

APPEL D'OFFRES 2006

**Groupe Mission MERCATOR / CORIOLIS**

GIP MERCATOR OCEAN  
CNES, CNRS/INSU, IFREMER, IPEV, IRD, Météo-France, SHOM

---

**FORMULAIRE DE DEMANDE 2006**

---

**RESPONSABLE SCIENTIFIQUE DU PROJET :** Thierry HUCK

**UNITÉ DE RATTACHEMENT DU RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :**

Laboratoire de Physique des Océans (UMR 6523 CNRS IFREMER UBO)  
UBO - UFR Sciences F.308, 6 av. Le Gorgeu, CS 93837, 29238 Brest Cedex 3  
Tél : 02 98 01 65 10 - Fax : 02 98 01 64 68 - Courriel : thierry.huck@univ-brest.fr  
Directeur : Xavier Carton

**Titre du projet :** PPR réanalyse - comparaison aux produits issus de données in-situ

**Type de projet proposé :**

PAC - Projet d'Action Ciblée

PPR - Projet en Partenariat Renforcé

**Résumé du projet :**

L'objectif ici est de comparer les réanalyses existantes et futures à différents produits issus des données in-situ : soit directement à partir de sections hydrologiques et courantométriques (Ovide), soit par l'intermédiaire d'analyses objectives de température et salinité, et de différentes méthodes de reconstructions de la circulation océanique grande échelle. Les analyses se concentreront sur la variabilité interannuelle du contenu thermique et halin de l'océan, des propriétés des masses d'eau, de la circulation méridienne et sa structure verticale, et du transport de chaleur, en relation avec les variations du forçage. Dans cette perspective, une participation à l'élaboration du cahier des charges des prochaines réanalyses est souhaitable.

**Autres laboratoires impliqués :**

Intitulé du laboratoire	Organisme(s) de tutelle	Adresse (ville)	Nom du responsable du projet dans le laboratoire	Statut du responsable
LPO	CNRS IFREMER UBO	Brest	Thierry Huck	CR1 CNRS
MERCATOR-Océan			Nicolas Ferry	

**Durée du contrat demandé :** 3 ans

**Montant total demandé (HT) :** 24 kE/an

**Demande de parrainage :**

- d'un projet de thèse : ~~OUI~~ - NON

- d'un projet post-doctoral : ~~OUI~~ - NON

Visa *obligatoire* du responsable de l'unité :

Signature du responsable scientifique :

## DOSSIER SCIENTIFIQUE

### **1. Intérêt scientifique et adéquation aux objectifs de l'appel d'offre du Groupe Mission Mercator / Coriolis :**

La circulation océanique joue un rôle équivalent à l'atmosphère dans l'équilibre climatique de notre planète et notamment dans le stockage de chaleur et son transport des tropiques vers les pôles. Les variations du contenu de chaleur et de sel sont des indicateurs intégraux des variations du bilan des flux de chaleur et d'eau douce à la surface. Les variations interannuelles du transport de chaleur, principalement lié à la circulation thermohaline dans l'Atlantique Nord, sont un sujet d'intérêt majeur depuis une décennie, avec à la clé la détection d'une influence des activités humaines sur la circulation générale océanique.

Les variations des propriétés des masses d'eau sous la surface sont observées par quelques sections hydrographiques, mais surtout par des profils XBT et des profileurs Argo, dont la distribution spatio-temporelle est très irrégulière. Une interprétation de ces observations passe par leur projection sur une grille spatiale et temporelle régulière, par exemple des climatologies mensuelles ou annuelles. Les variations des transports de masse et de chaleur sont documentés par quelques observations (sections hydrographiques) très dispersées dans le temps et dans l'espace. Les modèles numériques de la circulation océanique, avec et sans assimilation, peuvent permettre de mieux comprendre la représentativité de ces observations. Ils peuvent également permettre de mieux comprendre les mécanismes régulant les variations du transport de chaleur et de la circulation thermohaline.

Dans le cadre du projet de réanalyse du GMMC 2006, il nous semble important de comparer les résultats des réanalyses et des modèles forcés (Drakkar) aux produits directement issus des observations in-situ. On peut identifier 3 niveaux pour ces produits :

- a. des sections hydrographiques et courantométriques (Ovide), qui permettent d'accéder au transport de masse (cellule méridienne), chaleur et eau douce et leur structure verticale à travers la section à un moment donné ;
- b. des champs annuels et mensuels de température et salinité construits par analyse objective à partir des données Coriolis, qui permettent de déterminer les variations interannuelles du contenu thermique et halin, et des propriétés des masses d'eau ;
- c. des reconstructions de la circulation océanique par différentes méthodes (diagnostiques, inverses) à partir de ces moyennes annuelles, qui permettent d'accéder au transport de masse, chaleur et eau douce, et à leurs variations.

C'est donc ainsi que s'articule notre proposition.

Ce travail s'inscrit dans plusieurs volets de l'appel d'offre GMMC 2006, au niveau de la validation des produits Mercator pour MERA-11 et la prochaine réanalyse (2.1.5, 2.2.1), de la construction de climatologies de température salinité courants (2.1.6), et de la définition d'indicateurs à partir des données Coriolis et des résultats de modèles (2.2.4).

### **2. Plan de recherche et calendrier d'exécution :**

Chacun des 3 volets suivants comporte :

- une phase relativement indépendante de la réanalyse qui suivra son cours en 2007,
- une phase de comparaison avec la réanalyse MERA-11 qui sera menée en 2007,

- une phase de comparaison avec la nouvelle réanalyse qui sera menée au fur et à mesure de sa disponibilité.

En parallèle, dans le cadre de nos objectifs, il nous paraît important d'être associés à la définition du cahier des charges de la réanalyse dès le début, par des réunions régulières avec les participants au projet à Mercator (typiquement 2 fois par an).

## **2a. Comparaison des réanalyses aux sections hydrologiques et courantométriques Ovide**

Lors des analyses des sections hydrographiques et courantométriques Ovide de 2002 et 2004 et de Fourex 1997, deux indicateurs de la circulation méridienne verticale en Atlantique Nord, calculés en  $z$  (MOCz) ou en  $\sigma$  (MOCs), ont été comparés et discutés dans les données (Lherminier et al., 2006) et à l'aide des modèles CLIPPER et FLAME (Treguier et al., 2006). Il en ressort que

- 1- MOCs semble plus robuste et plus représentative de la transformation des masses d'eau au nord de la section.
- 2- La diminution de la MOC mesurée entre les étés 1997 et 2002 est représentative de la variabilité interannuelle vue dans CLIPPER et FLAME.
- 3- Le transport total de chaleur vers le nord varie comme MOCs en 1997, 2002 et 2004.
- 4- La structure verticale de la MOC le long de la section Ovide est différente d'un modèle à l'autre, et toutes deux différentes de celle observée.

L'objectif de notre contribution serait d'analyser les sections équivalentes à Ovide et Fourex dans la réanalyse Mercator MERA-11 pour la période 1992-2002, afin d'analyser la structure verticale de la MOC et de déterminer la variabilité saisonnière et interannuelle de MOCs et MOCz le long de ces sections. L'objectif est de confronter MERA-11 le long de la radiale OVIDE aux observations ainsi qu'aux analyses déjà effectuées des simulations CLIPPER et FLAME (Treguier et al. 2006). Si la simulation est disponible, nous conduirons les mêmes diagnostics dans une version non assimilée de MERA-11, pour estimer l'impact de l'assimilation de données sur la restitution de la structure verticale et de la variabilité de la MOC.

Lorsqu'elle sera disponible, nous analyserons de la même manière la réanalyse au  $1/4^\circ$ .

Remarque : Nous souhaiterions disposer d'un outil permettant d'extraire facilement une section hydrographique des réanalyses disponibles (avec un pas de temps de 1 semaine typiquement et les paramètres  $z, T, S$ ).

## **2b. Suivi des contenus thermiques et halins de l'océan**

Nous proposons de réaliser deux études qui s'intéresseront principalement :

- Au suivi de la variabilité interannuelle des propriétés physiques de l'océan,
- A la caractérisation et la volumétrie des masses d'eau,
- Aux bilans globaux de chaleur et de sel.

Ces travaux seront basés essentiellement sur la comparaison des champs produits par une analyse optimale de mesures in-situ avec les produits MERCATOR. L'interprétation des résultats constituera en premier lieu une validation et une évaluation des performances des expériences considérées, elles permettront également un progrès dans la connaissance scientifique de la variabilité de l'océan.

## *Suivi de la variabilité interannuelle des propriétés physiques de l'océan Atlantique Nord sur la période 1960-2006*

Nous mettrons en place une réanalyse de la série des états moyens annuels de l'Atlantique Nord sur la période considérée. L'outil d'analyse sera une évolution de l'outil Coriolis V3.6. Les améliorations porteront sur la prise en compte de la bathymétrie dans les covariances (f/h) et la ré-estimation des statistiques a priori. La configuration sera celle utilisée lors d'une étude préliminaire (ARA-ATL\_03) de A. Melet (2006) (zone 20S-70N, résolution  $\frac{1}{2}^\circ$ , 59 niveaux 0-2000m). Les données seront récupérées auprès de Coriolis, du projet SeadataNet et nous compléterons au besoin avec le contenu de Hydrobase. L'analyse comprend une phase de validation préliminaire basée sur l'étude des résidus (Autret et Gaillard, 2006). Nous produirons donc un jeu de données qualifiées, sur les niveaux standard de l'analyse et réduits dans le cas de données haute fréquence.

Nous étudierons plus particulièrement la structure spatiale tridimensionnelle de la variabilité, la caractérisation et la volumétrie des masses d'eau. La longueur de la série donnera accès aux échelles décennales de la variabilité et permettra de situer la période récente. Il faut malgré tout rester conscient du moindre échantillonnage des périodes pre-WOCE.

Les analyses seront effectuées en parallèle dans les champs issus de notre analyse et dans les produits suivants : Séries Levitus 1960-2003, Armor (1993-2003), Mera-11 (1993-2002), PSY2V2 (2003-2006).

Ce travail s'inscrit dans la suite des études GMMC 2003 Gaillard, et GMMC 2004 Huck sur les climatologies (Autret et Gaillard, 2004 ; Gaillard et Autret, 2006).

## *Bilans globaux sur la période 1990-2008*

Nous chercherons ensuite à produire des analyses mensuelles à l'échelle du globe, en nous limitant aux périodes WOCE et ARGO (1990-2008). Ces champs donneront accès aux variations interannuelles du cycle saisonnier. La méthode sera identique à celle de l'étude précédente mais nous accorderons une attention particulière à la représentation des couches de surface, tant dans la mise en oeuvre de la méthode que dans la recherche des données, en particulier TSG (Gaillard et al. 2006).

Nous étendrons à l'échelle du globe la caractérisation et la volumétrie des masses d'eau, mais le point de focalisation de cette étude sera le calcul des bilans globaux de chaleur et de sel.

Les analyses seront effectuées en parallèle dans les champs issus de notre analyse et dans les produits suivants : Climatologie Levitus WOA01-025, WOA05, Hydrobase, Armor (1993-2003), Psy2GV1 (1993-2003), PSY3V1 (2005-2008) et la réanalyse à venir.

D'autre part, afin de fermer les bilans nous aurons recours aux données de flux de surface (A. Bentamy) et d'altimétrie (C. Cabanes).

Remarque : les deux études proposées nécessitent l'élaboration de métriques et conduisent naturellement à la proposition d'indicateurs. Ce travail contribue donc aussi au PPR 2.2.4 'Indicateurs'.

## **2c. Comparaison des réanalyses avec d'autres méthodes de reconstruction de la circulation océanique grande échelle**

Dans le cadre du programme LEFE 'Reconstructions', nous allons chercher à reconstruire la circulation océanique grande échelle et ses variations depuis 1950 à partir des données in-situ (et altimétriques depuis 1992) par différentes méthodes diagnostiques et inverses, en utilisant les climatologies annuelles construites dans le cadre du volet précédent (ARA-ATL\_03, 1990-2005, Melet 2006), ou pentadales (WOD2004, 1955-59 à 1994-98, Boyer et al. GRL 2005, Levitus et al.

GRL 2005), de température et salinité. Ce projet s'attachera ensuite à comparer les résultats de ces méthodes, et à comprendre les processus physiques régulant ces variations.

La comparaison de ces reconstructions sur des diagnostics d'importance climatique, transport de chaleur et circulation thermohaline, avec les résultats de modèles océaniques forcés, avec ou sans assimilation, devrait permettre de mettre en évidence les éléments robustes des différentes méthodes, et les divergences que l'on essaiera de comprendre. Les écarts constatés entre les différentes méthodes devraient également permettre de déterminer une incertitude sur ces diagnostics. L'interprétation des variations en terme de forçages (vent, flux de chaleur et eau douce) se fera en collaboration avec l'équipe Drakkar.

On se propose dans un premier temps (2007) de faire ce travail avec les runs forcés Drakkar et la réanalyse existante MERA11, ainsi que de contribuer à la définition de la nouvelle réanalyse (entre autres des caractéristiques d'une éventuelle pré-1992). Dans le même temps, plusieurs méthodes diagnostiques et inverses auront donné les circulations sur les 50 dernières années (en moyenne sur 5 ans de 1955-1959 à 1994-1998, et en moyenne annuelle sur 1990-2005), et des méthodes seront développées pour prendre en compte l'altimétrie depuis 1992.

À plus long terme, une fois la nouvelle réanalyse disponible, on comparera les diagnostics globaux dans l'Atlantique de la réanalyse globale 1/4° aux résultats des autres méthodes basées sur les climatologies annuelles et pentadales. On cherchera à comprendre les différences, et à interpréter les variations robustes en terme de forçages locaux ou distants.

**3. Pour les PPRs uniquement : sujet de thèse ou de post-doc pour lequel un parrainage est demandé** (titre, encadrant, laboratoire, descriptif du sujet en 1 page maximum)

n/a

**4. Pour les PPRs uniquement : méthode de coordination du consortium**

(cf PPR Drakkar)

**5. Références bibliographiques de l'équipe proposante** (sur le sujet de la demande) :

Autret, E., F. Gaillard, 2006 : Use of the analysis system for monitoring the ARGO sensors drifts. Coriolis newsletter , 2.

Autret, E., F. Gaillard, 2004 : Les analyses Coriolis et le suivi climatologique : mise en oeuvre sur l'Atlantique Nord. La lettre Mercator, 11.

Cabanes, C., T. Huck, A. Colin de Verdière, 2006: Contributions of wind forcing and surface heating to interannual sea level variations in the Atlantic Ocean. Journal of Physical Oceanography, 36, 1739-1750.

Gaillard, F. and E. Autret, 2005 : Coriolis real-time analysis system : validation over the North-Atlantic. Coriolis , newsletter 1.

Gaillard, F., E. Autret : Climatologie et statistique de l'Atlantique Nord. Projet GMMC 2003. Septembre 2006.

Gaillard, F., E. Autret, V. Thierry, P. Galaup , 2006: An operational system for real time and delayed mode quality control of ARGO profiles. (En preparation)

- Gaillard, F., S. Contardo, D. Mathias, G. R, Y. Gouriou, D. Dagonne: Qualification des mesures navire: salinité de surface. Rapport final de phase 1 du contrat SHOM-UBO CA/2004/04/CIS. Avril 2006.
- Lherminier, P., H. Mercier, C. Gourcuff, M. Alvarez, S. Bacon, C. Kermabon, 2006: Analysis of mass and heat transport across Greenland-Portugal OVIDE section in summer 2002 and comparison with 1997. JGR, soumis.
- Melet, A., 2006 : Etude de la variabilité interannuelle de l'Atlantique Nord. TFE, Ecole centrale de Lyon.
- Treguier, A. M., C. Gourcuff, P. Lherminier, H. Mercier, B. Barnier, G. Madec, J.M. Molines, T. Penduff, L. Czeschel, C. Böning, 2005: Internal and forced variability along a section between Greenland and Portugal in the CLIPPER Atlantic model. Ocean Dynamics, in press.

## MOYENS DONT DISPOSE LE PROPOSANT ET QUI SERONT AFFECTÉS À LA RÉALISATION DU PROJET

### 1. Chercheurs et ingénieurs impliqués (avec indication du % de temps consacré au projet) :

- dans les unités de recherche :

Fabienne Gaillard	chercheur Ifremer LPO	50%
Thierry Huck	CR1 CNRS LPO	30%
Pascale Lherminier	chercheur Ifremer LPO	10%
Herlé Mercier	DR CNRS LPO	10%
Claire Gourcuff	doctorant LPO	50%
Cécile Cabanes	postdoc CNES au LPO	50%
Karina Von Schuckmann	postdoc Ifremer au LPO	100%
Kati Lagadec	technicien Ifremer au LPO	50%
Thierry Reynaud	ingénieur Ifremer au LPO	50%

- dans l'équipe projet MERCATOR :

### 2. Equipement disponible pour la réalisation du projet (indiquer aussi les heures de calcul demandées à IDRIS ou à un autre centre de calcul pour la réalisation du projet).

- ordinateur régional Compaq Alpha serveur d'Ifremer
- stations de travail locales LPO site Ifremer et UBO

## DEMANDE BUDGÉTAIRE

N.B. : Sur toutes les lignes budgétaires, une ventilation annuelle est demandée dès lors qu'il s'agit d'une proposition pluriannuelle.

### 1. Fonctionnement : 5 kE/an

Publications : 3 kE/an

Stagiaire 3 mois : 2 kE/an

### 2. Missions (A détailler et justifier) : 15 kE/an

15 missions Brest-Toulouse / an (réunion PPR + réunion GMMC, pour 5 personnes) : 10 kE/an

2 congrès internationaux : 5 kE

### 3. Equipements : 4 kE/an

Informatique : 2 PC calcul, disques stockage, licences logiciels : 4 kE/an

### 4. Total général des crédits demandés (HT) : 24 kE/an

2008 et 2009 seront probablement similaires en personnel et besoins

### 5. Autres financements attribués ou demandés qui concourent à la réalisation des mêmes objectifs que la proposition :

- projet LEFE-IDAO-EVE Reconstructions (T. Huck) : 7 kE/an