

Illustration de l'apport unique de la mission tandem Topex/Poséidon - Jason-1 à l'étude de la variabilité mésoéchelle

P.Y. Le Traon, G. Dibarboure
CLS, France
Pierre-Yves Le Traon - E-mail : pierre-yves.letraon@cls.fr

| **Vue d'artiste de Topex/Poséidon et Jason-1**
(dans les faits, ils devraient être côte à côte) |

La circulation océanique est dominée par la variabilité mésoéchelle : tourbillons, méandres, anneaux, filaments, ondes et fronts sont présents en presque tout point des océans. Il est nécessaire de disposer d'observations et de modèles à haute résolution spatio-temporelle permettant d'analyser cette variabilité mésoéchelle pour parvenir à une meilleure compréhension de la dynamique de l'océan [cf. Wunsch, 2001]. Ces connaissances sont également essentielles pour la modélisation des écosystèmes et pour la plupart des applications d'océanographie opérationnelle (sécurité maritime, surveillance de la pollution, industrie offshore, pêche, etc.).

L'altimétrie satellitaire constitue un apport unique pour l'observation et la compréhension de la variabilité mésoéchelle [bilan récent dans Le Traon et Morrow, 2001]. Au moins deux missions altimétriques sont nécessaires pour suivre la dynamique mésoéchelle [Koblinsky et al., 1992], une condition remplie depuis 1992 avec les altimètres Topex/Poséidon (T/P) de la mission conjointe Nasa/Cnes et les satellites ERS-1/2 de l'ESA – ainsi qu'avec leurs successeurs, Jason-1 et Envisat.

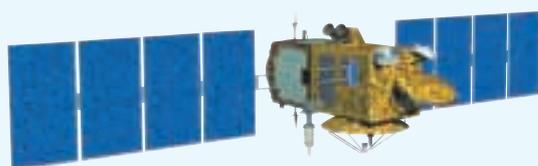
L'association des missions T/P et ERS (et maintenant Jason-1 et Envisat) est cependant loin de résoudre entièrement la variabilité mésoéchelle. Il faudrait pour cela disposer d'une meilleure résolution spatio-

temporelle ; c'est là justement l'objectif de la mission en tandem T/P – Jason-1 [Fu et al., 2003]. Depuis mi-septembre 2002, l'orbite de Topex/Poséidon est située à mi-chemin entre deux traces au sol adjacentes de Jason-1, ce qui permet d'obtenir un espacement de 1,4° de longitude entre les différentes traces et de doubler la résolution spatiale des données par rapport à celles fournies séparément par T/P et Jason-1. Les premiers résultats de la mission tandem, présentés ci-dessous, montrent les possibilités qu'offre cette combinaison pour l'étude des variations océaniques mésoéchelle.

Traitement des données

Nous avons utilisé 32 cycles de données IGDR de T/P et de Jason-1, couvrant la période allant d'octobre 2002 à juin 2003. Nous avons également employé des données produites en temps réel (FDP) d'ERS-2 à des fins de validation. Ces ensembles de données altimétriques ont été calibrés sur Jason-1 afin d'assurer la cohérence des missions et de réduire les erreurs d'orbite. Les différentes missions ont ainsi pu fournir des mesures cohérentes de hauteur de mer (SSH).

Les anomalies de hauteur de mer (SLA) ont été extraites pour les différentes missions à partir des mesures SSH, auxquelles nous avons soustrait le profil moyen $\langle \text{SSH} \rangle$ ($\text{SLA} = \text{SSH} - \langle \text{SSH} \rangle$). Le profil moyen est



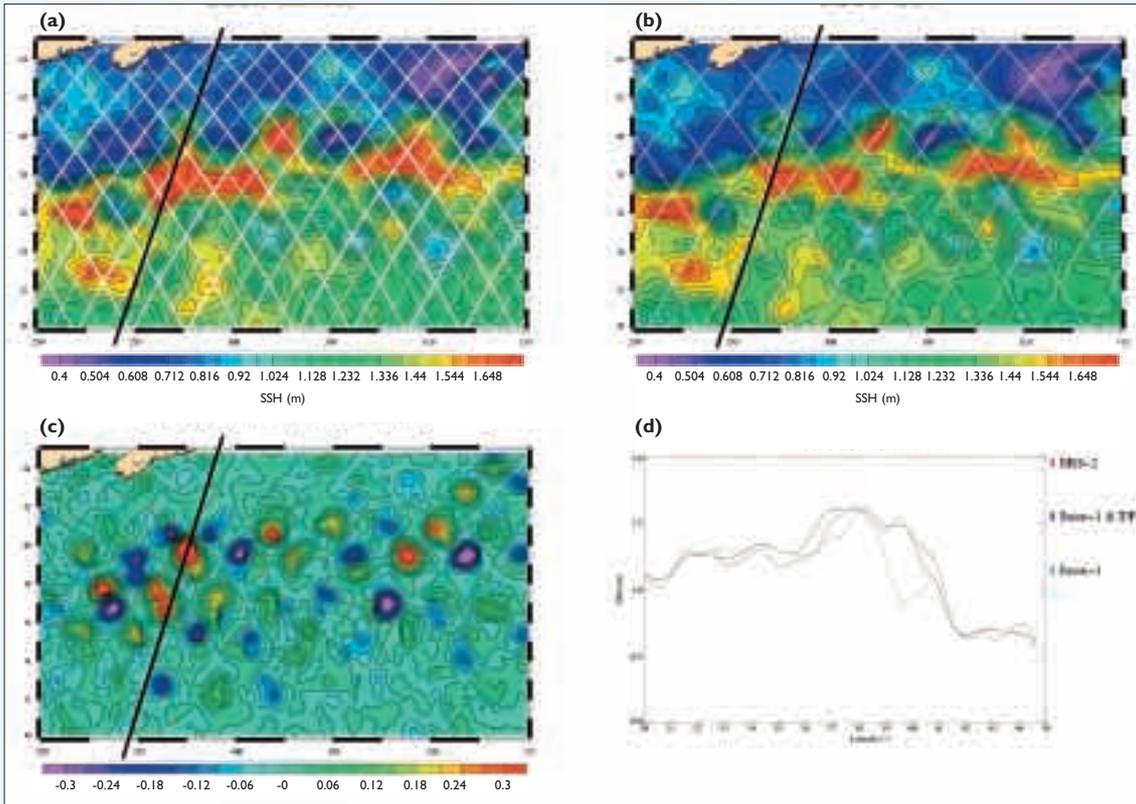


Figure 1. (a) Topographie dynamique absolue dans la région du Gulf Stream le 11 décembre 2002, obtenue par la combinaison des données de Jason-1 et de Topex/Poséidon (T/P). Les traces de Jason-1 et de T/P apparaissent en blanc. (b) La même région vue par Jason-1 seul. (c) Différence entre les cartes Jason-1+T/P et Jason-1. (d) Comparaison avec les mesures de hauteur de mer le long d'une trace ERS-2, en noir.

obtenu à partir du signal dû au géoïde et de la topographie dynamique moyenne (MDT) sur la période considérée pour le calcul du profil moyen soit 7 ans (1993-1999) dans le cas de Jason. Afin que les profil moyen de T/P et de Jason-1 soient cohérents, les données T/P ont été corrigées des variations océaniques sur la base des cartes SLA Ssalto/Duacs.

Une technique de cartographie a ensuite permis de combiner les données SLA des deux missions altimétriques à un rythme hebdomadaire sur une grille Mercator $1/3^\circ \times 1/3^\circ$ (avec la même résolution en latitude et en longitude, environ égale à 33 km fois le cosinus de la latitude).

Illustration de l'apport de la mission tandem à l'étude de la variabilité mésoéchelle

Suivi des méandres et des tourbillons du Gulf Stream

La figure 1 illustre le potentiel d'amélioration offert par la mission tandem dans le suivi des tourbillons. L'image située en haut à gauche montre la topographie dynamique absolue dans la région du Gulf Stream le 11 décembre 2002, calculée en combinant les données de Jason-1 et de T/P et en complétant les données SLA par une topographie dynamique moyenne (Rio, 2003). Les traces de Jason-1 et de T/P apparaissent en blanc.

L'image située en haut à droite a été obtenue à partir des données de Jason-1 seul. La différence entre les cartes Jason-1+T/P et Jason-1 ressort sur l'image située en bas à gauche. La carte Jason-1+T/P fournit une bien meilleure description des tourbillons et méandres du Gulf Stream : les gradients sont plus marqués et les signaux qui ne sont pas détectés par Jason-1 (de -40 cm à $+40$ cm) sont bien repérés par T/P.

Cette amélioration est quantifiée au moyen d'une comparaison avec les mesures de hauteur de la mer le long de la trace d'ERS-2

(en noir). Sur la carte Jason-1+T/P figurent la plupart des signaux observés par ERS (image en bas à droite) alors qu'il manque un méandre du Gulf Stream sur la carte Jason-1. Les cartes de la mission tandem offrent également une bien meilleure cohérence à long terme et permettent un suivi de l'évolution temporelle des tourbillons et des méandres du Gulf Stream (cf. figure 2).

Cartographie de l'énergie cinétique turbulente et du champ de vitesse

Les cartes altimétriques Jason-1 et Jason-1+T/P ont été utilisées pour réaliser des cartes de vitesses géostrophiques zonales (u') et méridiennes (v'). Ces cartes ont ensuite servi à calculer l'énergie cinétique turbulente (EKE), avec $EKE = \frac{1}{2} (\langle u'^2 \rangle + \langle v'^2 \rangle)$. Les figures 3 et 4 présentent une moyenne mensuelle d'EKE obtenue respectivement avec Jason-1 seul et de la mission tandem. Comme on peut s'y attendre, l'image obtenue sur la base des données de Jason-1 seul ne rend pas bien

compte de la réalité les effets d'échantillonnage y sont très manifestes, alors que le Gulf Stream se détache de façon nette sur la carte de l'EKE fournie par la mission tandem.

Il en va de même pour la cartographie du champ de vitesse. La figure 5 montre le champ de vitesse absolu dans la région du Gulf Stream mesuré par la mission tandem sur une période de six semaines. La MDT de Rio [2003] a été utilisée pour ajouter les vitesses moyennes. La mission tandem fournit un meilleur échantillonnage, qui permet un suivi du champ de vitesse associé aux méandres et tourbillons du Gulf Stream. Le flux est presque continu et il n'apparaît aucun artefact visible qui serait dû à des effets d'échantillonnage. La précision du champ de vitesse est estimée à 10-20 cm/s, les vitesses maximales pouvant atteindre 150 cm/s. L'image montre la formation et la diffusion d'un tourbillon cyclonique et la fusion de deux anneaux en une cellule de recirculation au sud du Gulf Stream.

Conclusions

Les résultats obtenus par la combinaison des données T/P et Jason-1 ont confirmé les possibilités qu'offre une constellation optimisée de deux satellites pour l'étude de la variabilité mésoéchelle. Il faudrait maintenant réaliser des études sur une série temporelle plus longue et se concentrer sur l'analyse de la vitesse et l'interaction entre les tourbillons et le courant moyen. Des analyses similaires devraient également être effectuées dans le but d'étudier l'apport de l'association de la

mission tandem aux missions Geosat Follow On (GFO) et ERS-2/Envisat. Ces analyses, qui permettront de mieux comprendre la variabilité mésoéchelle, nous aideront également à définir les futures missions altimétriques à haute résolution nécessaires pour l'océanographie opérationnelle.

Remerciements :

Ce travail a été mené à bien par la Direction Océanographie Spatiale de CLS, dans le cadre du projet Gamble de la Commission européenne.

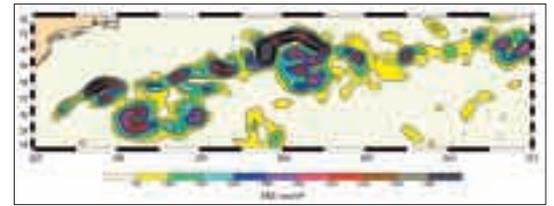


Figure 2. EKE en décembre 2002, déduite des données de Jason-1 (en $\text{cm}^2.\text{s}^{-2}$).

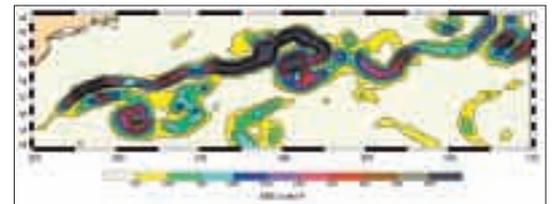


Figure 3. EKE en décembre 2002, déduite des données de la mission tandem (en $\text{cm}^2.\text{s}^{-2}$).

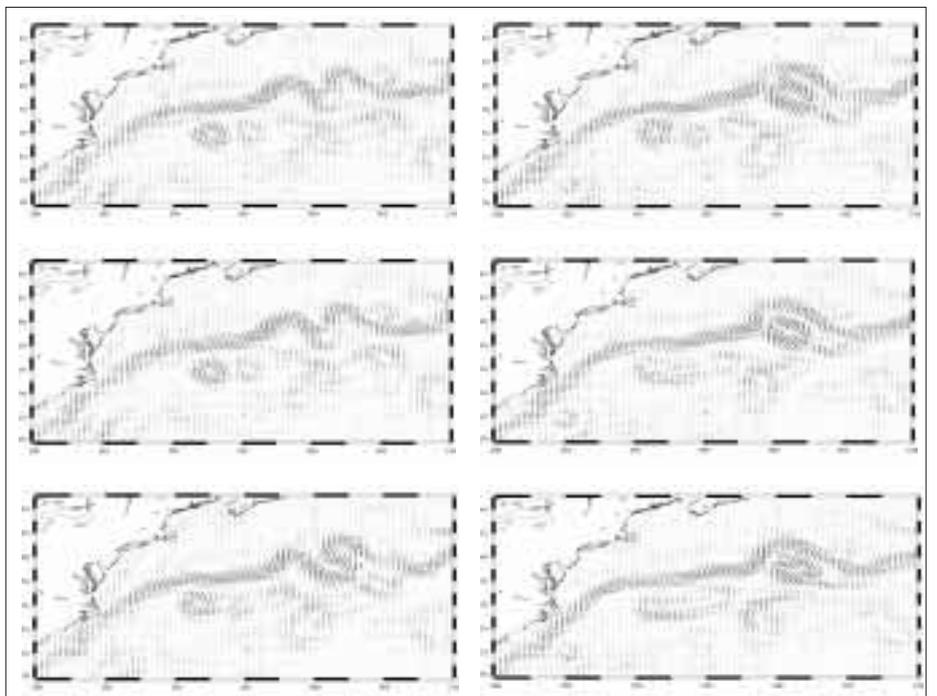


Figure 4. Vitesses géostrophiques absolues déduites de la mission tandem entre le 06.11.2003 et le 11.12.2003.

Références bibliographiques

Fu, L.L., D. Stammer, R.R. Leben et D.B. Chelton, 2003: Improved spatial resolution of ocean surface topography from the Topex/Poseidon – Jason-1 tandem altimeter mission, EOS (sous presse).

Koblinsky, C.J., P. Gaspar and G. Lagerloef, 1992: The future of spaceborne altimetry : Oceans and climate change, Joint oceanographic institutions incorporated, Washington, District de Columbia., 75 pp.

Le Traon, P.-Y. et R.A. Morrow, 2001: « Ocean currents and mesoscale eddies », in Satellite Altimetry and Earth Sciences. A Handbook of Techniques and Applications, Academic Press ed., L.-L. Fu et A. Cazenave (éd.), Academic Press, pp. 171-215.

Rio, M.-H., 2003: Combinaison de données in-situ, altimétriques et gravimétriques pour l'estimation d'une topographie dynamique moyenne globale. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 260 pp.

Wunsch, C. 2001: « Global problems and global observations », in Ocean Circulation and Climate : Observing and Modelling the Global Ocean, Academic Press, San Diego, California, pp. 47-58.

