOS (F. Lyard).

Modèle couplé Atmosphère-Océan :

- deux modèles couplés: IPSL et CNRM-Cerfacs
- un « coupleur » OASIS (Cerfacs) pour couplage de codes et interpolations
- forte collaboration autour du développement des modèles, de la réalisation des simulations, de la mise à disposition et de l'analyse des résultats

Liens avec l'international

- Collaboration européenne et internationale forte
- importance des ensembles d'expériences numériques coordonnées au niveau international
- une cinquantaine de modèles climatiques au niveau international mais moins d'une quinzaine de groupes développent eux-même les différentes composantes.

Quel type de phénomènes est crucial à étudier et pourtant difficile à modéliser ?

Atmosphère :

- phénomènes essentiels; circulation (équation du mouvement), transport, changement de phase, rayonnement, turbulence petite échelle...
- couplages très forts entre la circulation et les autres phénomènes physiques
- importance de la modélisation des échelles non explicitement résolues, qui nécessite de développer des modèles spécifiques
- importance des interactions d'échelle, problème de la coupure des échelles résolues
- Transport thermodynamique couplé avec la chimie/aérosols (une centaine de traceurs)
- Prise en compte des hétérogénéités et des processus sous-maille
- Couplage avec les continents pour la modélisation des aspects hydrologiques et de certains événements extrêmes (orages cévenols, canicules...)

Océan :

- Modélisation de la biochimie marine: de nombreuses espèces de plancton. Le lien avec la physique est fort, et complexe, les espèces n'étant pas des traceurs passifs. Les modèles actuels réduisent les composantes de la biologie pour intégration dans la physique en raison du coût de calcul. Ce type d'étude se développe depuis 3/4 ans, les satellites ont permis de valider les structures de surface mais ne suffisent pas.
- L'effet de couche est important dans les phénomènes de transport: la stratification avec stabilité très forte peut bloquer les transport verticaux mais ces couches très fines sont difficiles à détecter. Ce phénomène a de l'importance dans la formation des cyclones et leur alimentation en énergie, notamment dans le Pacifique ouest, et dans certains cas associés à la mousson indienne.
- Couplage océan/continent - flux d'eau douce
- Modélisation sous maille des zone marginales de glace de mer. Comment faire intervenir les formations aléatoires des chenaux, les effets des flux sur une maille de 10km ?

Commun :

- parfaite conservation de grandeurs essentielles (énergie, masse...)
- Bonne représentation des bords des filaments importante pour certains traceurs
- Traitement et analyse des observations: représentation, interprétation, incertitudes.

Enjeux où les maths auraient un rôle important à jouer ?

- Résolution numérique efficace d'un système maillé, fortement couplé, construit par assemblage de modèles séparés, avec des formulations éventuellement différentes.
- Couplages divers : océan/continent, océan/atmosphère, continent/atmosphère, glace/océan, biologie/physique (océan) : comment interpoler l'information entre différents processus aux échelles de temps différentes ? Comment conserver les flux ?
- Gestion des différences d'échelles selon les processus physiques, et bio-géo-chimiques :
 - ▶ vertical/horizontal
 - ▶ détection des filaments (méthode de gradient, d'advection de contours), des couches limites
 - ▶ temps caractéristiques différents en chimie/ physique : comment conserver les grandeurs?
- Comparaison statistique rigoureuse entre résultats de simulations, entre modèle et observations, en tenant compte des propriétés chaotique du système climatique
- Nouvelles grilles de calculs (atmosphère : icosaèdres, maillage non-structuré)
- Raffinement de maillage, couplage modèle locaux/globaux
- Validation des schémas numériques, sensibilité aux erreurs numériques.
- Validation/comparaison des modèles avec les observations (satellites ou in situ), utiliser les données de façon optimale
- Statistiques : prise en compte de l'hétérogénéité verticale- paramétrisation sous maille : nombreux phénomènes qui n'ont pas de distribution normale, dont les propriétés sont très différentes, complexes à modéliser statistiquement et difficiles à valider, ex: aérosols, convection et échange d'énergie, glace de mer.
- Incertitudes, Statistiques des valeurs extrêmes

Quels sont les verrous numériques, les verrous de modélisation et les verrous de propriétés mathématiques à faire sauter ?

- Modéliser les phénomènes à trop forts gradients, les sauts brutaux, les changements d'état brutaux, les problèmes de seuil.
- Couplages de phénomènes, de composantes, de schémas numériques
- Modélisation des phénomènes hétérogènes, sous-maille

- Résolution efficace de systèmes couplés de très grande dimension

Problématiques spécifiques Terre fluide/ Terre vivante ?

Biochimie marine :

- Couplage nouveau avec la dynamique de population
- Problèmes de moyens de calculs, grand nombre d'espèces de plancton
- Modélisation haute résolution nécessaire
- Observations satellites à exploiter

Quelle est la situation sur le HPC ? Lien ? Besoin ?

- Les équipes de Météo France ont leur propres machines, leurs propres ressources.
- L'IPSL utilise les moyens nationaux avec les autres communautés. Besoins de faire reconnaître la nécessité d'interactions fortes avec les centres de calcul et la prise en compte de ce certains besoins spécifiques
- À l'IPSL, développement de nouveaux cœurs dynamiques, schémas de transport et maillages.
- L'évolution des codes vers le massivement parallèle, complexe à développer et à déboguer, pose de nombreuses questions et problèmes pratiques, qui peuvent nécessiter une « remise à niveau » générale de la communauté. Un algorithme doit pouvoir être utilisé dans toutes les configurations, et de nombreuses validations sont nécessaires

Liens entre mathématiques et physique?

- L'application des méthodes mathématiques sans réel enjeu en mathématiques est difficile (problème d'intérêt des mathématiciens, problème de recrutement, problème de reconnaissance), pourtant l'échange d'outils et de concepts mûrs est essentiel.
- Beaucoup de développement de méthodes mathématiques à faire, questions de mises en oeuvre importantes et difficiles. Recrutement d'un poste à Grenoble (océan/adjoint), mais besoins importants et peu de postes. Liens importants à travers le LJK/ MOISE, mais les thèmes couverts par cette équipe sont encore trop restreints.

Liens entre mathématiques et physique à l'international ?

- Climat: développement d'algorithmes de transport, schémas numériques, assimilation de données (le plus gros effort), analyse statistique
- Les interactions entre les disciplines différent d'un pays à l'autre. Ex: en Angleterre, fort lien avec les mathématiques, développé et reconnu.

L'océan et le climat : une discipline multi-disciplinaire :

Sur l'échange entre les communautés, dans le but d'alimenter de nouvelles questions dans chaque communauté, que ce soit en physique, chimie, biologie, mathématiques, informatique, sciences humaines :

Problèmes :

- Les questions sont rarement posées suffisamment clairement dans une discipline donnée, et une bonne formulation des questions nécessite du travail et du temps
- Problème de langage/ vocabulaire entre les disciplines et de partage d'objectifs

Comment organiser une zone de dialogue entre les maths (appliquées, fondamentales, statistiques) et les applications?

- Les sciences du climat sont par nature très multi-disciplinaires
- Il existe deux besoins très différents (1) application de méthodes ou concepts murs d'une disciplines à d'autres et (2) questions de recherche qui sont pertinentes dans les différentes disciplines et peuvent être abordée en commun
- Ne pas négliger l'effort, ne pas nier la difficulté. Il faut du travail et du temps pour qu'une questions soit bien posée, qu'un sujet devienne pertinent et soit accepté
- Au travers de projets ANR communs (exemples avec les sciences humaines):
 - ▶ Un dialogue commence à s'établir avec les sciences humaines et les appels à Projet ANR type «Sociétés et Changements Environnementaux». Par ex : projet ClimaConf (2010) « Les questions de la confiance dans le réchauffement global: modélisation du climat, expertise et lien au politique » : comment est construit la confiance, tant du point de vue du scientifique que du citoyen ? : projet mûri pendant des années.
 - ▶ Importance du débat sur le problème à poser, à construire en commun : isoler les problèmes pour mieux les comprendre, idéaliser. Le modèle doit être simple mais pertinent, et doit intéresser les deux communautés.
 - ▶ Il faut qu'il y ait la place pour qu'une communauté, équipe intéressée, puisse continuer à travailler par elle-même sur une question d'intérêt commun.