

Propositions de travail de fin d'études

Mécanique des fluides géophysiques, modélisation du système marin, analyses de données



J.M. Beckers, M. Rixen, A. Barth, A. Alveira-Azcarate, L. Vandenbulcke, Z. Bouallegue Ben



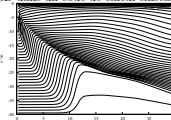
Modélisation de zones côtières Corses

Il s'agira d'implémenter un modèle hydrodynamique 3D de la région corse en utilisant la possibilité de modèles gigognes pour arriver à une résolution de 100 m dans la baie de Calvi. On partira d'un modèle gigogne existant qui descend à une résolution de 1km en Mer Ligure et analysera la circulation dans la baie à l'aide de traceurs "numériques" relâchés dans le modèle hydrodynamique



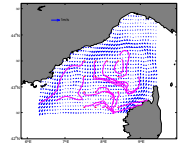
Génération de coordonnées verticales adaptatives

Les modèles 3D actuels ont tous une représentation de la structure verticale des océans dans un système de coordonnées propre au modèle. Ainsi, certains modèles utilisent les coordonnées cartésiennes, d'autres un changement de coordonnées qui subdivise la verticale en un nombre constant de couches, d'autres un changement de coordonnées suivant les couches de densité constante. Chaque choix a des avantages pour certaines applications et des désavantages pour d'autres. Mathématiquement, il n'est cependant pas difficile de formuler un système de coordonnées verticale généralisée qui permette de passer d'un système de coordonnées à l'autre, ceci en cours de calcul et de façon adaptative. Cependant la formulation de ce système de coordonnées ne fournit pas la stratégie d'adaptation de la coordonnée, mais seulement la façon dont un changement se répercute sur les opérateurs d'advection etc. Le but du travail est donc de développer des stratégies d'adaptation de la coordonnée verticale en fonction de données physiques produites par le modèle lui-même, typiquement la structure verticale de la densité, la présence de gradients importants, le passage d'ondes etc. Le travail s'effectuera dans un premier temps dans le cadre d'une version 2D (coupe verticale) et ensuite 3D dans un code de calcul existant (GETM) en FORTRAN90



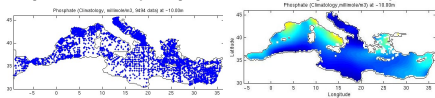
Implémentation d'un modèle semi-lagrangien tridimensionnel dans un modèle océanique de circulation générale

Les traceurs sont des substances emportées par le courant océanique sans que leur concentration modifie la vitesse du fluide. Des concentrations des variables biologiques et des polluants constituent des exemples de traceurs. Pour simuler la propagation et la dispersion des traceurs (étant donné le champ de vitesse du fluide, l'approche lagrangienne possède certains avantages comparée à l'approche eulérienne). Les problèmes associés à la discrétisation numérique du terme d'advection dans les équations eulériennes se présentent de façon moins contraignante dans une approche lagrangienne. L'approche lagrangienne classique calcule simplement les trajectoires de particules élémentaires, ce qui après un certain temps mène à des distributions de particules non-uniformes. L'approche semi-lagrangienne remédie à ce problème en calculant les trajectoires "vers l'arrière" pour déterminer d'où viennent les points d'une grille régulière. Ceci donnera toujours lieu à une couverture correcte du domaine et pourra être mis au profit dans l'advection simultanée de plusieurs traceurs. Les champs de vitesse tridimensionnelle seront obtenus à partir d'un modèle de circulation océanique. Afin de tenir compte de l'évolution temporelle des champs de vitesse le modèle de traceur lagrangien sera incorporé dans le code du modèle océanique.



Analyse multivariée de données biogéochimiques

Tout modèle aux équations primitives, surtout en 3D, demande un ensemble de données pour le calibrer, valider, initialiser et le contraindre. Pour les modèles hydrodynamiques, il s'agit d'abord des champs de température et de salinité (et dans une moindre mesure des courants). Ainsi, un grand nombre d'analyses de données hydrographiques ont produit des atlas à partir d'un grand nombre de profils (10⁶ typiquement). Cette analyse de données a permis de créer des champs 3D utiles pour les modèles, et le projet MOB avait ainsi fourni l'essentiel pour le fonctionnement des modèles de circulation 3D en Méditerranée. Aujourd'hui, ces modèles sont bien au point et on y ajoute des composants biologiques. Dans ce cas, le nombre de données est plus réduit et aucune analyse combinant les données historiques existe. Le travail de fin d'études devrait analyser les profils (recupérés par IFREMER dans le cadre du projet MEDAR) de chlorophylle, oxygène, nitrates, ammoniacque... afin de reconstituer des champs 3D en Méditerranée et Mer Noire. A cette fin, le même outil d'analyse que précédemment serait utilisé dans un premier temps (analyse par modèle inverse spline DIVA). Cependant, cet outil d'analyse s'applique à une seule variable à la fois. En réalité, certaines variables sont fortement corrélées, et une information forte sur une variable donne une information partielle sur l'autre. Etant donné le nombre relativement réduit de données biogéochimiques, la prise en compte de ces corrélations pourrait améliorer de façon significative les analyses. Ceci est l'objectif des analyses multivariées (prenant en compte plusieurs variables et leurs corrélations). Cette technique d'analyse devrait alors être adaptée à l'outil d'analyse en place et les résultats comparés à l'analyse classique.



Optimisation de paramètres pour une validation croisée généralisée du modèle d'analyse inverse

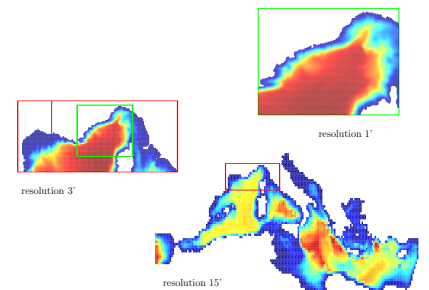
L'outil d'analyse de données repose sur un choix adéquat de certains paramètres statistiques. Ainsi interviennent une longueur de corrélation et un rapport signal/bruit dans l'analyse. Le choix de ces paramètres passe par une validation croisée: en écartant quelques données, on choisira les paramètres qui permettent de reconstituer au mieux les données écartées. Il s'agit donc d'une minimisation (ou un essai de réduire au maximum l'écart entre la reconstruction et les données écartées), mais où la fonction que l'on évalue lors de la minimisation est en fait le résultat d'application d'un modèle. L'optimisation des paramètres passe actuellement par une recherche d'un minimum via un balayage d'un range de valeurs, approche qui est robuste mais lente. Le travail consisterait à implémenter une recherche de l'optimum en exploitant la possibilité de calculer de façon approchée la fonction à minimiser au voisinage d'une première analyse, sans surcoût notable. La procédure d'optimisation sera incorporée dans l'outil d'analyse afin de proposer à l'utilisateur des meilleurs paramètres.

Analyses statistiques de l'évolution temporelle des masses d'eau en Méditerranée

Les variations dans les forçages atmosphériques (ce compris le changement climatique) induisent des variations dans la formation des masses d'eau en Méditerranée. Ces variations peuvent être détectées si une base de données suffisamment grande est disponible. Ici, la base de données MEDAR permet d'étudier les variations interannuelles du contenu de chaleur et de sels en différents bassins. On peut alors étudier les corrélations entre l'évolution dans différents sous-bassins et déterminer le décalage dans le temps de la réponse des différents masses d'eau aux sollicitations extérieures. Ainsi on pourra quantifier le temps après lequel des changements du NAO en Mer Egée seront détectés dans les masses d'eau intermédiaires en Méditerranée occidentale. Les études permettraient également d'identifier les endroits clés où les changements climatiques seraient le plus facilement observables. De plus, une corrélation avec l'évolution de données biogéochimiques pourrait être étudiée

Assimilation de données dans les modèles gigognes

Ici il s'agira de comparer différentes stratégies d'assimilation de données dans les modèles gigognes, à savoir l'utilisation d'un vecteur d'état global pour tous les modèles, ou au contraire une assimilation indépendante dans les différents modèles. On exploitera un modèle gigogne existant (soit en Mer Ligure, soit dans le Golfe de Lion) ainsi que l'outil d'assimilation utilisé actuellement dans ces modèles.

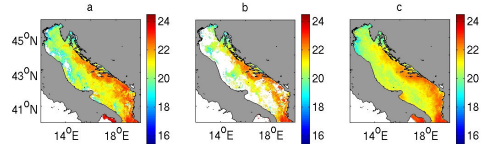


Analyses 3D de données utilisant des corrélations

L'outil d'analyse a été développé dans le cadre de données hydrographiques, généralement fournis sous forme de profils verticaux finement résolus sur la verticale et vers de profondeurs relativement élevées. En ce qui concerne les données biogéochimiques, la couverture de données s'avère cependant moins bonne et on ne peut plus supposer que la résolution verticale est suffisante. Ainsi, au lieu d'effectuer une série d'analyses horizontales à une série de profondeurs données, il faudrait tenir compte des points voisins sur la verticale lors d'une analyse de données biogéochimiques. Les méthodes classiques pour ce faire sont cependant trop coûteuses en termes de ressources informatiques et une approche hybride sera adoptée. Dans les océans, il apparaît en effet que les structures verticales peuvent se résumer souvent à une superposition de quelques modes de structure verticale robuste et d'amplitude variable horizontalement et dans le temps. Il sera alors avantageux d'analyser les amplitudes des modes plutôt que les données brutes, ce faisant bénéficiant de l'information sur la structure verticale tout en réduisant le temps de calcul. Le choix des modes verticaux est elle-même basé sur une analyse en composantes principales (aussi appelées EOF's) des données. Le travail consistera en l'implémentation de prétraitement sur les données: à savoir le calcul des EOF et de leurs amplitudes locales. Ensuite l'outil existant d'analyse est appliqué aux amplitudes pour finalement, dans une phase de post-traitement, reconstituer des champs 3D à partir des EOF et des amplitudes analysés. La validation de cette méthode s'effectuera sur la base de données MODB/MEDAR en Méditerranée.

Remplissage d'images satellitaires incomplètes

Un avantage des données satellitaires est indéniablement leur couverture temporelle et spatiale par rapport aux mesures *in situ* dispersées dans le temps et l'espace. Les données satellitaires se prêtent donc très bien à des études statistiques et aux assimilations dans des modèles prévisionnels. La qualité des images et cependant souvent réduite à cause de la présence de nuages ou des défauts de corrections atmosphériques. Le travail proposé consiste à comparer différentes méthodes de remplissage des points manquants, tant au niveau précision que coût de calcul. On comparera notamment une nouvelle méthode DINEOF basée sur une analyse en composantes principales aux méthodes plus classiques d'interpolation optimales.



Sujets dans d'autres départements

Modélisation d'écosystèmes

Texte Contact: mgregoire@ulg.ac.be