

PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

FICHE SYNTHETIQUE N°1	NOM DE LA CAMPAGNE : A.O.C. (Aden – Owen – Carlsberg)
------------------------------	---

Date de rédaction du dossier : JANVIER 2005

Année demandée : 2006 ou 2007 Durée sur zone : 12 jours Période : <i>Hors mousson (éviter juin à début septembre)</i> Zone : NW Océan Indien Pays dont les eaux territoriales sont concernées : Aucun Pays dont la zone économique est concernée : Oman, Yémen	Chef de projet		Chef de mission
	Nom Prénom :	FOURNIER Marc	FOURNIER Marc
	Organisme :	UPMC – CNRS UMR 7072	UPMC – CNRS UMR 7072
	Laboratoire :	Laboratoire de Tectonique	Laboratoire de Tectonique
	Adresse :	Case 129 4, place Jussieu 75252 Paris cedex 05	Case 129 4, place Jussieu 75252 Paris cedex 05
	Tél.:	01 44 27 52 68	01 44 27 52 68
	Fax :	01 44 27 50 85	01 44 27 50 85
E-mail :	marc.fournier@lgs.jussieu.fr	marc.fournier@lgs.jussieu.fr	

Travaux : • <i>bathymétrie multifaisceaux et imagerie</i> • <i>gravimétrie</i> • <i>magnétisme</i> Navire : Marion Dufresne ou L'Atalante Engin(s) sous-marin(s) : magnétomètre de surface Gros équipements : non Traitement des données et besoins informatiques : rejeu navigation, traitement bathymétrie et imagerie multifaisceaux, magnétisme, gravimétrie Nécessité d'une campagne pour récupération d'engins ? Non	Equipes scientifiques et techniques embarquées • BELLAHSEN Nicolas, Post-Doc, Stanford University • FOURNIER Marc, MC, Université Paris VI • FABRI Olivier, Pr, Université de Franche-Comté, Besançon • HUCHON Philippe, Pr, Université Paris VI • KHANBARI Khaled, MC, Université de Sanaa, Yémen • LALLEMANT Siegfried, Pr, Université de Cergy-Pontoise • MAILLOT Bertrand, MC, Université de Cergy-Pontoise • PATRIAT Philippe, chercheur bénévole associé au LMG, IPGP • PETIT Carole, MC, Université Paris VI • SLOAN Heather, MC, City University of New York, USA Equipes scientifiques et techniques à terre : les mêmes + • GENTE Pascal, CR, IUEM Brest • LE PICHON Xavier, Collège de France, Aix en Provence
--	--

Type de campagne : Recherche scientifique <input checked="" type="checkbox"/> Recherche technologique <input type="checkbox"/> Essai technique <input type="checkbox"/>
Thème de la campagne : Cinématique du point triple Arabie-Inde-Somalie
Cette proposition s'inscrit dans un projet : OUI <input type="checkbox"/> NON <input checked="" type="checkbox"/> Si oui quel est le nom du projet :
Cette proposition a été soumise au(x) programmes nationaux ou internationaux avec comité scientifique : OUI <input checked="" type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/> Si oui lesquels : Programme DyETI, thème : localisation de la déformation lithosphérique Envoyer une copie de ce dossier de proposition de campagne au(x) responsables des programmes concernés
S'agit-il d'une première demande : OUI <input type="checkbox"/> NON <input checked="" type="checkbox"/> Quatrième demande, classée P2 en 2004 Si il y a eu une précédente demande fournir une copie du rapport de la commission l'ayant évaluée

FICHE SYNTHETIQUE N°2	NOM DE LA CAMPAGNE : A.O.C. (Aden – Owen – Carlsberg)
------------------------------	---

Evaluation des frais à la charge de l'équipe demandeuse

Types de coûts	Coûts en Euros	Sources de Financement assurées et/ou envisagées	Niveau de financement
Frais de préparation de la campagne (missions préparatoires, équipement à acquérir, consommables,)	1000 euros	Soutien de base du laboratoire	100%
Frais de missions (voyages + séjour) des membres de l'équipe embarquant	9 A/R Paris-Embarquement 9 x 1000 = 9000 euros	Soutien campagnes INSU	100%
Frais d'acquisition de nouveaux matériels, contrat, sous-traitance			
Frais de transport du matériel propre à la campagne	Fret : 2000 euros	Soutien campagnes INSU	100%
Frais d'analyse et de dépouillement à terre			
Autres frais (ex : chien de garde pour sismique)			
Coût total	12000 euros		

Vous pouvez éventuellement rajouter, en annexe, une fiche détaillant les montants et les sources de financements que vous avez indiqués dans le tableau ci-dessus

Responsables d'unités ou de laboratoires d'appartenance

	Responsable du Chef de projet	Responsable du Chef de mission N°1	Responsable du Chef de mission N°2
Nom et Prénom	JOLIVET Laurent	JOLIVET Laurent	
Laboratoire	Lab. de Tectonique	Lab. de Tectonique	
Organisme	UPMC	UPMC	
Adresse	Case 129 4, place Jussieu 72252 Paris cedex 05	Case 129 4, place Jussieu 72252 Paris cedex 05	
Tel	01 44 27 52 68	01 44 27 52 68	
Fax	01 44 27 50 85	01 44 27 50 85	
E-mail	laurent.jolivet@lgs.jussieu.fr	laurent.jolivet@lgs.jussieu.fr	
Nombre de dossiers présentés par l'unité	1	1	
Priorité du laboratoire	1	1	
Date et signature des responsables	Laurent Jolivet	Laurent Jolivet	

RESUME - ABSTRACT

NOM DE LA CAMPAGNE :

A.O.C. (Aden – Owen – Carlsberg)

RESUME

- **Texte synthétique résumant l'ensemble des documents 1 à 6, lisible par un non spécialiste**
(ne pas dépasser 15 lignes)

La campagne A.O.C. (12 jours) dans le NW de l'Océan Indien a pour but de déterminer la géométrie actuelle du point triple Arabie-Inde-Somalie et sa cinématique depuis le début de l'océanisation dans le Golfe d'Aden il y a 20 Ma. La position et la nature de ce point triple qui connecte les dorsales d'Aden-Sheba, de Carlsberg, et la zone de fracture d'Owen, sont actuellement mal connues. Le point triple a longtemps été positionné à la jonction de la zone de fracture d'Owen avec la dorsale d'Aden-Sheba et la faille transformante d'Owen (12,5°N, 58°E e.g., Gordon et DeMets, 1989). Il était alors considéré comme un point triple FFR ("transform-transform-ridge"). Nos travaux récents suggèrent qu'il se trouve 300 km à l'ouest et qu'il est de type RRR ("ridge-ridge-ridge" Fournier et al., 2001). L'objectif de la campagne A.O.C. est d'effectuer un relevé bathymétrique, magnétique et gravimétrique de la zone du point triple pour déterminer sa position, sa nature, et sa cinématique. Une reconstitution de l'évolution du point triple depuis le début de l'ouverture du golfe d'Aden pourra ainsi être réalisée. Elle permettra de tester (1) les modèles actif ou passif d'ouverture du golfe d'Aden pour préciser le processus moteur de la déchirure lithosphérique et (2) la stabilité des points triples FFR (et RRF) sur Terre. Le Marion Dufresne et L'Atalante sont adaptés pour ce travail. Le traitement des données sera effectué au laboratoire de Tectonique de l'Université de Paris 6.

ABSTRACT

The A.O.C. cruise (12 days) in the NW Indian Ocean aims at determining the present-day geometry of the Arabia-India-Somalia triple junction and its kinematics since the beginning of oceanic spreading in the Gulf of Aden, ca. 20 Ma ago. The location and the type of this triple junction, which connect the Aden-Sheba Ridge to the the Carlsberg Ridge and the Owen fracture zone, are poorly known. The triple junction has long been located at the junction of the Owen fracture zone with the Aden-Sheba Ridge and the Owen transform fault (12.5°N and 58°E e.g., Gordon et DeMets, 1989). It was then supposed to be a FFR triple junction (transform-transform-ridge). Our recent works suggest that it is rather located 300 km to the west and that it is of the RRR type (ridge-ridge-ridge Fournier et al., 2001). The objective of the A.O.C. cruise is to record full coverage of swath bathymetry, magnetic, and gravimetry data in the triple junction zone, in order to determine its location, nature, and kinematics. The evolution of the triple junction since the beginning of opening of the Gulf of Aden will be reconstructed. It will bring insights onto the active and passive models of opening of the Gulf of Aden to determine the driving force of lithospheric break-up, as well as onto the stability and existence of FFR (and RRF) triple junctions on Earth. The R/V Marion Dufresne and L'Atalante are suitable for this cruise. Data processing will be done at the Laboratoire de Tectonique of University of Paris 6.

DOCUMENT N° 1

NOM DE LA CAMPAGNE :

A.O.C. (Aden – Owen – Carlsberg)

PROJET SCIENTIFIQUE

1. GENESE DU PROJET A.O.C.

À la suite de travaux à terre sur la marge omanaise du golfe d'Aden (Lepvrier et al., 2002), le laboratoire de Tectonique de l'Université Pierre et Marie Curie a initié en 1999 le programme ENCENS dans le cadre du GDR Marges, en collaboration avec Géosciences Azur et l'Institut Universitaire Européen de la Mer. Ce programme a pour but l'étude terre-mer des marges conjuguées d'un bassin océanique récent, le golfe d'Aden, pour progresser dans la compréhension du processus de déchirure continentale et de mise en place d'un système d'accrétion. Le volet marin du programme ENCENS comprend deux campagnes océanographiques : (1) la campagne ENCENS-SHEBA, réalisée en juin-juillet 2000 sur le N/O Marion Dufresne, était une campagne de reconnaissance du golfe d'Aden oriental avec bathymétrie multifaisceaux, profils sismiques 3-traces sur les marges, gravimétrie et magnétisme (d'Acromont, 2002; Bellahsen, 2002; Leroy et al., 2004; Fournier et al., 2004; d'Acromont et al., in press; Bellahsen et al., in press). (2) La campagne ENCENS-2, programmée pour début 2006 sur L'Atalante, mettra en œuvre la sismique multitrace et grand angle (OBS) pour imager la structure 3D des marges et du bassin.

A l'occasion de ce travail, nous avons repris la cinématique d'ouverture du golfe d'Aden, ce qui nous a amené à proposer une nouvelle interprétation du point triple Arabie-Inde-Somalie (Fournier et al., 2001). Au lieu du point triple FFR classique entre la faille transformante d'Owen, la zone de fracture d'Owen et la dorsale de Sheba (Figures 1 et 2), nous avons proposé que le point triple se situait plus à l'ouest, à l'entrée orientale du golfe d'Aden, au niveau du coude de la dorsale d'Aden-Sheba (14,5°N et 56,4°E), et qu'il était de type RRR. Si elle était confirmée, cette interprétation aurait des conséquences importantes sur le mode d'ouverture du golfe d'Aden ainsi que sur la stabilité et l'existence des points triples FFR. Nous avons réévalué la cinématique du point triple à partir de données satellitaires (Sandwell et Smith, 1997) et de données de sismicité mondiale (Dziewonski et al., 1999). Cette étude "à distance" est limitée par le pouvoir de résolution des données. Elle doit être complétée par une étude sur zone car toutes les précédentes études de points triples (e.g., Searle, 1980; Lonsdale, 1988; Mitchell, 1991; Larson et al., 1992; Ligi et al., 1997; Mitchell et Livermore, 1998) montrent qu'il n'est pas possible de prédire correctement la cinématique des points triples par rapport aux plaques adjacentes autrement qu'avec des données empiriques acquises sur le terrain (les modèles cinématiques

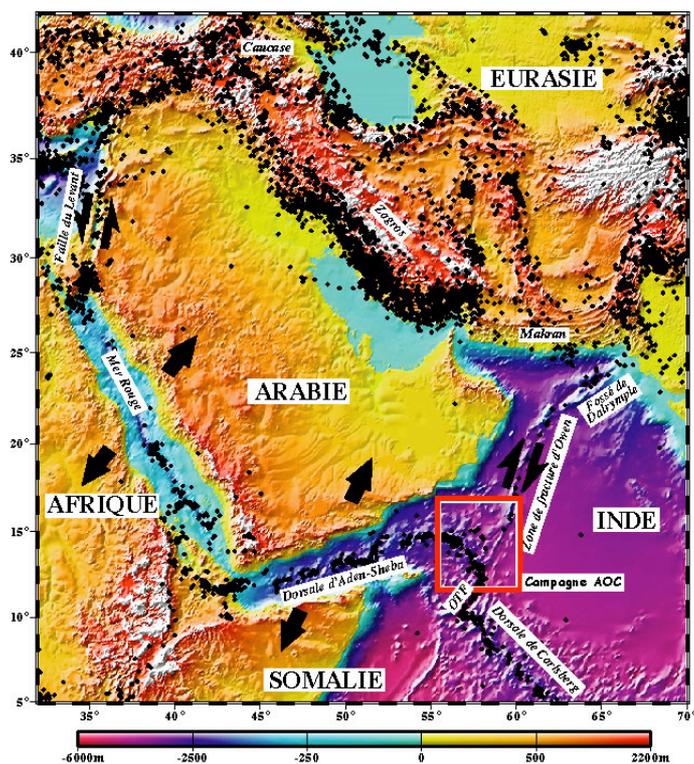


Figure 1. Contexte géodynamique et localisation de la zone du point triple AOC. OTF Owen transform fault.

globaux ne fournissant que des triangles de vitesse aux points triples). Nous proposons donc de réaliser une courte campagne (12 jours) sur le point triple Inde-Arabie-Somalie pour déterminer sa position, sa géométrie et sa cinématique depuis son apparition il y a 20 Ma.

2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La Figure 1 présente le contexte géodynamique du point triple Arabie-Inde-Somalie. La dorsale d'Aden-Sheba dans le golfe d'Aden sépare les plaques Arabie et Somalie. Son taux d'accrétion est de $2,2 \text{ cm.an}^{-1}$ dans la direction $N23^\circ E$ dans la partie orientale du golfe ($14,5^\circ N$; $56^\circ E$). La frontière de plaques entre l'Inde et la Somalie est constituée par la dorsale de Carlsberg dont le taux d'accrétion atteint $2,7 \text{ cm.an}^{-1}$ dans la direction $N34^\circ E$ dans sa partie centrale ($6^\circ N$; $61^\circ E$). Enfin, la frontière entre les plaques Arabie et Inde est formée par la zone de fracture d'Owen et le fossé de Dalrymple. C'est l'une des frontières de plaques les plus lentes sur Terre puisque la vitesse relative entre les plaques Arabie et Inde est de l'ordre de 1 mm.an^{-1} ($1,7 \text{ mm.an}^{-1}$ selon NUVEL-1A ; $0,7 \text{ mm.an}^{-1}$ selon GSRM-1.2 ; Kreemer et al., 2003) Le point triple entre les plaques Arabie, Inde et Somalie se trouve à l'entrée orientale du golfe d'Aden. Il joint les dorsales d'Aden-Sheba et de Carlsberg à la zone de fracture d'Owen. Pour cette raison, il est baptisé par la suite point triple AOC (Aden-Owen-Carlsberg).

2.1. Où est localisé le point triple AOC ?

La figure 2 montre une carte de la sismicité superficielle et des mécanismes au foyer extraite de l'article de Gordon et DeMets (1989). L'interprétation de Gordon et DeMets (1989), comme celle des modèles cinématiques globaux (Minster et Jordan, 1978 ; Chase, 1978 ; DeMets et al. ; 1990, 1994) et des études régionales (Cochran, 1981 ; Jestin et al., 1994 ; Manighetti et al., 1997), situe le point triple Arabie-Inde-Somalie à $12,5^\circ N$ et $58^\circ E$, à la jonction entre la dorsale de Sheba, la faille transformante d'Owen (OTF sur la Figure 1) et la zone de fracture d'Owen. Cependant, la sismicité montre que la zone de fracture d'Owen est sismiquement silencieuse au sud de $15^\circ N$ jusqu'à la transformante d'Owen (Figure 3), tandis qu'une zone de sismicité diffuse relie la zone de fracture d'Owen depuis $15^\circ N$ jusqu'au coude de la dorsale d'Aden-Sheba dans le golfe d'Aden oriental, approximativement à $14,5^\circ N$ et $56,4^\circ E$. La connexion a lieu au niveau d'un important essaim sismique qui coïnciderait avec le point triple AOC. Celui-ci se situerait ainsi à près de 300 km de sa position précédente. Les deux configurations possibles du point triple sont montrées sur la Figure 3.

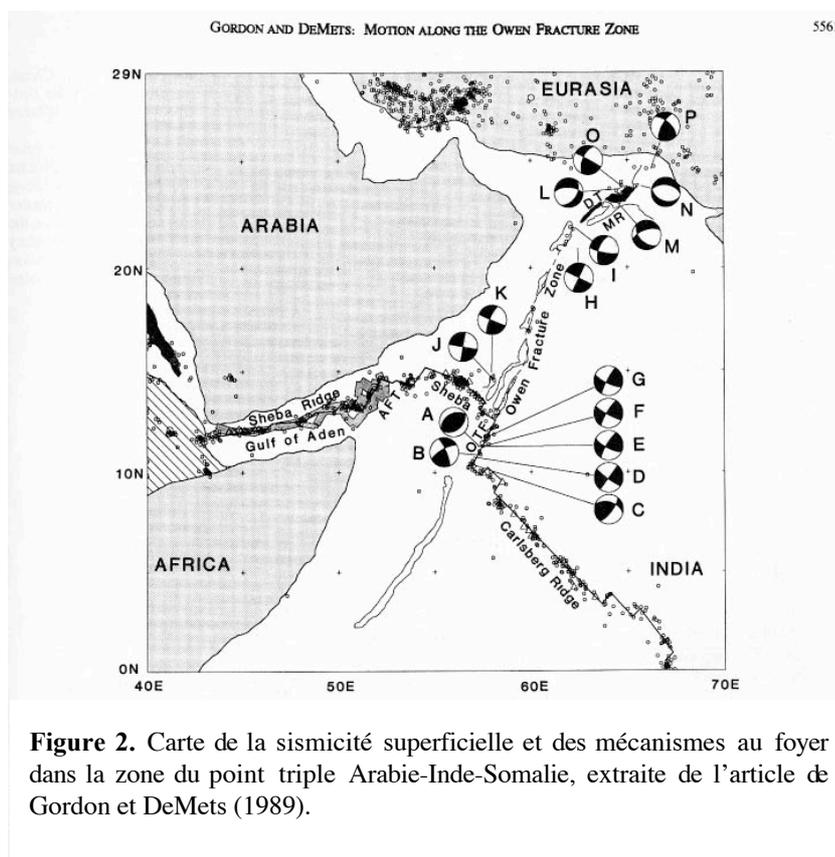


Figure 2. Carte de la sismicité superficielle et des mécanismes au foyer dans la zone du point triple Arabie-Inde-Somalie, extraite de l'article de Gordon et DeMets (1989).

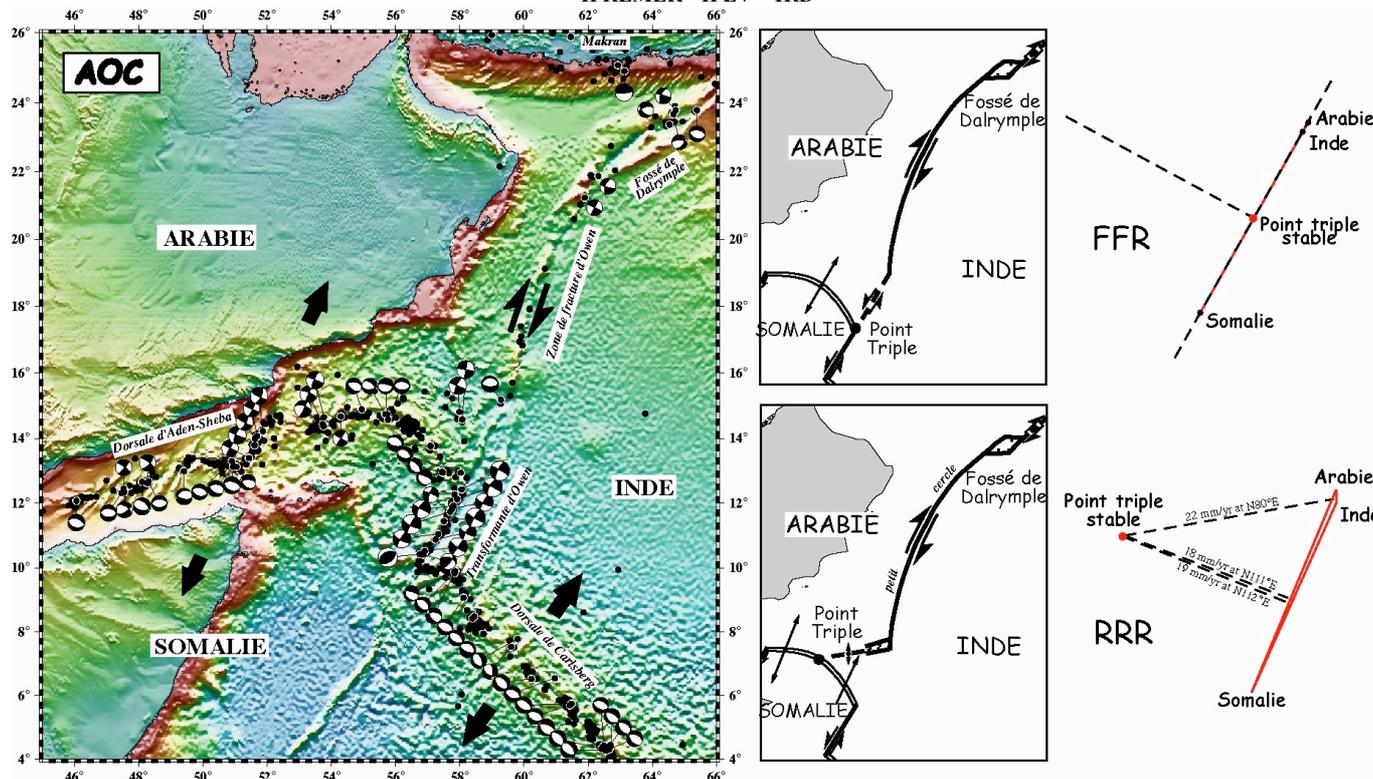


Figure 3. Sismicité superficielle et mécanismes au foyer dans la zone du point triple Arabie-Inde-Somalie, d'après Fournier et al. (2001). La localisation du point triple, sa géométrie, son triangle de vitesses et sa stabilité sont montrés pour les deux configurations FFR et RRR.

2.2. Nature et géométrie du point triple AOC

La nouvelle configuration du point triple AOC est de type RRR ("ridge-ridge-ridge"), toujours stable dans l'hypothèse où l'accrétion est orthogonale et symétrique, alors que la configuration précédente était de type FFR ("transform-transform-ridge") et considérée comme stable parce que les deux failles transformantes avaient la même orientation ($\sim N30^\circ E$ Figure 3).

Dans la nouvelle configuration RRR, la partie sud de la zone de fracture d'Owen n'est plus une frontière de plaque, ce qui cohérent avec son caractère asismique. Elle est marquée par une ride bathymétrique, moins prononcée dans la partie inactive que dans la partie active (Figure 3), qui pourrait correspondre à la trace fossile de la faille transformante d'Owen qui reliait la dorsale de Carlsberg à la Téthys.

Dans la configuration RRR, la frontière Arabie-Inde au point triple correspond à une zone de sismicité diffuse d'orientation moyenne $N80^\circ E \pm 10^\circ$ qui relie la dorsale d'Aden-Sheba à la zone de fracture d'Owen (Figure 3). C'est une frontière divergente ultra-lente, la vitesse d'écartement étant de l'ordre de 1 mm.an^{-1} . Les deux mécanismes décrochants le long de ce segment de frontière pourraient indiquer l'existence d'un décalage et donc d'un début de segmentation.

Enfin, dans la configuration RRR, la frontière Inde-Somalie au point triple est constituée par un segment de dorsale situé entre le point triple et la faille transformante d'Owen, faisant partie classiquement de la dorsale d'Aden-Sheba et qu'il convient de rattacher à la dorsale de Carlsberg. L'orientation de ce segment ($N130^\circ E \pm 5^\circ$) est d'ailleurs identique à celle de la dorsale de Carlsberg.

2.3. Cinématique Arabie-Inde-Somalie

La cinématique Arabie-Inde-Somalie, révisée à partir de profils magnétiques récents sur les dorsales de Carlsberg et d'Aden-Sheba (Mercuriev et al., 1996; Audin, 1999) et de l'interprétation de la zone de fracture d'Owen comme étant purement décrochante et correspondant à un petit cercle centré sur le pôle eulérien Arabie-Inde, est très proche de la solution de NUVEL-1A en ce qui concerne les vecteurs Arabie-Somalie et Inde-Somalie, mais elle est significativement différente pour le vecteur Arabie-Inde à cause de la contrainte forte sur la position du pôle eulérien (Fournier et al., 2001).

2.4. Stabilité et migration du point triple AOC

Le triangle de vitesses au point triple est très plat car les taux et les directions d'accrétion sur les dorsales de Carlsberg et d'Aden-Sheba sont très proches (Figure 3) le mouvement relatif Arabie-Inde au point triple est estimé à $1,4 \text{ mm.an}^{-1}$ dans la direction N180°E. Dans la mesure où le point triple est de type RRR, un tel triangle implique que le point triple migre vers l'ouest par rapport aux plaques adjacentes et que la dorsale d'Aden-Sheba recule au profit de la dorsale de Carlsberg.

En l'absence de données de terrain, il est impossible de savoir si le point triple est stable au sens de McKenzie et Morgan (1969) depuis le début de l'ouverture du golfe d'Aden, ou s'il a été un temps là où on le croyait d'abord (à l'extrémité nord de la faille transformante d'Owen) et a changé récemment de position, ou encore s'il a effectué des allers-retours entre ces deux positions en fonction d'infimes changements cinématiques. De même, pour contraindre la migration du point triple par rapport aux plaques adjacentes et l'allongement ou le raccourcissement des dorsales, il faudrait connaître sa géométrie exacte (orientation des dorsales) et le degré d'asymétrie et d'obliquité de l'accrétion sur chacune de ses branches. Sur les rares profils magnétiques disponibles de part et d'autre du point triple sur les dorsales d'Aden-Sheba et de Carlsberg, il semble que l'accrétion soit à peu près symétrique depuis l'anomalie 3a. Dans l'hypothèse où celle-ci est symétrique et orthogonale, des géométries du point triple peuvent être proposées. Si on fait l'hypothèse que le point triple RRR est stable depuis le début de l'ouverture du golfe d'Aden, il y a 20 Ma, sa vitesse de migration vers l'ouest par rapport aux plaques Arabie et Somalie est de l'ordre de 2 cm.an^{-1} (Figure 3). On assisterait donc dans le golfe d'Aden au remplacement progressif de la dorsale d'Aden-Sheba (à accrétion oblique) par la dorsale de Carlsberg (à accrétion orthogonale) au fur et à mesure de la migration vers l'ouest du point triple.

2.5. Conclusion

D'un point triple FFR qui migrerait le long de la zone de fracture d'Owen, vers le sud par rapport aux plaques Arabie et Inde et vers le nord par rapport à la plaque Somalie, on aboutit ainsi à un point triple RRR qui migre vers l'ouest dans le golfe d'Aden par rapport aux trois plaques adjacentes. Cette interprétation a des conséquences sur le mode d'ouverture du golfe d'Aden et sur l'évolution du système d'accrétion dans le golfe d'Aden, qui évoluerait d'oblique à orthogonal.

3. OBJECTIFS ET QUESTIONS POSEES

3.1. Localisation, configuration et cinématique du point triple AOC depuis 20 Ma

L'étude d'un nouveau point triple a pour but de comprendre son évolution spatiale et temporelle en fonction des changements cinématiques. C'est un objectif essentiel pour affiner les modèles cinématiques régionaux. Une cartographie bathymétrique par sondeur multifaisceaux de la zone du point triple en révélera les grands traits structuraux. On vérifiera notamment s'il existe une véritable connexion entre la dorsale Aden-Sheba-Carlsberg et la branche ultra-lente du point triple, ou si le point triple correspond plutôt à une zone de

déformation diffuse. Un relevé magnétique permettra de déterminer l'âge du plancher océanique et de reconstituer l'évolution du point triple depuis le début de l'ouverture du golfe d'Aden. La gravimétrie permettra de suivre les variations d'épaisseur de la croûte océanique. Ce travail permettra de savoir si le point triple migre vers l'ouest et si la dorsale de Carlsberg se substitue à celle d'Aden-Sheba. Cette substitution signifierait-elle qu'un système d'accrétion orthogonal est mécaniquement plus stable qu'un système d'accrétion oblique?

3.2. Quel est le processus moteur de la déchirure lithosphérique dans le golfe d'Aden?

Le golfe d'Aden s'est ouvert dans la plaque africaine constituée par de la lithosphère continentale et de la lithosphère océanique (à l'est). L'état final (actuel) de la déformation montre une dorsale d'orientation N75°E dans l'ancienne lithosphère continentale et d'orientation N130°E dans l'ancienne lithosphère océanique (Figure 4). Le rifting a débuté dans le golfe d'Aden oriental pendant l'Oligocène inférieur (34-28 Ma), suivi par l'accrétion océanique commençant au Miocène inférieur aux alentours de 18-20 Ma. Auparavant, la dorsale de Carlsberg se terminait sur la zone de fracture d'Owen, séparant la plaque indienne de la plaque arabo-africaine (Wilson, 1965). Le nouveau point triple créé à l'ouverture du golfe d'Aden était vraisemblablement du type FFR ("transform-transform-ridge"), la frontière divergente naissante venant se connecter à la zone de fracture d'Owen. Deux principaux scénarii peuvent être envisagés pour la suite de l'évolution.

3.2.a. Ouverture active par propagation de la dorsale de Carlsberg

Manighetti et al. (1997) ont proposé que l'ouverture du golfe d'Aden était le résultat de la propagation de la dorsale de Carlsberg d'abord en direction du NW dans la lithosphère océanique africaine jusqu'à venir buter contre la lithosphère continentale, puis en direction de l'E-SE vers le point chaud Afars (Figure 4). Ce modèle peut être qualifié d'actif dans la mesure où c'est la propagation de la dorsale, influencée par la rhéologie de la lithosphère et guidée par la présence du point chaud, qui est à l'origine de l'ouverture du golfe d'Aden. La courbure de la dorsale dans le golfe d'Aden oriental est acquise pendant sa propagation. Dans ce scénario, le point triple FFR initial est stable, il conserve sa configuration au cours du temps et se trouve actuellement à l'extrémité nord de la faille transformante d'Owen (Figure 3). La propagation de la dorsale se fait par étapes successives avec des arrêts à la transition entre lithosphère continentale et lithosphère océanique et au niveau des principales failles transformantes du golfe (Manighetti et al., 1997). Des modèles numériques

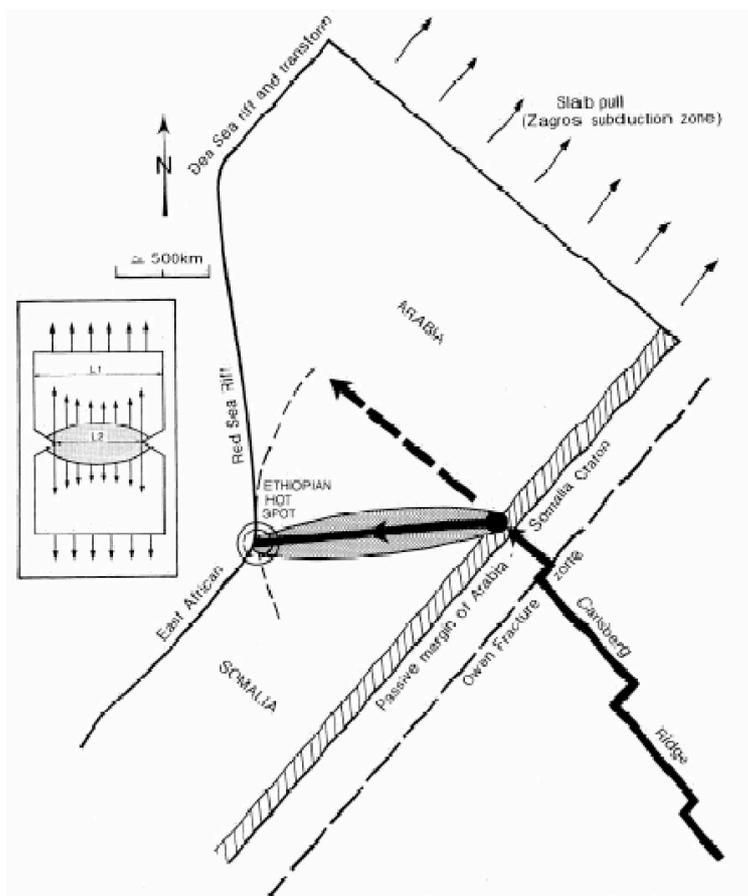


Figure 11. Relationship between initial shape of Arabia-Somalia plate and overall propagation path of Aden ridge. Predominant boundary forces, parallel to ARA-SOM motion vector, is taken to be slab pull along Zagros subduction zone. Passive margin of Arabia-Somalia craton is dashed. Solid circle is point where Aden rift hit Arabia-Somalia plate =30 Myr ago. Solid thick line represents propagation path of Aden ridge. Propagation direction is marked by arrow. Stippled area is necking zone, with maximum tensile stress concentration. Dashed thick line outlines simplest propagation path perpendicular to ARA-SOM motion. Thin dashed circular arc has radius equal to shortest path across the plate. Inset shows increased tension across notch in thin plate under uniaxial tension. L1 is plate width; L2 is narrower width of notched section. Size of arrows is proportional to tension. Zone of maximum stress concentration is stippled.

Figure 4. Modèle d'ouverture "actif" du golfe d'Aden par propagation de la dorsale de Carlsberg (Manighetti et al., 1997). La dorsale de Carlsberg progresse d'abord vers le NW puis infléchit sa course en direction du point chaud Afars.

ont été réalisés pour étayer ce scénario (Hubert-Ferrari et al., 2003).

3.2.b. Ouverture passive et migration du point triple AOC

Fournier et al. (2001) ont proposé un scénario dans lequel le point triple FFR initial n'est pas stable et évolue en point triple RRR qui migre vers l'ouest (Figure 5). La courbure actuelle de la dorsale à l'entrée du golfe d'Aden résulte alors de la différence d'orientation des dorsales de Carlsberg et d'Aden-Sheba au point triple. Cette courbure n'existe pas au début de l'ouverture et est acquise par migration du point triple vers l'ouest.

D'autre part, des travaux récents ont identifié l'anomalie An_{3c} (16 Ma) dans la majeure partie du golfe d'Aden, quasiment jusqu'à la discontinuité de Shukra El Sheik (45°E), et l'anomalie An_{3d} (18 Ma) à l'est de la faille transformante d'Alula-Fartak (d'Acremont, 2002; Huchon et Khanbari, 2003; Leroy et al., 2004). La propagation de la dorsale a donc été extrêmement rapide.

Un modèle alternatif d'ouverture du golfe d'Aden, qualifié de passif, peut donc être proposé. Le golfe d'Aden s'ouvre de manière quasi-instantanée suivant une direction N225°E sous l'effet des forces aux limites générées par le système de collision-subduction Zagros-Makran et combinées à la présence du point chaud Afars. Une dorsale d'orientation N75°E se met en place. Par la suite, cette dorsale est progressivement remplacée par la dorsale de Carlsberg par migration vers l'ouest du point triple Arabie-Inde-Somalie. La dorsale acquiert sa courbure actuelle au cours de cette migration.

Bellahsen et al. (2003) ont montré avec des expériences analogiques que l'interaction entre les forces aux limites générées par le système de collision-subduction Zagros-Makran et une zone de faiblesse associée au point chaud Afars, pouvait engendrer du rifting oblique dans la plaque subductante avec une géométrie similaire à celle du golfe d'Aden. La présence d'une zone de faiblesse correspondant à la dorsale de Carlsberg en propagation n'est pas nécessaire dans ces expériences.

3.2.c. Tester les modèles d'ouverture

D'autres scénarii peuvent être envisagés, comme la formation pendant un temps d'une microplaque de forme triangulaire, limitée au nord par la branche ultra-lente du point triple AOC, au SW par le segment NW de la dorsale de Carlsberg, et à l'est par l'extrémité sud (inactive actuellement) de la zone de fracture d'Owen, et permettant au point triple de sauter de son ancienne position à la nouvelle, comme le long de la dorsale Est Pacifique (e.g., Bird et al., 1999).

Pour tester ces hypothèses, il faut reconstituer l'évolution du point triple depuis 20 Ma, déterminer sa nature, et savoir s'il est stable ou transitoire. On saura ainsi si la courbure de la dorsale d'Aden-Sheba à l'est

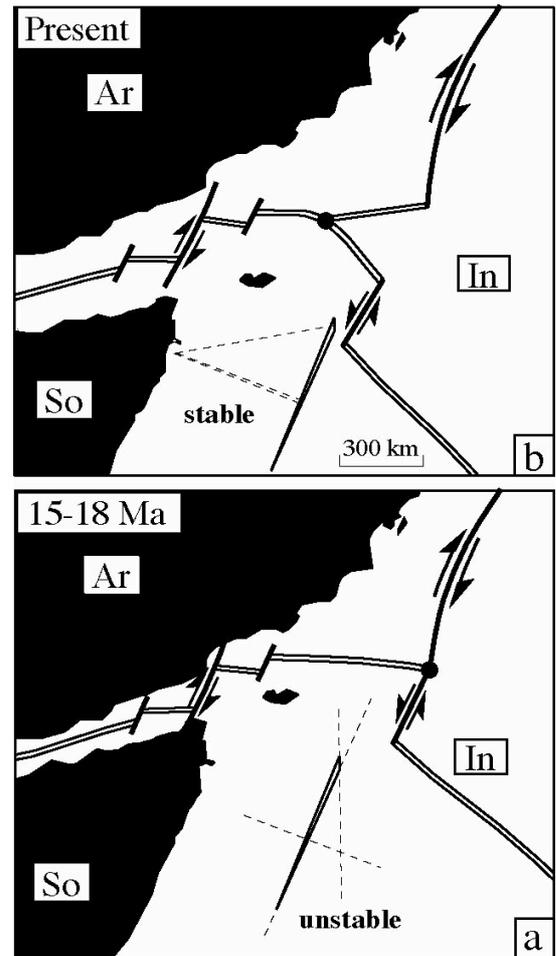


Figure 5. Evolution du point triple AOC pendant l'ouverture du golfe d'Aden. (a) Configuration possible au début de l'ouverture (15-18 Ma). La dorsale de Sheba naissante se connectait directement avec la zone de fracture d'Owen. Le point triple FFR instable a évolué en un point triple RRR (b) stable qui prévaut toujours aujourd'hui. Depuis, la dorsale de Carlsberg s'est propagée d'environ 300 km vers le NW au dépend de celle de Sheba (Fournier et al., 2001).

du golfe d'Aden est dû à la propagation de la dorsale venant buter sur la lithosphère continentale ou a été acquise par migration du point triple AOC. Un autre test consisterait à savoir si la partie sud de la zone de fracture d'Owen (entre 15°N et la faille transformante d'Owen) est réellement inactive et si oui depuis quand. Avec le sondeur 3.5 kHz qui met en évidence les failles récentes affectant les sédiments de surface, les failles actives seront observées si elles existent. Dans une suite à la campagne AOC, on peut envisager de tirer des profils sismiques à travers ce segment de la zone de fracture d'Owen pour voir si la couverture sédimentaire est déformée ou si au contraire elle scelle des failles anciennes. Par comparaison avec les profils sismiques de la campagne Encens-Sheba, les séries sédimentaires pourront être identifiées pour dater l'âge de la déformation. Des profils à travers la partie active de la zone de fracture d'Owen pourraient aussi être réalisés pour comparaison.

3.3. Existe-t-il des points triples FFR sur Terre ?

La reconstitution du mouvement des plaques lithosphériques à partir des anomalies magnétiques du plancher océanique a longtemps permis de conclure à l'existence de points triples RRF connectant une frontière transformante à une dorsale océanique. Les exemples connus de telles connections se trouvent (1) au point triple AOC (Aden-Owen-Carlsberg) qui connecte la zone de fracture d'Owen aux dorsales de Carlsberg et d'Aden-Sheba, (2) au point triple des Açores qui connecte la faille Gloria à la dorsale médio-Atlantique (MAR) (Figure 5), et (3) au point triple Juan Fernandez qui connecte la transformante du Chili à la dorsale Est Pacifique (EPR) (Figure 6).

En théorie, dans l'hypothèse où l'accrétion est orthogonale et symétrique, un point triple RRF n'est stable que dans le cas exceptionnel où les deux dorsales sont perpendiculaires (triangle des vitesses rectangle), et doit évoluer en point triple FFR, stable si le triangle des vitesses est isocèle ou plat.

En réalité, dans les trois exemples précités la frontière transformante évolue en frontière divergente au voisinage du point triple. Dans les deux premiers cas, le point triple RRF est probablement remplacé par un point triple RRR (Figures 3 et 6), et dans le dernier cas intervient la formation de la

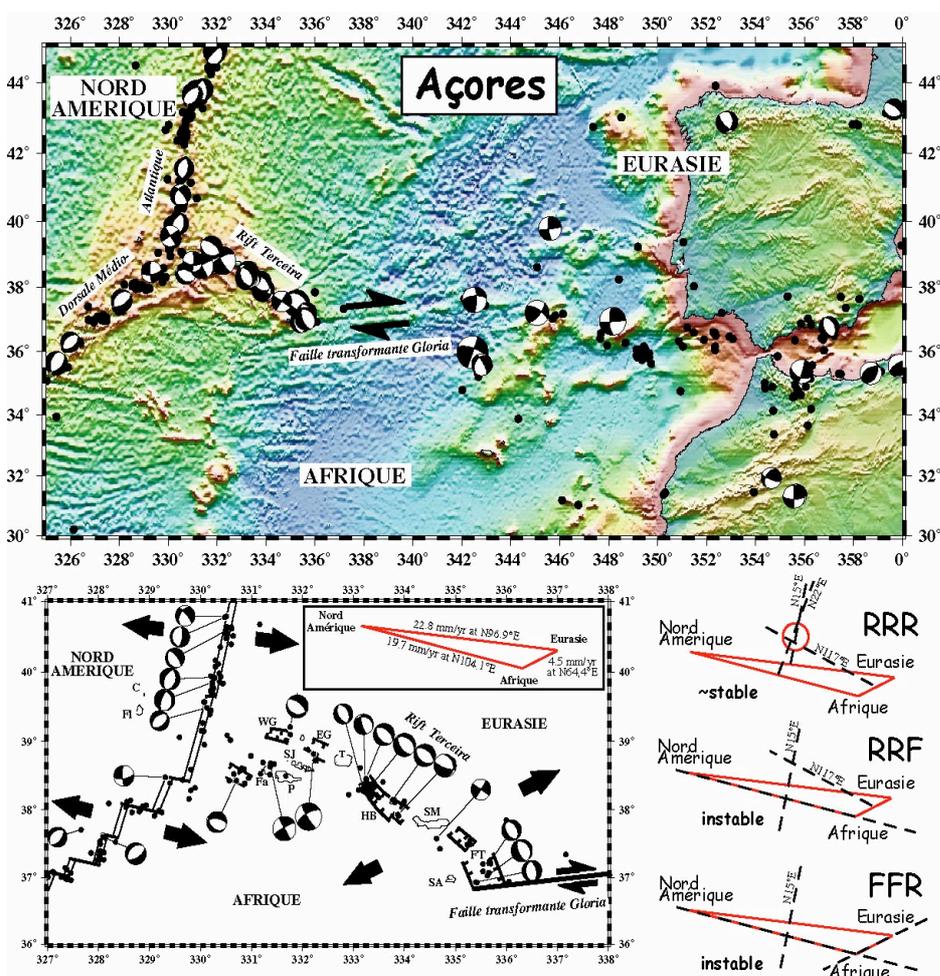


Figure 6. Sismicité, mécanismes au foyer et principales structures dans la zone du point triple des Açores. La localisation précise du point triple et sa nature sont indéterminées. Trois configurations sont envisagées (RRR, RRF, FFR). Seule la configuration RRR est stable (dans l'hypothèse où l'accrétion est symétrique et orthogonale sur la MAR).

microplaque Juan Fernandez.

Ainsi, les points triples RRF, dont on pensait connaître plusieurs exemples sur Terre, semblent ne jamais exister. Le remplacement d'un point triple RRF (ou FFR) dont les conditions de stabilité sont complexes par un point triple RRR toujours stable est sans doute la réponse mécanique de la lithosphère à des conditions cinématiques aux limites qui varient sensiblement au cours du temps.

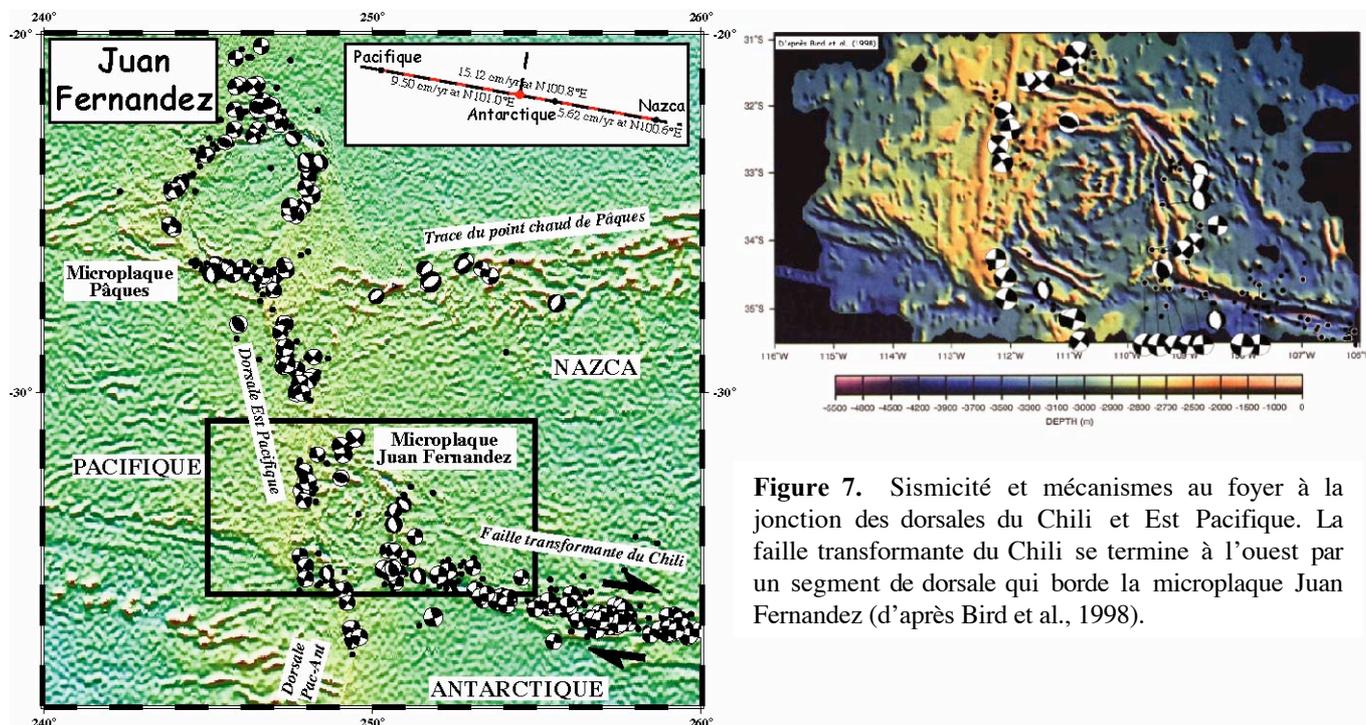


Figure 7. Sismicité et mécanismes au foyer à la jonction des dorsales du Chili et Est Pacifique. La faille transformante du Chili se termine à l'ouest par un segment de dorsale qui borde la microplaque Juan Fernandez (d'après Bird et al., 1998).

La campagne A.O.C. permettra de confirmer si le point triple Arabie-Inde-Somalie est de type RRR. Si c'est le cas, il sera identique au point triple des Açores ce qui renforcera l'hypothèse que la configuration RRR est la plus stable pour la connexion en point triple d'une frontière transformante avec une dorsale. Le point triple des Açores se trouvant en contexte de point chaud, les structures du rifting sur la branche lente du point triple sont très largement masquée par le volcanisme. On peut espérer de meilleures conditions d'observation sur la branche ultra-lente du point triple AOC en l'absence de point chaud.

3.4. Rifting dans la lithosphère océanique le long de la branche ultra-lente

La branche ultra-lente du point triple AOC est une frontière divergente. Le taux d'ouverture le long de cette frontière étant de l'ordre du millimètre par an et sa durée de vie n'excédant pas 20 Ma (âge maximum de l'initiation de l'accrétion dans le golfe d'Aden oriental), la quantité d'extension accommodée est de l'ordre de 20 km. Cette extension est maximale dans la partie Est de la branche ultra-lente, à proximité de la zone de fracture d'Owen, dans l'hypothèse où le point triple est stable et qu'il migre vers l'ouest. C'est d'ailleurs à ce niveau qu'on observe une dépression bathymétrique d'environ 1000m par rapport aux fonds environnants, dans laquelle un séisme extensif s'est produit (Figure 8). Il est probable que la vitesse d'ouverture trop lente et la quantité d'extension trop faible n'ont pas permis la mise en place d'un véritable centre d'accrétion. La déformation qui est en cours sur la branche ultra-lente du point triple correspond donc à un rifting intraplaque dans la lithosphère océanique, c'est-à-dire à un phénomène assez rare.

L'océan Indien équatorial fournit un autre exemple de déformation intraplaque diffuse dans la lithosphère océanique, avec de l'extension à l'ouest, à proximité de la ride de Chagos, et de la compression à

l'est (Wiens et al., 1986 ; Royer et Chang, 1991 ; Chamot-Rooke et al., 1994). Dans le cas de la branche ultra-lente du point triple AOC, il s'agit d'une déformation extensive et localisée qui affecte la lithosphère océanique. C'est peut-être le seul exemple connu d'une telle déformation.

La cartographie en couverture totale de la branche ultra-lente du point triple, depuis le point triple jusqu'à la zone de fracture d'Owen, en fera apparaître les principaux traits structuraux. Cette zone étant sismiquement active, on peut espérer observer des structures dans la topographie de détail et grâce au sondeur 3.5 kH, notamment à proximité de la zone de fracture d'Owen, là où a priori la quantité d'extension est maximale.

4. CAMPAGNES ANTERIEURES

Les campagnes antérieures dans ce secteur ne sont pas récentes (Figure 8), à l'exception d'Encens-Sheba qui s'est déroulée en juin 2000 (Figure 9) et de la campagne japonaise KH005 qui a eu lieu en décembre 2000-janvier 2001 dans la partie occidentale du golfe d'Aden.

Seule la campagne HK005 a longé la zone du point triple avec un sondeur multifaisceaux en suivant la dorsale d'Aden-Sheba. La zone d'A.O.C. est disjointe de celle d'Encens-Sheba. Les profils magnétiques de la campagne du Wilkes (1982) sur le flanc sud de la dorsale d'Aden-Sheba-Carlsberg, ainsi que des profils russes dans la même zone, seront utilisés (Figure 8).

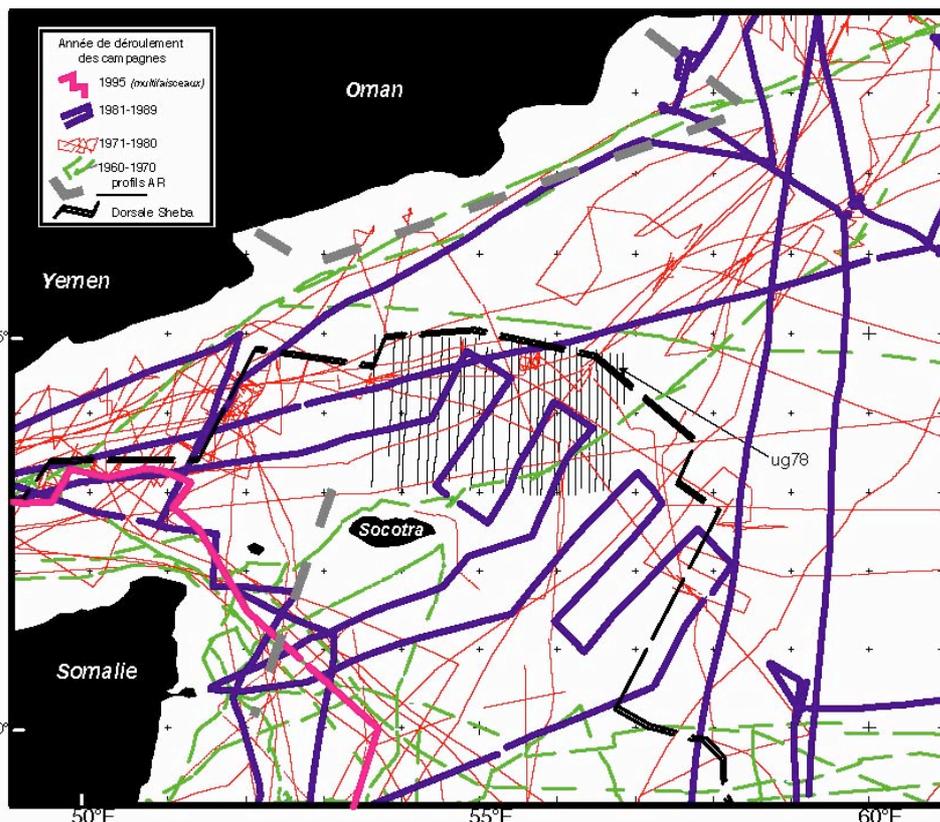


Figure 8. Campagnes océanographiques antérieures effectuées dans la zone d'étude. L'année des campagnes est indiquée sur le cartouche en haut à gauche de la figure.

5. SITUATION AU NIVEAU NATIONAL ET INTERNATIONAL

Depuis 1995, 3 campagnes océanographiques se sont déroulées dans le golfe d'Aden et deux autres sont programmées

• campagnes récentes :

- *Tadjouraden*, 1995, N/O L'Atalante, chef de mission P. Huchon, golfe d'Aden occidental, propagation vers l'ouest de la dorsale d'Aden

- *Encens-Sheba*, 2000, N/O Marion Dufresne, chefs de mission S. Leroy et P. Gente, chef de projet M. Fournier, golfe d'Aden oriental, marges conjuguées (Figure 9)

- *KH005*, 2000-2001, N/O Hakuho-Maru, chefs de mission H. Fujimoto et K. Tamaki, golfe d'Aden central ouest, repérage de sites de forage

• **campagne programmée** □

- *Encens-2*, chef de mission S. Leroy, chef de projet M. Fournier, golfe d'Aden oriental, structure profonde des marges conjuguées, sismique multitrace et OBS, programmée pour début 2006 sur L'Atalante.

- *Encens-flux*, chef de mission F. Lucazeau, flux de chaleur dans le golfe d'Aden oriental, programmée pour début 2006 sur L'Atalante.

Des participations croisées aux campagnes japonaise et françaises ont eu lieu et sont prévues (Toh et al., 2001). La collaboration sur le golfe d'Aden avec le laboratoire de K. Tamaki à l'Université de Tokyo est active et se poursuivra pour A.O.C.

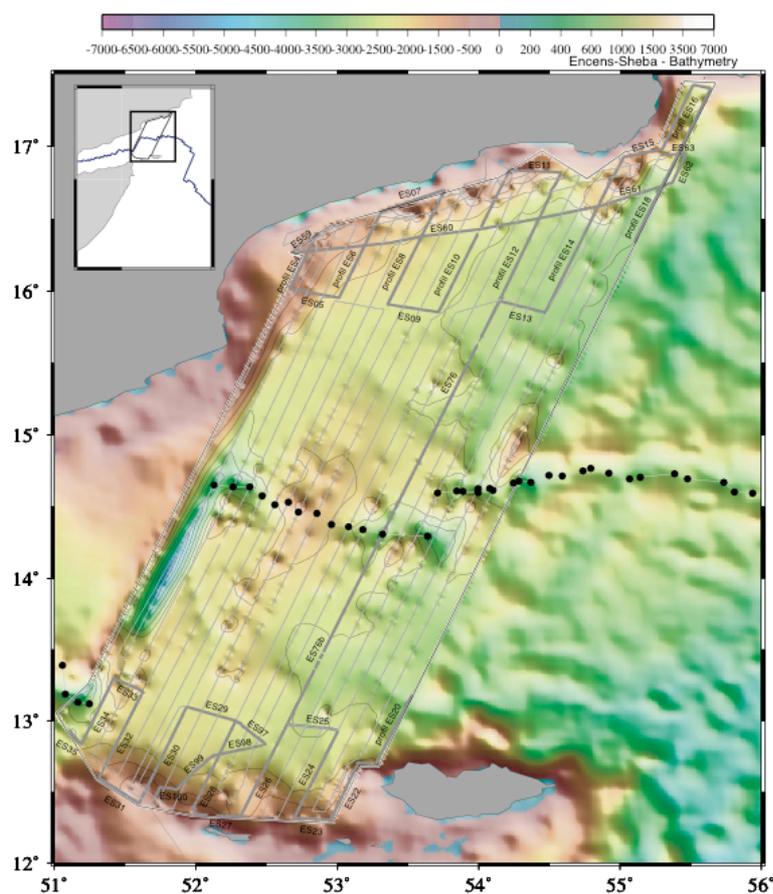


Figure 9. Plan de position de la campagne ENCENS-SHEBA. Les traits épais correspondent aux profils de sismique réflexion. Les points noirs indiquent la position de l'axe de la dorsale d'Aden-Sheba.

6. REFERENCES SUR LE SUJET

- d'Acremont, E., De la déchirure continentale à l'accrétion océanique : ouverture du golfe d'Aden. PhD Thesis, Univ. Paris 6, 325 p. (2002).
- d'Acremont, E., S. Leroy, M.-O. Beslier, N. Bellahsen, M. Fournier, C. Robin, M. Maia, and P. Gente, Structure and evolution of the eastern Gulf of Aden conjugate margins from seismic reflection data, *Geophys. J. Int.*, (in press).
- Audin, L., Pénétration de la dorsale d'Aden dans la dépression Afar entre 20 et 4 Ma. PhD Thesis, Univ. Paris 7, 318 p. (1999).
- Bellahsen, N., Croissance des failles normales et des rifts continentaux : développement du golfe d'Aden et dynamique de la plaque Arabe, PhD Thesis, Univ. Paris 6, 323 p. (2002).
- Bellahsen, N., C. Faccenna, F. Funiciello, J.M. Daniel, and L. Jolivet, Why did Arabia separate from Africa? Insights from 3-D laboratory experiments, *Earth and Planetary Science Letters*, 216, 365-381, 2003.
- Bellahsen, N., M. Fournier, E. d'Acremont, S. Leroy, and J.-M. Daniel, Fault reactivation and rift localization: The northeastern Gulf of Aden margin, *Tectonics*, (in press).
- Bird, R.T., Naar, D.F., Larson, R.L., Searle, R. C., and C. R. Scotese, Plate tectonic reconstructions of the Juan Fernandez microplate: Transformation from internal shear to rigid rotation, *J. Geophys. Res.*, 103, 7049-7067, 1998.
- Bird, R.T., Tebbens, S.F., Kleinrock, M.C., & Naar, D.F. Episodic triple-junction migration by rift propagation and microplates. *Geology* 27, 911-914 (1999).
- Chamot-Rooke, N., F. Jestin, B. De Voogd, and Phèdre Working Group, Intraplate shortening in the central Indian ocean determined from a 2100-km-long north-south deep seismic reflexion profile. *Geology*, 21, 1043-1046, 1994.
- Chase, C.G., Plate kinematics: the Americas, East Africa and the rest of the world, *Earth Planet. Sci. Lett.* 37 (1978) 355-368.
- Cochran, J.R., The Gulf of Aden : structure and evolution of a young ocean basin and continental margin, *J. Geophys. Res.* 86 (1981) 263-287.
- DeMets, C., R.G. Gordon, D.F. Argus, S. Stein, Current plate motion, *Geophys. J. Int.* 101 (1990) 425-478.

- DeMets, C., R.G. Gordon, D.F. Argus, S. Stein, Effects of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimates of current plates motions, *Geophys. Res. Lett.* 21 (1994) 2191-2194.
- Dziewonski, A.M. , G. Ekström, M.P. Salganik, Centroid-moment tensor solutions for April-June 1998, *Phys. Earth Planet. Int.* 104 (1999) 11-20.
- Fournier, M., P. Patriat, and S. Leroy, Reappraisal of the Arabia-India-Somalia triple junction kinematics, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 184, 103-114, 2001.
- Fournier, M., N. Bellahsen, O. Fabbri, and Y. Gunnell, Oblique rifting and segmentation of the NE Gulf of Aden passive margin, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 5, Q11005, doi:10.1029/2004GC000731, 2004.
- Gordon, R.G., C. DeMets, Present-day motion along the Owen fracture zone and Dalrymple trough in the Arabian Sea, *J. Geophys. Res.* 94 (1989) 5560-5570.
- Hubert-Ferrari, A., G. King, I. Manighetti, R. Armijo, B. Meyer, and P. Tapponnier, Long-term elasticity in the continental lithosphere; modelling the Aden Ridge propagation and the Anatolian extrusion process, *Geophys. J. Int.*, 153, 111-132, 2003.
- Huchon, P., and K. Khanbari, Rotation of the syn-rift stress field of the northern Gulf of Aden margin, Yemen, *Tectonophysics*, 364, 147-166, 2003.
- Jestin, F., P. Huchon, J.M. Gaulier, The Somalia plate and the East African rift system: Present-day kinematics, *Geophys. J. Int.* 116 (1994) 637-654.
- Kreemer, C., W.E. Holt, and A.J. Haines, An integrated global model of present-day plate motions and plate boundary deformation, *Geophys. J. Int.*, 154, 8-34, 2003
- Lallemant, S. J., N. Chamot-Rooke, X. Le Pichon, C. Rangin, Zenisu Ridge : a deep intraoceanic thrust related to subduction, off southwest Japan, *Tectonophysics.*, 160, 151-174, 1989.
- Larson, R.L., R.C. Searle, M.C. Kleinrock, H. Schouten, R.T. Bird, D.F. Naar, R.I. Rusby, E.E. Hooft, H. Lasthiotakis, Roller-bearing tectonic evolution of the Juan Fernandez microplate, *Nature* 356 (1992) 571-576.
- Lepvrier, C., M. Fournier, T. Bérard, and J. Roger, Cenozoic extension in coastal Dhofar (southern Oman): Implications on the oblique rifting of the gulf of Aden, *Tectonophysics*, 357, 279-293, 2002.
- Leroy, S., P. Gente, M. Fournier, E. d'Acremont, N. Bellahsen, M.-O. Beslier, P. Patriat, M. Maia, A. Blais, J. Perrot, A. Al-Kathiri, S. Merkuriev, P.-Y. Ruellan, J.-M. Fleury, C. Lepvrier, and P. Huchon, From rifting to spreading in the eastern Gulf of Aden: a geophysical survey of a young oceanic basin from margin to margin, *Terra Nova*, 16, 185-192, 2004.
- Ligi, M., E. Bonatti, G. Bortoluzzi, G. Carrara, P. Fabretti, D. Penitenti, D. Gilod, A.A. Peyve, S. Skolotnev, N. Turko, Death and transfiguration of a triple junction in the South Atlantic, *Science* 276 (1997) 243-245.
- Ligi, M., E. Bonatti, G. Bortoluzzi, G. Carrara, P. Fabretti D. Gilod, A.A. Peyve, S. Skolotnev, N. Turko, Bouvet Triple Junction in the South Atlantic: Geology and evolution, *J. Geophys. Res.*, 104, 29,365-29,385, 1999.
- Lonsdale, P., Structural pattern of the Galapagos microplate and evolution of the Galapagos triple junction, *J. Geophys. Res.* 93 (1988) 13,551-13,574.
- Manighetti, I., P. Tapponnier, V. Courtillot, S. Gruszow, P.Y. Gillot, Propagation of rifting along the Arabia-Somalia plate boundary: The Gulfs of Aden and Tadjoura, *J. Geophys. Res.* 102, (1997) 2681-2710.
- McKenzie, D.P., W.J. Morgan, Evolution of triple junctions, *Nature* 224 (1969) 125-133.
- Mercuriev, S., P. Patriat, N. Sochevanova, Evolution de la dorsale de Carlsberg: évidence pour une phase d'expansion très lente entre 40 et 25 Ma (A18 à A7), *Oceanologica Acta* 19 (1996) 1-13.
- Mitchell, N.C., R.A. Livermore, The present configuration of the Bouvet triple junction, *Geology* 26 (1998) 267-270.
- Mitchell, N.C., Distributed extension at the Indian Ocean triple junction, *J. Geophys. Res.* 96 (1991) 8019-8043.
- Minster, J.B., T.H. Jordan, Present-day plate motions, *J. Geophys. Res.* 83 (1978) 5331-5354.
- Quittmeyer, R.C., A.L. Kafka, Constraints on plate motions in southern Pakistan and the northern Arabian Sea from the focal mechanisms of small earthquakes, *J. Geophys. Res.* 89 (1984) 2444-2458.
- Royer, J.Y., and T. Chang, Evidence for relative motions between the Indian and Australian plates during the last 20 myr from plate tectonic reconstructions. Implications for the deformation of the Indo-Australian plates, *J. Geophys. Res.*, 96, 11,779-11,802, 1991.
- Sandwell, D.T., W.H.F. Smith, Marine gravity anomaly from Geosat and ERS-1 satellite altimetry, *J. Geophys. Res.* 102 (1997) 10039-10054.
- Searle, R., Tectonic pattern of the Azores spreading center and triple junction, *Earth Planet. Sci. Lett.* 51 (1980) 415-434.
- Toh, H., T. Goto, E. d'Acremont, and S. Leroy, Electrical 2D section of a continental break-up region, Gulf of Aden - Results from the ANC cruise, in Fall Meeting, edited by AGU, San Francisco, 2001.
- Wiens, D.A., S. Stein, C. DeMets, R.G. Gordon, and C. Stein, Plate tectonic models for Indian Ocean intraplate deformation, *Tectonophysics.*, 132, 37-48, 19.
- Wilson, T. W., A new class of faults and their bearing on continental drift, *Nature*, 207, 343-347, 1965.

DOCUMENT N° 2

NOM DE LA CAMPAGNE :
A.O.C. (Aden - Owen - Carlsberg)

DESCRIPTIF DE LA CAMPAGNE

Le documents 2 ne doit pas dépasser 6 pages maximum

Déroulement général de la mission,

- La durée sur zone nécessaire est de **12 jours** pour couvrir toute la zone du point triple.
- La période souhaitée est hors mousson (éviter juin à début septembre).
- Le port de départ et d'arrivée peut être Djibouti, La Réunion, ou Raysut (Oman). Le temps de transit depuis Djibouti est d'environ 2 jours, 7 jours depuis La Réunion, et nul depuis Raysut.

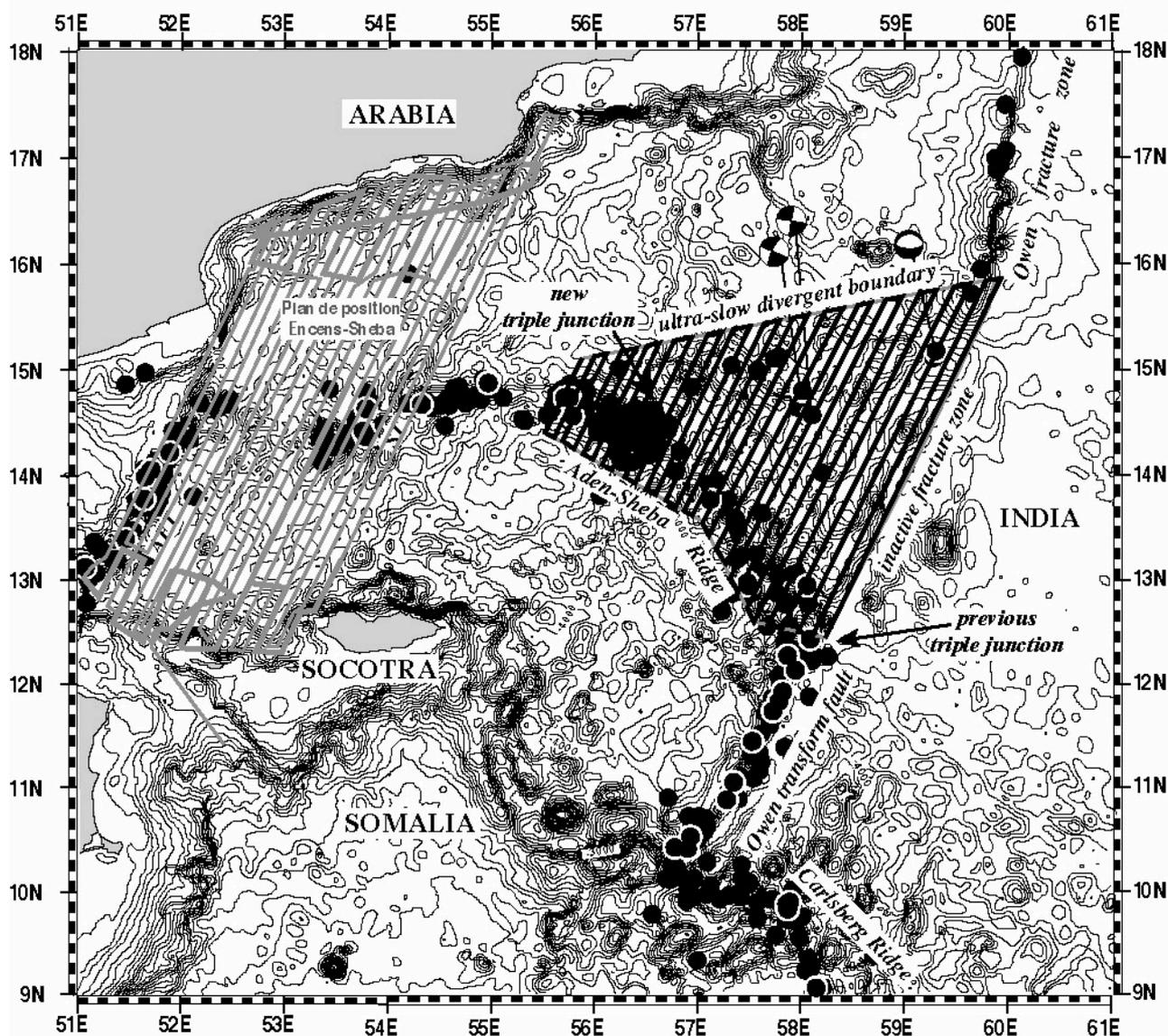


Figure 10. Plan de position proposé pour la campagne A.O.C. (11,2 jours à 11 noeuds). Le plan de position de la campagne Encens-Sheba est représenté en gris.

Scénario et plan détaillés de la mission

La Figure 10 montre le plan de position proposé pour la campagne A.O.C. Le plan de position de la campagne Encens-Sheba est montré en grisé. En moyenne les profils sont espacés d'environ 6-7 milles pour assurer une couverture bathymétrique totale à des profondeurs variant entre 2000 et 4000m. Les profils correspondent à des profils de sondeur multifaisceaux (SMF), magnétisme et gravimétrie qui seront réalisés à la vitesse de 11 nœuds.

La zone du point triple est triangulaire, délimitée au nord par la frontière de plaque ultra-lente Arabie-Inde, au sud par la dorsale d'Aden-Sheba, et à l'est par la partie inactive de la zone de fracture d'Owen (Figure 10). La totalité de la zone peut être couverte en continu en effectuant 29 profils parallèles orientés, parallèlement à la direction d'accrétion des dorsales d'Aden-Sheba et de Carlsberg (N25°E) et à peu près perpendiculaires aux structures sur la branche ultra-lente du point triple. L'analyse des profils magnétiques d'Encens-Sheba a montré que l'accrétion sur la dorsale d'Aden-Sheba n'est ni orthogonale ni symétrique, et que des sauts de dorsale se sont produits pendant l'ouverture du golfe d'Aden. Il est donc préférable d'orienter les profils magnétiques parallèlement à la direction d'accrétion pour avoir la meilleure résolution possible. Quelques courts profils perpendiculaires à la partie inactive de la zone de fracture d'Owen et définis pendant la campagne à partir des données bathymétriques pourront éventuellement être réalisés.

La distance totale estimée est de 2945 milles, ce qui correspond à une durée de 11,2 jours. (10 jours à la vitesse de 12 nœuds).

Estimation du temps nécessaire aux opérations

Tableau 1. Déroulement de la campagne

Jour	Opérations	Milles	Outils utilisés
J0	Début des profils bathy-gravi-mag	0	magnétomètre
J11,2	Fin des profils bathy-gravi-mag	2945	magnétomètre

DOCUMENT N° 3

NOM DE LA CAMPAGNE :

A.O.C. (Aden – Owen – Carlsberg)

MOYENS A METTRE EN OEUVRE

- **Navire support, submersible et positionnement (justifier le choix du navire et du submersible)**
- **Équipements fixes mis en œuvre par GENAVIR, par l'IPEV ou par l'IRD** (Tableau précisant pour chaque équipement : le type, le nombre, la fréquence et la durée d'utilisation envisagés)
- **Équipements mobiles mis en œuvre par GENAVIR, par l'IPEV, par l'IRD ou les parcs nationaux (INSU)** (Tableau précisant pour chaque équipement : le type, le nombre, la fréquence et la durée d'utilisation envisagés)
- **Laboratoires et outils de dépouillement informatique nécessaires à bord**
- **Est-il prévu d'embarquer des produits chimiques ou radioactifs ? pour les éléments radioactifs précisez lesquels**
- **Matériel propre de l'équipe demandeuse (préciser existant ou à acquérir)**
- **Personnel spécialisé si nécessaire**
- **Besoins en équipements ou matériels complémentaires (préciser quels types ou spécifications)**
- **Matériels fournis par des organismes extérieurs (préciser quels organismes ou laboratoires)**
- **Moyens terrestres à mettre en œuvre**

- **Navire support, submersibles et positionnement**

Le Marion Dufresne et L'Atalante sont adaptés pour la campagne A.O.C.

Le positionnement GPS standard sera utilisé.

- **Équipements mis en œuvre par GENAVIR, l'IPEV ou l'IRD (pour toute la durée de la mission)**

Sondeur multifaisceaux

3.5 kHz

Gravimètre

Magnétomètre à protons

- **Est-il prévu d'embarquer des produits chimiques ou radioactifs ?**

Non

- **Laboratoires et outils de dépouillement informatique nécessaires à bord**

Ceux nécessaires à la mise en œuvre des équipements listés ci-dessus.

- **Matériel propre de l'équipe demandeuse**

Stations de travail pour le prétraitement des données de bathymétrie multi-faisceaux et gravi-mag (existant)

- **Personnel spécialisé**

Opérateurs acquisition et rejeu du sondeur multifaisceaux

- **Besoins en équipements ou matériels complémentaires ?**

Non

- **Matériels fournis par des organismes extérieurs**

Aucun

- **Moyens terrestres à mettre en œuvre**

Non

DOCUMENT N° 4

NOM DE LA CAMPAGNE :

A.O.C. (Aden – Owen – Carlsberg)

ANALYSE ET TRAITEMENT DES ECHANTILLONS ET DES DONNEES

- **Analyses et traitements des échantillons et des données effectués à bord** (liste exhaustive, référence des méthodes de traitement)
- **Analyses et traitements des échantillons et des données effectués à terre** (liste exhaustive, référence des méthodes de traitement) - calendrier
- **Archivage des données** (lieux, supports, mise à disposition des utilisateurs)
- **Stockage des échantillons** (lieux et dispositifs pris pour leur conservation, leur maintenance et leur mise à disposition des utilisateurs)
- **Prévision et calendrier de publication des résultats** (distinguer rapports de données, articles scientifiques, thèses ...)

- **Analyse et traitement des données à bord**☐

Navigation : contrôle de qualité, traitement (si nécessaire), et archivage des données de navigation.

Prétraitement des données bathymétriques multifaisceaux

Prétraitement des données gravimétriques et magnétiques

Interprétation préliminaire de l'ensemble des données

- **Analyse et traitement des données à terre**☐

Traitement des données magnétiques et gravimétriques, modélisation 2D

Interprétation de l'ensemble des données pour reconstituer l'évolution du point triple

- **Archivage des données**☐

Lieu☐Laboratoire de tectonique, Université Paris 6

Support☐DVD, cassettes DAT

- **Prévision et calendrier de publication des résultats**

L'ensemble des données géophysiques sera traité dans les deux années suivant la campagne.

Préparation d'un mémoire de DEA et d'une thèse

1 article général dans les 2-3 ans, des articles de détail postérieurement

DOCUMENT N° 5	NOM DE LA CAMPAGNE : A.O.C. (Aden – Owen – Carlsberg)
----------------------	---

EQUIPE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

- **Equipe demandeuse : chef de projet - chefs de missions - équipe embarquée – équipe à terre (Laboratoire, spécialité, responsabilité et rôle à bord et à terre, participation à de précédentes campagnes)**
- **Présentation des références scientifiques récentes de l'équipe demandeuse et, en particulier, état du traitement des données des dernières campagnes menées par les équipes participantes**
- **Collaborations prévues (ne mentionner que si l'accord est acquis) - parts respectives des participations nationales ou internationales à terre et en mer. Y a-t-il un protocole ?**

1 - Equipe demandeuse

Chef de projet : Marc Fournier
Chef de mission : Marc Fournier

Equipe embarquée

Nom Prénom	Institut Laboratoire	Spécialité	Responsabilité et rôle à bord (données, analyses)	Responsabilité et rôle à terre (données, analyses)
BELLAHSEN Nicolas	Univ. Stanford	tectonique, modélisation analogique	traitement bathymétrie	modélisation analogique
FABBRI Olivier	Univ. Franche-Comté	tectonique	traitement bathymétrie	analyse tectonique
FOURNIER Marc	Tectonique UPMC	tectonique, cinématique	chef de mission	synthèse des données
HUCHON Philippe	Tectonique UPMC	géologie-géophysique marine, cinématique	traitement gravimétrie	synthèse des données
KHANBARI Khaled	Univ. de Sanaa, Yémen	tectonique	traitement bathymétrie	analyse tectonique
LALLEMANT Siegfried	Univ. Cergy-Pontoise	géologie-géophysique marine	traitement bathymétrie	analyse bathymétrie
MAILLOT Bertrand	Univ. Cergy-Pontoise	modélisation numérique	traitement bathymétrie	modélisation numérique
PATRIAT Philippe	Chercheur bénévole	magnétisme	traitement magnétisme	analyse magnétisme
PETIT Carole	Tectonique UPMC	gravimétrie	traitement gravimétrie	analyse gravimétrie
SLOAN Heather	Univ. New York	magnétisme	traitement magnétisme	analyse magnétisme

Equipe à terre : les mêmes et

Nom Prénom	Institut Laboratoire	Spécialité	Responsabilité et rôle	Temps consacré (Equivalent temps plein)
GENTE Pascal	IUEM Brest	géologie marine	synthèse régionale	10%
LE PICHON Xavier	Collège de France	cinématique	synthèse cinématique	3%

Campagnes auxquelles les membres de l'équipe demandeuse ont participé au cours des 10 dernières années

Nom des campagnes	Année	Noms des membres de l'équipe demandeuse ayant participé
Encens-Sheba	2000	Bellahsen, Fournier, Patriat
Chamak	2004	Lallemant
Tadjouraden	1995	Huchon, Khanbari
KH005-ANNC	2000	Huchon
Kaiko-Tokai	1996	Huchon, Lallemant
ODP Leg 180	1998	Huchon

2 - Références scientifiques de l'équipe demandeuse

Marc Fournier

- Bellahsen, N., M. Fournier, E. d'Acremont, S. Leroy, and J.-M. Daniel, Fault reactivation and rift localization: The northeastern Gulf of Aden margin, *Tectonics*, (in press).
- d'Acremont, E., S. Leroy, M.-O. Beslier, N. Bellahsen, M. Fournier, C. Robin, M. Maia, and P. Gente, Structure and evolution of the eastern Gulf of Aden conjugate margins from seismic reflection data, *Geophys. J. Int.*, (in press).
- Petit, C., and M. Fournier, Present-day velocity and stress fields of the Amurian plate from thin-shell finite element modeling, *Geophys. J. Int.*, 160, 357-369, 2005.
- Fournier, M., N. Bellahsen, O. Fabbri, and Y. Gunnell, Oblique rifting and segmentation of the NE Gulf of Aden passive margin, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 5, Q11005, doi:10.1029/2004GC000731, 2004.
- Fabbri, O., P. Monié, and M. Fournier, Transtensional deformation at the junction between the Okinawa Trough back-arc basin and the SW Japan island arc, in Grocott J., McCaffrey K. J. W., Taylor G. and Tikoff B. (eds), *Vertical Coupling and Decoupling in the Lithosphere*, *Geol. Soc. London Spec. Pub.*, 227, 297-312, 2004.
- Leroy, S., P. Gente, M. Fournier, E. d'Acremont, N. Bellahsen, M.-O. Beslier, P. Patriat, M. Maia, A. Blais, J. Perrot, A. Al-Kathiri, S. Merkouriev, P.-Y. Ruellan, J.-M. Fleury, C. Lepvrier, and P. Huchon, From rifting to spreading in the eastern Gulf of Aden: a geophysical survey of a young oceanic basin from margin to margin, *Terra Nova*, 16, 185-192, 2004.
- Fournier, M., L. Jolivet, P. Davy, and J. C. Thomas, Back arc extension and collision: an experimental approach of the tectonics of Asia, *Geophys. J. Int.*, 157, 871-889, 2004.
- Agard, P., M. Fournier, and O. Lacombe, Post-nappe brittle extension in the inner Western Alps (Schistes Lustrés) following late ductile exhumation: a record of synextension block rotation, *Terra Nova*, 15, 306-314, 2003.
- Lepvrier, C., M. Fournier, T. Bérard, and J. Roger, Cenozoic extension in coastal Dhofar (southern Oman): Implications on the oblique rifting of the gulf of Aden, *Tectonophysics*, 357, 279-293, 2002.
- Malavieille, J., S.E. Lallemand, S. Dominguez, A. Deschamps, C.Y. Lu, S.-S. Liu, P. Schnürle, and the ACT scientific crew (including M. Fournier), Arc-continent collision in Taiwan: New marine observations and tectonic evolution, in Byrne, T.B. and Liu, C.-S., eds., *Geology and Geophysics of an Arc-Continent collision, Taiwan, Republic of china*, Boulder, Colorado, *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.*, 358, 189-213, 2002.
- Fournier, M., O. Fabbri, J. Angelier, and J.P. Cadet, Kinematics and timing of opening of the Okinawa Trough: Insights from regional seismicity and onland deformation in the Ryukyu arc, *J. Geophys. Res.*, 106, 13,751-13768, 2001.
- Fournier, M., P. Patriat, and S. Leroy, Reappraisal of the Arabia-India-Somalia triple junction kinematics, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 184, 103-114, 2001.
- Fabbri, O., and Fournier, M., Extension in the southern Ryukyu arc (Japan): Link with oblique subduction and back-arc rifting, *Tectonics*, 18, 486-497, 1999.
- Lallemand, S., S.-S. Liu, S. Dominguez, P. Schnürle, J. Malavieille, and the ACT scientific crew (including M. Fournier), Trench-parallel stretching and folding of forearc basins and lateral migration of accretionary wedges in the southern Ryukyus: a case of strain partition caused by oblique convergence, *Tectonics*, 18, 231-247, 1999.
- Jolivet, L., C. Faccenna, N. d'Agostino, M. Fournier, and D. Worrall, The kinematics of back-arc basins, examples from the Tyrrhenian, Aegean and Japan Seas, in *Continental Tectonics*, *Geol. Soc. Spec. Pub.*, vol. 164, edited by C. Mac Niocaill and P. D. Ryan, pp. 21-53, 1999.
- Sibuet, J.C., B. Deffontaines, S.-K. Hsu, N. Thureau, J.P. Le Formal, C.-S. Liu, and the ACT scientific crew (including M. Fournier), Okinawa Trough backarc basin: Early tectonic and magmatic evolution, *J. Geophys. Res.*, 103, 30,245-30,267, 1998.
- Fabbri, O., J. Charvet, and M. Fournier, Alternate senses of displacement along the Tsushima fault system during the Neogene based on fracture analyses near the western margin of the Japan Sea, *Tectonophysics*, 257, 275-295, 1996.
- Le Pichon, X., S. F. Pollitz, M. Fournier, J. P. Cadet, S. Lallemand, and N. Chamot-Rooke, Distribution of shortening landward and oceanward of the eastern Nankai Trough due to the Izu-Ogasawara ridge collision, *Earth Planet Sci. Lett.*, 137, 145-156, 1996.
- Fournier, M., L. Jolivet, and O. Fabbri, Neogene stress field in SW Japan and mechanism of deformation during the Japan Sea opening, *J. Geophys. Res.*, 100, B12, 24,295-24,314, 1995.
- Jolivet, L., H. Shibuya, and M. Fournier, Paleomagnetic rotations and the Japan Sea opening, in *Active Margins and Marginal Basins of Western Pacific*, *Geophys. Monogr. Ser.*, vol. 88, edited by Brian Taylor and James Natland, pp. 355-369, AGU, Washington, D. C, 1995.
- Fournier, M., L. Jolivet, P. Huchon, K. F. Sergeev, and L. S. Ocorbin, Neogene strike-slip faulting in Sakhalin and the Japan Sea opening, *J. Geophys. Res.*, 99, 2701-2715, 1994.
- Fournier, M., and J. P. Cadet, Structural study of the lower scarp of the inner eastern Nankai accretionary wedge, *JAMSTEC J. Deep-Sea Res.*, 323-329, 1994.
- Jolivet, L., K. Tamaki, and M. Fournier, Japan Sea, opening history and mechanism : A synthesis, *J. Geophys. Res.*, 99, 22,237-22,259, 1994.
- Le Pichon, X., S. Lallemand, M. Fournier, J. P. Cadet, and K. Kobayashi, Shear partitioning in the eastern Nankai Trough : evidence from submersible dives, *EPSL*, 128, 77-83, 1994.

Philippe Huchon

- Huchon P. and Khanbari K., Rotation of the syn-rift stress field of the northern Gulf of Aden margin, Yemen, *Tectonophysics*, 164 (3-4), 147-166, 2003.
- Taylor B. and Huchon P., Active continental extension in the Western Woodlark basin: a synthesis of Leg 180 results, *Proceedings ODP, Scientific Results*, leg 180. Huchon P., Taylor B. and Klaus A., Eds, 2002.
- Gardien V., Allemand P., Bertrand H., Le Gall B., Célérier B., Louvel V. and Huchon P., Low P-T evolution of the continental crust exhumed during the Woodlark basin seafloor spreading system, *Proceedings ODP, Scientific Results*, leg 180. Huchon P., Taylor B. and Klaus A., Eds, 2002.
- Louvel V., Le Gall B., Célérier B., Gardien V. and Huchon P., Structural analysis of the footwall fault block of the Moresby detachment (Woodlark rift basin) from boreholes images, *Proceedings ODP, Scientific Results*, leg 180. Huchon P., Taylor B. and Klaus A., Eds, 2002.
- Célérier B., Louvel V., Le Gall B., Gardien V. and Huchon P., Presentation and structural analysis of FMS electrical images in the Woodlark basin, *Proceedings ODP, Scientific Results*, leg 180. Huchon P., Taylor B. and Klaus A., Eds, 2002.
- Huchon P. and Tokuyama H., Preface to the Special issue on "Japan-France KAIKO-TOKAI project - Tectonics of subduction in the Nankai trough, *Mar. Geol.*, 187, 1/2, 1-2, 2002.
- Robertson, A.H.F., S. Awadallah, S. Gerbaudo, K. Lackschewitz, B. Monteleone, T. Sharp, and other members of the Shipboard Scientific Party (including P. Huchon), In R.C.L. Wilson, R. Whitmarsh, B. Taylor, and N. Froitzheim (eds.), Non-Volcanic Rifting of Continental Margins - a Comparison of Evidence From Land and Sea, *Geological Society, London, Spec. Pub.* 187, 335-372, 2001.
- Hébert, H., Deplus, C., Huchon, P., Khanbari, K & Audin, L., Lithospheric structure of a nascent spreading ridge inferred from gravity data: the western Gulf of Aden, *J. Geophys. Res.*, 106, B11, 26,345-26,363, 2001.
- Huchon, P., Nguyen, T.N.H. & Chamot-Rooke, N., Propagation of continental break-up in the south-western South China Sea, In: Wilson, R.C.L., Whitmarsh, R.B., Taylor, B. & Froitzheim, N (eds): Non-volcanic rifting of continental margins: a comparison of evidence from land and sea; *Geological Society, London, Special Publication*, 187, 31-50, 2001.
- Dauteuil, O., Huchon, P., Quemeneur, F. & Souriot, T., Propagation of an oblique rift: the western Gulf of Aden, *Tectonophysics*, 332, 423-442, 2001.
- Audin L., Tapponnier P., Manighetti I., Métivier F. & Huchon P., Fault propagation and climatic control of sedimentation on the Ghoubbet Rift floor: insights from the Tadjouraden cruise in the western gulf of Aden, *Geophys. J. Int.*, 144, 1-28, 2001.
- Walpersdorf A., Vigny C., Ruegg J.C., Huchon P., Asfaw L.M. & Al Khirbash S., 5 years of GPS observations on the Artasana'a baseline across the Afar triple junction, *J. of Geodynamics*, 28, 2-3, 225-236, 1999.
- Taylor B., Huchon P., Klaus A. & the Leg 180 Scientific Party, Continental Rifting, Low-angle Normal Faulting and Deep Biosphere: Results of Leg 180 Drilling in the Woodlark Basin *JOIDES Journal*, 25, 1 4-7, 1999.
- Taylor B., Huchon P., Klaus A. & the Leg 180 Scientific Party, Continental Rifting, Low-angle Normal Faulting and Deep Biosphere: Results of Leg 180 Drilling in the Woodlark Basin *MARGINS Newsletter*, 3, 8-11, 1999.
- Taylor B., Huchon P., Klaus A. et al., *Proceedings ODP, Initial Reports*, leg 180 [CD-ROM] 1999. Available: Ocean Drilling Program, Texas A&M University, College Station, TX 778 45-9547, U.S.A
- Geoffroy L., Huchon P. & Khanbari K., Did Yemeni tertiary granites intrude neck zones of a stretched continental upper crust ? *Terra Nova*, 10, 4, 196-200, 1998
- Huchon, P., Nguyen T. N. H. & Chamot-Rooke N. Finite extension across the South Vietnam basins from 3D gravimetric modeling: relation to South China Sea kinematics, *Mar. Petrol. Geol.*, 15, 619-634, 1998
- Lallemant S.J., Taira A., Huchon P., Tokuyama H., Henry P., Mazzotti S., Le Pichon X. & KAIKO TOKAI'96 on board scientific party, Shallow decollement at the toe of the Eastern Nankai accretionary wedge revisited, new insights from a deep tow SAR/PASISAR survey (KAIKO TOKAI 1996 cruise), *C.R.Acad.Sc.*, 326, 877-884, 1998
- Huchon P., Tokuyama H., Lallemant S.J., Taira A., Le Pichon X., Mazzotti S. & KAIKO TOKAI'96 on board scientific party, Pervasive dextral strike-slip faulting within the backstop of the Eastern Nankai wedge confirmed by deep-towed seismic data (KAIKO TOKAI'96 cruise), *C.R.Acad.Sc.*, 326, 869-875, 1998
- Marquis, G., Roques, D., Huchon, P., Coulon, O., Chamot-Rooke N., Rangin, C. & Le Pichon, X., Amount and timing of extension along the continental margin off central Vietnam, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 168, 6, 15-24, 1997
- Roques, D., Rangin, C. & Huchon, P., Geometry and sense of motion along the Vietnam continental margin: onshore / offshore Danang area, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 168, 4, 413-422, 1997.
- Le Pichon, X., Lallemant, S., Tokuyama, H., Thoué, F., Huchon, P. & Henry, P., Structure and evolution of the backstop in the eastern Nankai trough area (Japan) : implications for the soon to come Tokai earthquake, *Island arcs*, 5, 440-454, 1996.

Carole Petit

- PETIT, C., and M. FOURNIER, Present-day velocity and stress fields of the Amurian plate from thin-shell finite element modeling, *Geophys. J. Int.*, 160, 357-369, 2005.

- MOUTHEREAU, F. and PETIT, C., Rheology and strength of the Eurasian continental lithosphere in the foreland of the Taiwan collision belt: Constraints from seismicity, flexure, and structural styles, *J. Geophys. Res.*, 108, DOI 10.1029/2002JB002098.
- TIBERI C., DIAMENT M., DEVERCHERE J., PETIT C., MIKHAILOV V., TIKHOTSKY S., ACHAUER U., 2003, Deep structure of the Baikal rift zone revealed by joint inversion of gravity and seismology, *J. Geophys. Res.*, 108, DOI 10.1029/2002JB001880.
- EBINGER, C., PETIT, C., et BUROV, E., Causes and consequences of lithospheric extension: the ups and downs of continental rifts, in *Sedimentation in continental rifts*, SEPM Special Publication n° 73, 11-23, 2002.
- PETIT, C., DEVERCHERE, J., CALAIS, E., SAN'KOV, V. et FAIRHEAD, D., Deep structure and mechanical behavior of the lithosphere in the Hangai-Hövsgöl region, Mongolia: new constraints from gravity modeling, *EPSL*, 197, 133-149, 2002.
- DEVERCHERE, J., PETIT, C., GILEVA, N. , RADZIMINOVITCH, N., MELNIKOVA, V., and SAN'KOV, V., Depth distribution of earthquakes in the Baikal Rift System and its implications for the rheology of the lithosphere, *Geophys. J. Int.*, 146(3), 714-730, 2001.
- PETIT, C., ET EBINGER, C., 2000, Flexure and mechanical behavior of cratonic lithosphere: Gravity models of the East African and Baikal rifts, *J. Geophys. Res.*, 105, 19151-19162.
- PETIT, C., KOULAKOV, I. ET DEVERCHERE, J., 1998, Velocity structure around the Baikal rift zone from teleseismic and regional earthquake travel times and geodynamic implications, *Tectonophysics*, 296, 125-144.
- PETIT, C., 1998, Style of active intraplate deformation from gravity and seismicity data: the Baikal rift, *Asia, Terra Nova*, 10, 160-169.
- PETIT, C., BUROV, E., ET DEVERCHERE, J., 1997, On the structure and mechanical behavior of the extending lithosphere in the Baikal rift from gravity modeling, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 149, 29-42.
- DELVAUX, D., MOEYS, R., STAPEL, G., PETIT, C., LEVI, K., MIROSHNICHENKO, A., RUZHICH, V., ET SANKOV, V., 1997, Paleostress reconstruction and geodynamics of the Baikal region, Central Asia. Part II: Cenozoic tectonic stress and fault kinematics, *Tectonophysics*, 282, 1-38.
- PETIT, C., DEVERCHERE, J., HOUDRY, F., SANKOV, V.A., MELNIKOVA, V.I., ET DELVAUX, D., Present-day stress field changes along the Baikal rift and tectonic implications, *Tectonics*, 15, 1171-1191, 1996,.

Etc...

3 - Collaborations prévues

(Précisez l'appartenance à un programme national, international REX, PI européens)

- OMAN : HILAL MOHAMMED AL-AZRI, Deputy Director General of Minerals
Ministry of Commerce and Industry, Muscat, Sultanate of Oman
- YEMEN : KHALED KHANBARI, Assistant
Université de Sana'a, Yémen

DOCUMENT N° 6

NOM DE LA CAMPAGNE :

A.O.C. (Aden – Owen – Carlsberg)

ASPECTS INTERNATIONAUX ET ENGAGEMENTS CONTRACTUELS

- **Distinction entre travaux Eaux internationales - ZEE - Eaux territoriales**
- **Contacts préliminaires éventuellement pris et interlocuteurs privilégiés des pays riverains**
- **Personnel étranger invité**
- **Manifestations éventuelles post-campagnes (colloques, conférences, échanges de personnel)**
- **Engagements contractuels dans le cadre de programmes européens, financements européens**
- **Autres engagements contractuels**

- **Distinction entre travaux Eaux internationales - ZEE - Eaux territoriales**

La campagne se déroulera dans les ZEE de l'Oman et du Yémen (Socotra est un territoire yéménite).

- **Contacts préliminaires éventuellement pris et interlocuteurs privilégiés des pays riverains**

- OMAN : HILAL MOHAMMED AL-AZRI, Deputy Director General of Minerals
Ministry of Commerce and Industry, Muscat, Sultanate of Oman
SALIM AL-BU SAIDI, Director of Geological Survey
Directorate General of Minerals, Ministry of Commerce and Industry, Muscat, Sultanate of Oman
- YEMEN : KHALED KHANBARI, Assistant
Université de Sana'a, Yémen

- **Personnel étranger invité**

KHALED KHANBARI, Assistant, Université de Sana'a, Yémen

- **Manifestations éventuelles post-campagnes (colloques, conférences, échanges de personnel)**

Présentations des résultats dans un congrès international

- **Engagements contractuels dans le cadre de programmes européens**

non

- **Autre engagements contractuels**

non

DOCUMENT N° 7

NOM DE LA CAMPAGNE :

A.O.C. (Aden – Owen – Carlsberg)

**CURRICULUM VITAE
DU CHEF DE PROJET ET DU CHEF DE MISSION**
(1 page chacun au maximum)

Marc FOURNIER

Né le 3 Mai 1966, français, 3 enfants

Unité de rattachement : UMR 7072 Tectonique, UPMC, Case 129,
4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05

1990-94 Doctorat de l'Université P. & M. Curie effectué à l'Ecole Normale Supérieure

1992-93 CSN à l'Ocean research Institute, Tokyo, avec K. Tamaki (18 mois)

1994-96 ATER à l'Université de Cergy-Pontoise puis à l'Université P. et M. Curie

1996 Maître de conférences à l'Université P. & M. Curie

CAMPAGNES OCEANOGRAPHIQUES

1992 RV Yokosuka (K. Kobayashi), plongées en Shinkai 6500, prisme de Nankai

1992 RV Natsushima (K. Kobayashi et X. Le Pichon), plongées en Shinkai 2000, prisme de Nankai

1996 ACT (S. Lallemand), L'Atalante, zone de collision de Taiwan

2000 Encens-Sheba (S. Leroy et P. Gente), Marion Dufresne, golfe d'Aden

DOCUMENT N° 8

NOM DE LA CAMPAGNE :

A.O.C. (Aden - Owen - Carlsberg)

ACCORD DES PERSONNELS EMBARQUANT

(Chaque embarquant devra indiquer les autres propositions de campagnes pour lesquelles il a donné son accord)

Nicolas Bellahsen



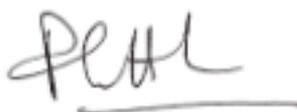
Olivier Fabbri



Marc Fournier



Philippe Huchon



Khaled Khanbari



Siegfried Lallemand

Bertrand Maillot



Philippe Patriat



Carole Petit



Heather Sloan



PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD
FICHE IPEV.

*A ne remplir que si la campagne nécessite la mise en œuvre du Marion-Dufresne,
de l'Astrolabe ou d'une participation sur un autre navire en Arctique*

BUDGET DEMANDÉ A L'IPEV (MATÉRIEL) : 1. Achats demandés à l'IPEV en investissement (Keuros) Liste détaillée le cas échéant. 2. Achats demandés à l'IPEV en fonctionnement (Keuros) Liste détaillée le cas échéant. Préparation de campagne (tirages, réunions) : 1000 euros 3. Frais annexes (mentionner le poids -kg- dans chaque cas) : Transport routier, SNCF : Transport maritime (autre que "MD") : Transport avion : fret 2000 euros Participations financières autres (laboratoires, organismes) Nom, adresse, téléphone et fax, budget accordé et pour couvrir quelles dépenses (équipement, consommable, transport personnel ou matériel...

Budget prévisionnel demandé à l'IPEV (matériel) . Investissement (Keuros) :..... . Fonctionnement (Keuros) : 1 Keuros..... . Transport (Keuros) : 2 Keuros	Réservé à l'IPEV PERSONNEL
--	--

Il y a lieu de noter que l'acceptation d'un projet n'implique pas nécessairement l'approbation des demandes budgétaires ci-dessus. Celles-ci doivent faire l'objet d'un accord spécifique.

PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

A - PERSONNEL SALARIE :

NOM - PRÉNOM	ORGANISME (CNRS, UNIVERSITÉ...)	INDICE	SITUATION DE FAMILLE	RÉSERVÉ IPEV
BELLAHSEN NICOLAS	Stanford University	Post-doctorant	célibataire	
FABBRI OLIVIER	Université de Franche-Comté	Professeur	marié	
FOURNIER MARC	Université Paris 6	MdC	vie maritale	
HUCHON PHILIPPE	Université Paris 6	Professeur	marié	
KHANBARI KHALED	Université de Sanaa	MdC	marié	
LALLEMANT SIEGFRIED	Université Cergy-Pontoise	Professeur	marié	
MAILLOT BERTRAND	Université Cergy-Pontoise	MdC	vie maritale	
PATRIAT PHILIPPE	Chercheur bénévole	retraité	marié	
PETIT CAROLE	Université Paris 6	MdC	mariée	
SLOAN HEATHER	City University, New York	Assistant	célibataire	

B - ÉTUDIANTS (NOMBRE) : 1

C - INVITES (NOMS) :

1 INVITE OMANAIS : A. AL KATHIRI.....

.....
.....
.....

D - BILLETS D'AVION (nombre, lieu de départ et d'arrivée) demandés à l'IPEV

9 VOYAGES AR PARIS-LIEU DE DEPART DE LA CAMPAGNE.....

.....

Fiche “ Valorisation des résultats des campagnes océanographiques antérieures ”

Nom de la campagne : Encens-Sheba	Programme : GDR Marges
Navire : Marion Dufresne	Engins lourds : sismique rapide
Dates de la campagne : Juin-Juillet 2000	Zone : golfe d'Aden
Chef de projet : Marc Fournier	Organisme : Université Paris 6
Chef de mission 1 : Sylvie Leroy	Organisme : CNRS
Chef de mission 2 : Pascal Gente	Organisme : IUEM Brest
Fiche remplie par : Marc Fournier	
Date de rédaction de la fiche : Janvier 2005	
Adresse : Laboratoire de Tectonique, Université Paris 6, Case 129, 4 place Jussieu, 75252 Paris cedex 5	
Email : marc.fournier@lgs.jussieu.fr	Tel : 01 44 27 52 68
Fax : 01 44 27 50 85	
Résultats majeurs obtenus : - asymétrie des marges conjuguées du golfe d'Aden oriental - calendrier d'ouverture du golfe d'Aden oriental	

		Nombre
1	Publications d'articles originaux dans des revues avec comité de lecture référencées SCI	7 + 2 soumis
2	Publications dans d'autres revues scientifiques	
3	Publications sous forme de rapports techniques	1
4	Articles dans des revues / journaux grand public	
5	Publications de résumés de colloques	
6	Communications dans des colloques internationaux dont communications orales dont posters	7
7	Communications dans des colloques nationaux dont communications orales dont posters	1
8	Rapports de contrats (CEE, FAO, Convention, Collectivités ...)	
9	Applications (essais thérapeutiques ou cliniques, AMM ...)	
10	Brevets	
11	Publications d'atlas (cartes, photos)	
12	Documents vidéo-films	
13	Publications électroniques sur le réseau Internet	
14	DEA ayant utilisé les données de la campagne	2
15	Thèse ayant utilisé les données de la campagne	2
16	Validation des données en cours	
17	Transmission au SISMER	Oui :
18	Transmission à d'autres banques de données Non :	
19	Transmission à d'autres équipes Non :	
20	Considérez-vous l'exploitation en cours :	

Rapport

Leroy, S. Gente, P. Fournier, M. the scientific team (d'Acremont E; Bellahsen N; Beslier MO; Patriat P; Perrot J; Kathiri A; Blais A; Merkouriev S), - 2000 - Données et résultats préliminaires de la campagne MD117 ENCENS-SHEBA - Rapport de mission IFRTP publié 1-87.

DEA

Fleury, J.-M., Cinématique de la frontière Somalie-Arabie et ouverture du golfe d'Aden, DEA Géophysique Interne IPGP, Juin 2001.

Ruellan, P.-Y., Etude intégrée terre-mer des marges conjuguées du golfe d'Aden oriental, DEA MQMBS, Paris 6-IFP-Ecole des Mines, Juin 2001.

Thèses

d'Acremont, E., De la déchirure continentale à l'accrétion océanique □ ouverture du golfe d'Aden oriental, PhD Thesis, University Paris 6, 330 pp., 2002.

Bellahsen, N., Croissance des failles normales et des rifts continentaux : développement du golfe d'Aden et dynamique de la plaque Arabe, PhD Thesis, Univ. Paris 6, 323 p., 2002.

Publications

- d'Acremont, E., S. Leroy, M.-O. Beslier, N. Bellahsen, M. Fournier, C. Robin, M. Maia, and P. Gente, Structure and evolution of the eastern Gulf of Aden conjugate margins from seismic reflection data, *Geophys. J. Int.*, (in press).
- Bellahsen, N., C. Faccenna, F. Funiciello, J.M. Daniel, and L. Jolivet, Why did Arabia separate from Africa? Insights from 3-D laboratory experiments, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 216, 365-381, 2003.
- Bellahsen, N., M. Fournier, E. d'Acremont, S. Leroy, and J.-M. Daniel, Fault reactivation and rift localization: The northeastern Gulf of Aden margin, *Tectonics*, (in press).
- Fournier, M., P. Patriat, and S. Leroy, Reappraisal of the Arabia-India-Somalia triple junction kinematics, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 184, 103-114, 2001.
- Fournier, M., N. Bellahsen, O. Fabbri, and Y. Gunnell, Oblique rifting and segmentation of the NE Gulf of Aden passive margin, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 5, Q11005, doi:10.1029/2004GC000731, 2004.
- Lepvrier, C., M. Fournier, T. Bérard, and J. Roger, Cenozoic extension in coastal Dhofar (southern Oman): Implications on the oblique rifting of the gulf of Aden, *Tectonophysics*, 357, 279-293, 2002.
- Leroy, S., P. Gente, M. Fournier, E. d'Acremont, N. Bellahsen, M.-O. Beslier, P. Patriat, M. Maia, A. Blais, J. Perrot, A. Al-Kathiri, S. Merkouriev, P.-Y. Ruellan, J.-M. Fleury, C. Lepvrier, and P. Huchon, From rifting to spreading in the eastern Gulf of Aden: a geophysical survey of a young oceanic basin from margin to margin, *Terra Nova*, 16, 185-192, 2004.

Colloques

- d'Acremont, E Leroy, S Ruellan, E Bellahsen, N Beslier, M O Fournier, M Gente, P Patriat, P Fleury, J M - 2001 - Tectonics and evolution of the conjugate margins of the eastern gulf of Aden (Encens Sheba Cruise) - AGU Fall meeting San Francisco
- d'Acremont, E Leroy, S Bellahsen, N Beslier, M O Fournier, M Gente, P Patriat, P Fleury, J M - 2002 - Structure and evolution of the conjugate margins of the eastern gulf of Aden: the oceanisation process - EGS XXVII Nice
- d'Acremont, E Leroy, S Beslier, M O Fournier, M Bellahsen, N Patriat, P Maia, M. - 2003 - The Conjugate passive margins of the eastern gulf of Aden : structure and oceanic initiation - EGS XXVII Nice
- Gente P., S. Leroy, A. Blais, E. d'Acremont, P. Patriat, J.-M. Fleury, M. Maia, J. Perrot and M. Fournier, The SHEBA Ridge : a Particular Spreading Center or an End-member of the Slow Spreading Processes ?, AGU 2001.
- Gente P., S. Leroy, A. Blais, E. d'Acremont, P. Patriat, M. Fournier, M. Maia, et J. Perrot, La dorsale de SHEBA : une dorsale particulière ou un cas extrême des processus d'accrétion aux dorsales lentes ?, RST 2002 (Nantes).
- Leroy, S. Fournier, M. Gente, P. and the scientific team (d'Acremont E; Bellahsen N; Beslier MO; Patriat P; Perrot J; Kathiri A; Blais A; Merkouriev S),. - 2000 - Preliminary results of the Encens-Sheba cruise - Geoconference in Oman Muscat, Oman
- Leroy, S. Fournier, M. Gente, P. and the scientific team (d'Acremont E; Bellahsen N; Beslier MO; Patriat P; Perrot J; Kathiri A; Blais A; Merkouriev S),. - 2001 - The conjugate margins of the eastern part of the Gulf of Aden - EUGXI Strasbourg
- Leroy, S Fournier, M Gente, P Al-Kathiri, A Bellahsen, N Beslier, M O Blais, A d'Acremont, E Mercouriev, S Patriat, P Perrot, J - 2001 - Structure of a young oceanic basin : Results of the Encens-Sheba cruise in the eastern gulf of Aden - Fall meeting AGU San Francisco

Rubrique 20 :

Si l'exploitation est toujours en cours, pouvez-vous donner un échéancier ?

La soumission des deux dernières publications relatives à la campagne Encens-Sheba aura lieu en 2005

- d'Acremont E., Leroy S., Fournier M., Bellahsen N., Beslier M.O., Patriat P., Maia M., Gente P., Structure and Evolution of the eastern gulf of Aden conjugate passive margins : 2 - from magnetic and gravity data and opening model, GJI, (in prep.)
- Toh H., Goto T., d'Acremont E., and S. Leroy, Electrical 2D Section of the Continental Break-up. Region Gulf of Aden, *Geophys. Res. Lett.* (submitted)