

Affleurements des roches profondes de la croûte océanique et du manteau sur le mur sud de la fracture Kane (Atlantique central) : observations par submersible

Jean-Marie AUZENDE, Mathilde CANNAT, Pascal GENTE, Jean-Pierre HENRIET,
Thierry JUTEAU, Jeffrey KARSON, Yves LAGABRIELLE,
Catherine MÉVEL et Maurice TIVEY

Résumé – Lors de la récente campagne Kanaut du *Nautile* (novembre-décembre 1992), 20 plongées ont eu pour objectif l'étude du mur sud de la Zone de fracture Kane, depuis son intersection orientale avec la dorsale médio-Atlantique jusqu'à environ 80 km de celle-ci. Les plongées réalisées sur quatre massifs successifs bordant la vallée transformante, permettent d'observer des sections comprenant des péridotites, des gabbros et des basaltes, mis à l'affleurement à la faveur d'accidents normaux-décrochants et d'un léger basculement. Les coupes observées ne montrent pas de complexe filonien épais, comme celui observé le long de la ZF Vema par exemple. L'ensemble de ces séries est fortement cataclasé et métamorphisé dans le faciès des schistes verts.

Deep layers of mantle and oceanic crust exposed along the southern wall of the Kane Fracture Zone: submersible observations

Abstract – The aim of the 20 *Nautile* dives of the recent Kanaut cruise was the study of the Kane Fracture Zone from its intersection with the Mid-Atlantic Ridge up to 80 km to the west. The dives have been conducted along four massifs located along the southern wall of the fracture valley. The flanks of the massifs consist of slightly tilted peridotites, gabbros and basalts, which have been exposed along normal and strike-slip major faults. No dike complex similar to that observed along the ZF Vema was observed. The observed sections show pervasive cataclastic deformation and greenschist-facies metamorphic overprint.

Abridged English Version – The Kane fracture zone and the surrounding oceanic domain (fig. 1) is probably the more intensively surveyed area of the North Atlantic Ocean. It is located around 23°40' N (fig. 1) and offsets the Mid-Atlantic Ridge (MAR) of about 150 km. The displacement along the active part of the fracture is dextral with a 3 cm/y spreading rate (Schulz *et al.*, 1988). The eastern junction of the fracture with the MAR constitutes the MARK area particularly well studied since 1984 (Detrick *et al.*, 1984; Kong *et al.*, 1988; Pockalny *et al.*, 1988). Two diving cruises of *Alvin* and *Nautile* have revealed that the western wall of the axial valley exposes gabbros and serpentized peridotites (Karson and Dick, 1983; Karson *et al.*, 1987; Mével *et al.*, 1991).

The Kane transform was recently surveyed by two cruises: a British cruise in 1991 explored the western intersection of the fracture with the MAR with the side-scan sonar TOBI. The preliminary results of this cruise concern the location of the present-day-displacement zone of the transform (J. Pearce, personal communication). In 1992 the American cruise, *Tow the Mark* explored the southern wall of the transform with a verticalized side-scan sonar from its eastern intersection to 45°30' W.

The objective of the Kanaut cruise (15 November-16 December 1992) of the *Nautile* and its mothership *Le Nadir* was to explore a series of transverse geological sections along the southern wall of the transform from the eastern intersection with the MAR up to 45°30' W, in order to study the structure and thickness variation of the crust.

GENERAL FRAMEWORK. – The bathymetric map of the Eastern part of the Kane FZ (fig. 1) shows different domains: 1. The rift valley trending N20 is bounded by two asymmetric walls.

Note présentée par Jean AUBOUIN.

Its average depth is about 4,000 m. In its axial part of the Snake Pit neovolcanic ridge, 500 m high and 3 to 4 km wide, was explored during the Hydrosnake cruise (Gente *et al.*, 1991). 2. The nodal basin corresponds to a deepening of the ridge axis toward the fracture zone up to 6,000 m. Similar features have been surveyed and described at other Ridge-transform intersections in the Atlantic (Fox and Gallo, 1984; Auzende *et al.*, 1990; Mamaloukas *et al.*, 1991; Lagabrielle *et al.*, 1992). 3. The transform valley consists of a succession of 4,500 m deep basins with a N110 direction. Its average width is 6 to 8 km. 4. The northern wall shows N-S structures, representative of the oceanic crust created at the ridge axis. 5. The southern wall is characterized by the succession of four 20 km wide high massifs aligned from the RTI (zero age) to 80 km westwards.

CRUISE RESULTS. — *The Ridge-Transform Intersection (RTI) massif.* — The first part of the cruise was devoted to the study of the present-day RTI. Ten dives combined with the previous dives of the *Alvin* (Karson and Dick, 1983; Karson *et al.*, 1987) and of the *Nautilé* (Mével *et al.*, 1991) allow a relatively detailed geological mapping of the intersection massif located on the western flank of the nodal basin (*fig. 2*).

The eastern side of the massif exposes only massive and schistosed gabbros which are exposed from 6,000 to 2,200 m depth. NS to NW-SE trending normal faults planes slightly dipping (25 to 50°) to the east have been observed and measured. Strike-slip faults have also been observed; they are trending EW, parallel to the Transform. The gabbros are capped by a basaltic formation including dolerites, lava flows and pillows.

As shown on the map and cross-section (*fig. 2*) the central part of the massif which forms the southern wall of the Kane transform is more complex. The lower part of the exposed section is made up of metabasalts and dolerites affected by pervasive shear planes dipping to the NE. The intermediate slope is occupied by an EW to NW-SE trending fault plane dipping 35 to 50° towards the transform valley. Spectacular mylonitic zones have been observed around 2,800 m depth. The top of the massif consists of basaltic pillows, flows and isolated doleritic dikes exposed above 2,500 m.

The western side of the RTI massif is exclusively made up of basalts and sets of dikes outcropping from 3,500 m to the top of the massif at less than 1,200 m depth. *In situ* measurements indicate a NS direction for the doleritic dikes with dips varying from 50° W at 2,600 m depth to 71° E at 2,000 m.

Finally, the Kane RTI massif can be regarded as a tectonic window on deep levels of the crust and the upper mantle of the oceanic lithosphere which have been denuded along EW to NS-trending, low-angle normal ductile fault zones.

The three massifs explored to the west along the fracture wall show similar crustal sections suggesting that the processes of normal faulting have been active also during the formation of these features. It appears clearly that tectonic processes have been more active than magmatic processes in the building of the Kane Fracture Zone southern wall.

Different models have been proposed to explain the existence of deep crustal layers cropping out in abnormal topographic positions along the walls of large fractures zones (Forsyth and Wilson, 1984; Phipps-Morgan and Forsyth, 1988; Sleep and Biéher, 1970; Colette, 1986, Sandwell and Schubert, 1982; Bonatti, 1976; Francis, 1981).

The observations made during the Kanaut cruise finally suggest that tectonics played the major role during the emplacement and the uplift of the massifs that formed successively at the eastern RTI. The observed faults indicate a wrench motion along the transform wall resulting in the denudation of the deep layers and in the uplift and probably the slight tilting of the successive massifs. The NS depressions separating the massifs every 20 km could represent

the mechanical response to such uplift and tilting. They are located on NS weak zones parallel to the ridge direction and are probably related to the emplacement of the oceanic crust at the active spreading axis. We can assume that they have been reactivated by the proximity of the transform.

INTRODUCTION. – La zone de fracture Kane et la portion de domaine océanique qu'elle recoupe (*fig. 1*) est une zone de l'Atlantique Nord qui a été intensivement explorée durant ces 15 dernières années, que ce soit par des campagnes de surface ou celles mettant en œuvre différents engins comme les submersibles ou les navires foreurs.

Elle est située autour de 23°40' N dans l'Atlantique central (*fig. 1*) et décale d'environ 150 km la dorsale médio-Atlantique. Le jeu le long de la partie active de la fracture est dextre et les taux d'expansion au Nord et au Sud sont d'environ 3 cm/an (Schulz *et al.*, 1988).

Un levé Sea-Beam couvre la dorsale de 22°30' N jusqu'à son intersection avec la zone de fracture (Detrick *et al.*, 1984). Ce domaine a aussi été couvert par un levé SeaMarc I (Kong *et al.*, 1988, Pockalny *et al.*, 1988) et a été étudié *in situ* par les submersibles *Alvin* et *Nautile*. Ces campagnes ont mis en évidence l'existence d'affleurements de roches profondes (gabbros, péridotites serpentinisées) le long du mur ouest de la vallée axiale (Karson et Dick, 1983; Karson *et al.*, 1987, Mével *et al.*, 1991).

L'objectif de la campagne Kanaut du submersible *Nautile* (15 novembre-16 décembre 1992) était de réaliser une série de coupes géologiques du mur de la zone de fracture Kane depuis son intersection orientale avec la dorsale médio-Atlantique jusqu'aux environs de la longitude 45°30' W, dans le but d'étudier les variations de structure et d'épaisseur de la croûte océanique le long du mur de la fracture.

CADRE GÉNÉRAL DE LA ZONE. – La carte bathymétrique de la partie orientale de la zone de fracture Kane (*fig. 1*) montre différents domaines :

1. La vallée de la dorsale de direction N20 est bordée par deux murs asymétriques, l'occidental étant surélevé par rapport à l'oriental. Sa profondeur moyenne est d'environ 4000 m et elle montre dans son axe une ride néovolcanique de 500 m de haut sur 3 à 4 km de large. C'est la ride du Snake Pit explorée pendant la campagne Hydrosnake (1988) (Gente *et al.*, 1990).

2. Le bassin nodal correspond à un approfondissement de l'axe de la dorsale au niveau de son intersection avec la fracture. Il s'agit d'une structure circulaire dont la profondeur dépasse 6000 m, typique des domaines d'intersection dorsale-zone de fracture dans l'Atlantique (Auzende *et al.*, 1990; Fox et Gallo, 1984; Mamaloukas *et al.*, 1991).

3. La vallée transformante, de direction générale N110, est de tracé irrégulier avec une succession de rides et de bassins profonds en moyenne de 4500 m. Sa largeur moyenne est de 6 à 8 km.

4. Le mur nord de la fracture présente un modelé de rides et dépressions où dominent les directions NS représentatives du grain de la dorsale.

5. Sur 80 km, de l'intersection orientale au milieu de la fracture, le mur sud est formé par une succession de quatre massifs présentant un bord convexe et abrupt en direction de la vallée transformante. Le massif le plus oriental situé à l'intersection active culmine à moins de 1200 m. Leur largeur, remarquablement constante, est d'environ 20 km et ils sont séparés par de profondes dépressions NS reflétant le grain du plancher océanique mis en place à l'axe.

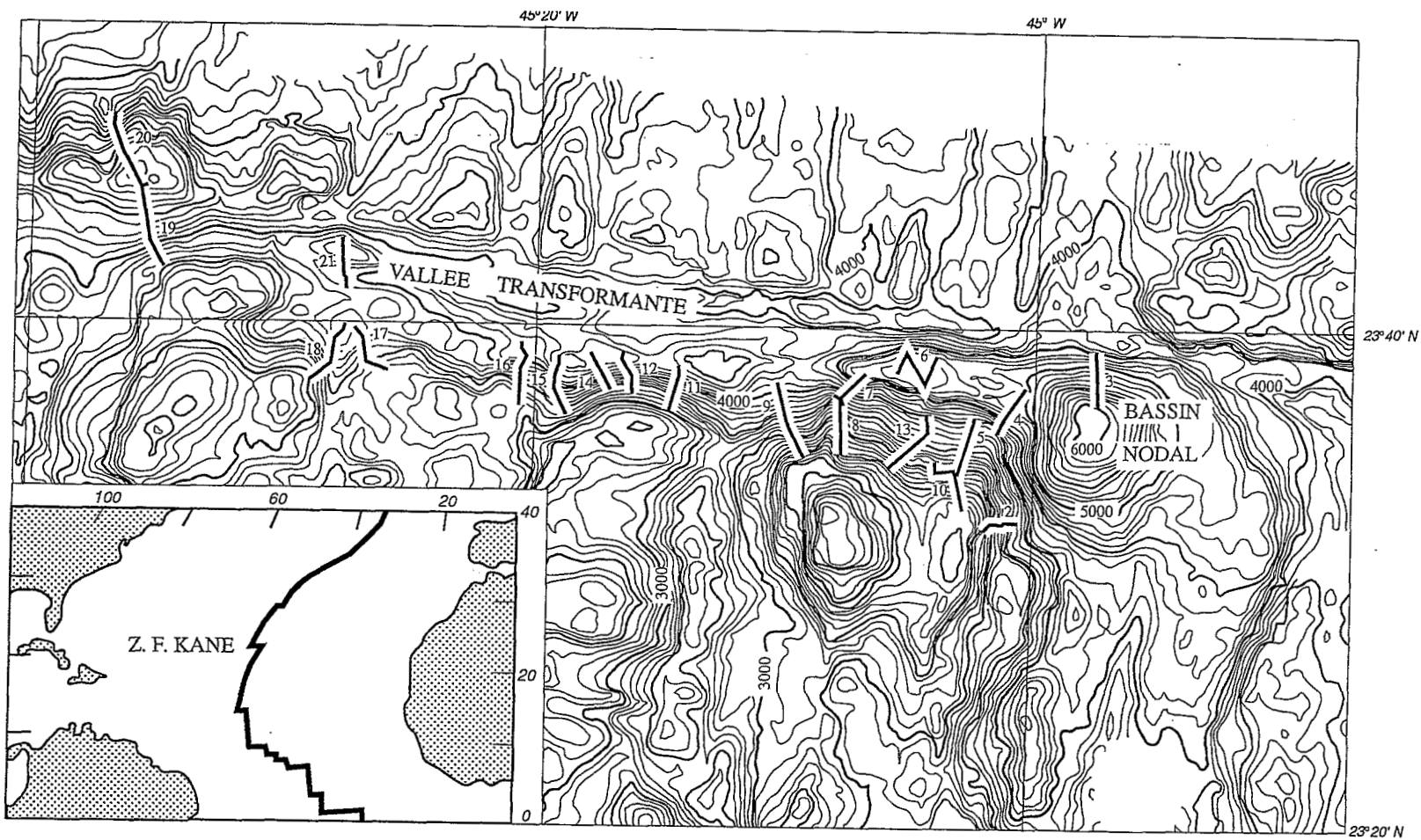


Fig. 1

LÉGENDE DE LA FIGURE 1

Fig. 1. – La zone de fracture Kane : localisation dans l'Atlantique central et bathymétrie de la moitié orientale de la vallée transformante et des murs bordiers. Les trajets des plongées réalisées dans le cadre de la campagne Kanaut sont indiqués en traits pleins.

Fig. 1. – The Kane fracture zone: location map in the Central Atlantic and bathymetry of the eastern half of the transform domain. Solid lines correspond to tracks of dives conducted during the Kanaut cruise.

RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE. – 1) *Le massif d'intersection.* – Une première partie de la campagne a été consacrée à l'étude du massif d'intersection de la fracture Kane avec la ride médio-Atlantique. Les dix plongées réalisées s'ajoutent à celles de l'*Alvin* de 1981 (Karson et Dick, 1982) et de 1986 (Karson *et al.*, 1987) et à celles de la campagne Hydrosnake du *Nautilus* de 1988 (Mével *et al.*, 1991) (fig. 2A).

Cet important ensemble de données (20 plongées) permet de réaliser une cartographie géologique relativement complète du massif (fig. 2A) d'intersection et d'aborder le mécanisme de sa mise en place (fig. 2B):

A l'Est, le mur oriental du massif d'intersection constitue la bordure occidentale du bassin nodal et de la vallée de la dorsale. Les plongées 2, 4 et 5 réalisées dans ce domaine confirment l'existence d'une section de croûte comprenant un ensemble de gabbros depuis le fond du bassin nodal à 6000 m jusqu'aux environs de 2200 m sur la pente. Ces gabbros se présentent sous deux faciès principaux: un faciès massif dans la partie basse de la coupe et un faciès intensément déformé à aspect schistosé dans la partie supérieure. Des péridotites serpentinisées en place ont également été échantillonnées. Des plans de failles normales, parallèles à la foliation des gabbros, de direction NS à NW-SE et à pendage E à NE modéré (de 25 à 50°) ont été observés et mesurés (plongées 2, 4, 5 et 10). Des failles décrochantes EW, de pendage relativement fort supérieur à 50°, sont présents principalement à la base du mur, mais se rencontrent de façon sporadique sur la pente. La série des gabbros est couronnée à partir de 2200 m par des niveaux basaltiques essentiellement constitués de filons doléritiques et de coulées. Les dolérites sont des filons isolés et ne constituent pas un complexe filonien tel que celui reconnu sur le mur sud de la zone de fracture Véma (Auzende *et al.*, 1989).

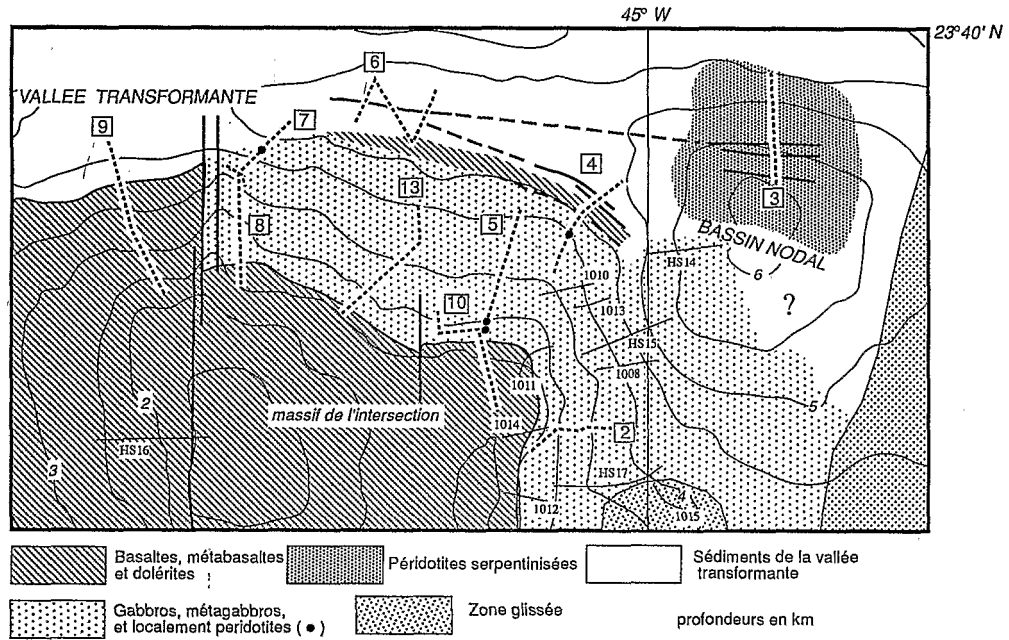
La structure du domaine central du massif correspondant au mur sud de la faille transformante est beaucoup plus complexe. Les trois sections réalisées peuvent être synthétisées sous la forme suivante:

La partie basse de la coupe est constituée par des formations basaltiques en place ou sous forme d'éboulis. Ce sont des coulées de laves en coussins et des filons doléritiques. Au contact de la vallée transformante, ces niveaux sont découpés par des décrochements dextres, parallèles au déplacement actuel le long de la zone de fracture Kane.

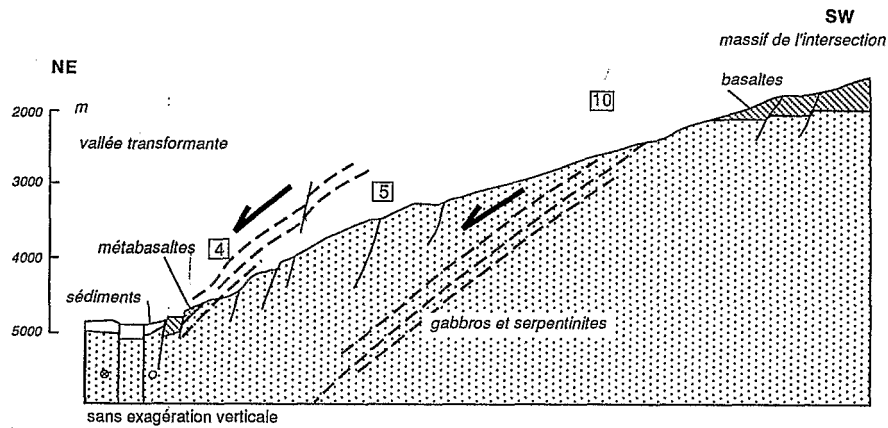
Au-dessus de ces basaltes, la presque totalité de la pente intermédiaire entre 3200 et 2600 m est occupée par un plan de faille, de direction EW à NW-SE avec un pendage de 35 à 50° vers la vallée de la fracture, auquel est associée une schistosité, recoupant des serpentinites, des gabbros et des basaltes. L'ensemble est cataclaté et métamorphisé sous la forme de métagabbros et metabasites dans le faciès schistes verts. De spectaculaires zones mylonitiques ont été observées lors des plongées 5 et 10 autour de 2800 m de profondeur. Des fractures subverticales NS et d'autres, orientées N110-120 avec un pendage de 80° vers le Sud ont également été observées.

Le sommet du massif au-dessus de 2500 m est recouvert de dolérites ou de coulées de basalte dans un paysage envasé.

La bordure occidentale du massif aux environs de 45°10'W présente des affleurements exclusivement constitués de dolérites et de basaltes. A partir de 3500 m et jusqu'au



A



B

Fig. 2

sommet du massif à moins de 1 200 m de profondeur affleure une succession de coulées de laves en coussins alternant avec des filons doléritiques. Les filons ont une direction proche de NS (entre N 182 et N 35) et un pendage variant de 50° W à 2 600 m à 71° E vers 2 000 m. Dans la partie supérieure de la coupe, de 2 500 à 1 100 m, la pente s'accroît et est découpée par des failles normales, qui semblent parfois très récentes, de directions EW, qui est la direction transformante, mais présentent aussi des directions N 140 et NS.

En résumé, le mur nord du Massif de l'intersection de la fracture Kane avec la dorsale Médio-Atlantique constitue, à la faveur du jeu d'un plan de faille NW-SE à pendage vers le NE, une fenêtre tectonique dans laquelle affleurent les niveaux profonds du manteau et de la croûte océanique.

LÉGENDE DE LA FIGURE 2

Fig. 2. – A. Carte géologique détaillée de l'intersection orientale de la zone de fracture Kane avec l'axe de la dorsale médio-atlantique. Les lignes grasses pointillées indiquent le tracé des plongées du *Nautilé* effectuées durant la campagne Kanaut le long du versant nord du bassin nodal (plongée 3), le long des flancs ouest et nord du massif de l'intersection (plongées 2, 4, 5, 8 à 13) et dans la partie active de la vallée transformante (plongée 6). Les trajets des plongées effectuées par l'*Alvin* (Karson et Dick, 1983; Karson *et al.*, 1987), sont indiqués par des traits fins et des numéros à quatre chiffres, celles du *Nautilé* réalisées lors de la campagne Hydrosnake (Mével *et al.*, 1991) sont indiquées par les références HS14 à HS17. B. Coupe géologique établie d'après les observations faites au cours des plongées 4, 5 et 10 le long du massif de l'intersection, au SW du bassin nodal. Les lignes pointillées indiquent la présence de zones de failles ductiles normales majeures affectant des metabasalts au pied du massif et des gabbros et serpentinites vers le sommet.

Fig. 2. – A. Detailed geological map of the eastern intersection of the Kane fracture zone and the MAR axis (eastern Ridge-Transform Intersection, RTI). Heavy dotted lines correspond to tracks of dives conducted during the Kanaut cruise along the northern flank of the nodal basin (dive 3), along both the western and northern flanks of the RTI intersection massif (dives 2, 4, 5, 8 to 13), and within the active transform domain itself (dive 6). Tracks of Alvin dives (Karson and Dick, 1983; Karson *et al.*, 1987) are indicated by thin lines and four digit numbers; labels HS14 to HS17 refer to tracks of Nautilé dives conducted during the Hydrosnake cruise (Mével *et al.*, 1991). B. Geological cross-section established after observations made during dives 4, 5 and 10 along the RTI massif southwest of the nodal basin. Dotted lines indicate the location of major ductile fault zones cutting through metabasalts, at the foot of the massif and through gabbros and minor serpentinized peridotites near the summit of the massif.

2) *Les autres massifs.* – En allant vers l'Ouest, les coupes réalisées sur les massifs qui constituent le mur sud de la zone de fracture Kane montrent des sections de croûte équivalentes à celle du massif de l'intersection. On retrouve, dans une position analogue, des péridotites (fraîches ou serpentinisées) et des gabbros; l'ensemble est surmonté par des basaltes, affecté par des accidents de même direction et de même type. Les affleurements observés sont situés aux ruptures de pentes et sur les accidents NS qui recoupent les séries crustales.

Le mur de la fracture semble donc construit essentiellement par des processus tectoniques, qui, au niveau de l'intersection de la dorsale et de la fracture Kane, permettent la mise à l'affleurement des niveaux profonds de la croûte océanique et du manteau supérieur.

CONCLUSION. – L'existence de panneaux de croûte en position topographique anormale le long des murs des grandes zones de fracture est un phénomène fréquent, en particulier dans un environnement de dorsale à faible taux d'ouverture. Les modèles pour expliquer leur mise en place sont nombreux et variés. Ils invoquent principalement, soit des effets thermiques (Forsyth et Wilson, 1984; Phipps-Morgan et Forsyth, 1988), soit des mécanismes tectoniques (Sleep et Bieler, 1970; Colette, 1986, Sandwell et Schubert, 1982). D'autres modèles font intervenir les effets de la serpentinisation des péridotites (Bonatti, 1976; Francis, 1981).

Les observations faites pendant la campagne Kanaut semblent aller dans le sens d'une prédominance des mouvements tectoniques dans la mise en place et le soulèvement des massifs. Les failles observées suggèrent un mouvement normal décrochant le long du mur de la fracture qui pourrait être à l'origine de la dénudation des couches profondes de la croûte et du manteau. La dénudation des niveaux profonds de la croûte et du manteau, sur la bordure du bassin nodal ou sur le mur de la transformante peut être accentuée par un léger basculement (quelques degrés) de l'ensemble du massif. Il apparaît aussi que l'épaisseur de la croûte océanique à proximité d'une zone de fracture soit plus faible que la normale, et n'atteigne que 1 500 m.

Les fractures les plus récentes, observées sur le massif d'intersection, sont celles liées au déplacement des plaques le long de la zone de fracture Kane, fractures EW localisées principalement au pied des pentes, et des fractures NS subverticales qui découpent l'ensemble du massif. Une campagne d'écoute sismique dans la zone de fracture Kane

a d'ailleurs mis en évidence l'existence d'alignements de séismes NS le long de son mur sud (Wilcock *et al.*, 1990).

Ces fractures NS pourraient s'installer sur des zones de faiblesse correspondant au grain de la dorsale et réactivées par la proximité de la faille transformante.

Nous remercions le commandant du *N/O Le Nadir*, son équipage et l'équipe du *Nautille*, que nous tenons à associer au succès scientifique de la mission Kanaut.

Note remise le 22 juillet 1993, acceptée le 19 octobre 1993.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- J.-M. AUZENDE, D. BIDEAU, E. BONATTI, M. CANNAT, J. HONNOREZ, Y. LAGABRIELLE, J. MALAVIELLE, V. MAMALOUKAS-FRANGOULIS et C. MÉVEL, Direct observation of a section through slow-spreading oceanic crust, *Nature*, 337, 6209, 1989, p. 726-729.
- J.-M. AUZENDE, D. BIDEAU, E. BONATTI, M. CANNAT, J. HONNOREZ, Y. LAGABRIELLE, J. MALAVIELLE, V. MAMALOUKAS-FRANGOULIS et C. MÉVEL, The MAR-Vema Fracture Zone intersection surveyed by deep submersible *Nautille*, *Terra Nova*, 2, 1990, p. 68-73.
- E. BONATTI, Serpentinite protrusions in the oceanic crust, *Earth Planetary Science Letters*, 32, 1976, p. 107-113.
- B. J. COLETTE, Fracture zones in the North Atlantic: morphology and a model, *J. of the Geological Society of London*, 143, 1986, p. 763-774.
- R. S. DETRICK, P. J. FOX, K. KASTENS, W. B. F. RYAN, L. MAYER et J. KARSON, A seabeam survey of the Kane Fracture Zone and Adjacent Mid-Atlantic Ridge Rift Valley, *EOS, Trans. Amer. Geophys. Union*, 65, 1984, p. 1006.
- D. W. FORSYTH et B. WILSON, Three-dimensional temperature structure of a ridge-transform-ridge system, *Earth Planetary Science Letters*, 70, 1984, p. 355-362.
- P. J. FOX et D. G. GALLO, A tectonic model for ridge-transform-ridge plate boundaries. Implications for the structure of oceanic lithosphere, *Tectonophysics*, 104, 1984, p. 205-242.
- T. G. FRANCIS, Serpentinization faults and their role in the tectonics of slow-spreading ridges, *J. Geophys. Res.*, 86, 1981, p. 11616-11622.
- P. GENTE, C. MÉVEL, J.-M. AUZENDE, J. A. KARSON et Y. FOUQUET, An example of a recent accretion on the Mid-Atlantic Ridge: the Snake-Pit neovolcanic ridge (MARK area, 23° 22' N), *Tectonophysics*, 190, 1991, p. 1-29.
- J. A. KARSON et H. J. B. DICK, Tectonics of ridge-transform intersections at the Kane fracture zone, *Marine Geophysical Researches*, 6, 1983, p. 51-98.
- J. A. KARSON, G. THOMPSON, S. E. HUMPHRIS, J. M. EDMOND, W. B. BRYAN, J. R. BROWN, A. T. WINTERS, R. A. POCKALNY, J. F. CASEY, A. C. CAMPBELL, G. KLINKHAMMER, M. R. PALMER, R. J. KINZLER et M. M. SULANOWSKA, Along-axis variations in seafloor spreading in the MARK area, *Nature*, 328, 1987, p. 681-685.
- L. S. KONG, R. S. DETRICK, P. J. DOX, L. A. MAYER et W. B. F. RYAN, The morphology and tectonics of the MARK area from Sea-Beam and Sea MARC I observations (Mid-Atlantic Ridge 23° N), *Marine Geophysical Researches*, 10, 1988, p. 59-90.
- Y. LAGABRIELLE, V. MAMALOUKAS-FRANGOULIS, M. CANNAT, J.-M. AUZENDE, J. HONNOREZ, C. MÉVEL et E. BONATTI, Vema-Fracture Zone (Central Atlantic): tectonic and magmatic evolution of the Median Ridge and the eastern ridge transform intersection, *J. Geophys. Res.*, 97, B12, 1992, p. 17331-17351.
- V. MAMALOUKAS-FRANGOULIS, J.-M. AUZENDE, D. BIDEAU, E. BONATTI, M. CANNAT, J. HONNOREZ, Y. LAGABRIELLE, J. MALAVIELLE, C. MÉVEL et H. D. NEEDHAM, *In situ* study of the Eastern Ridge-Transform Intersection of the Vema Fracture Zone, *Tectonophysics*, 190, 1, 1991, p. 55-72.
- C. MÉVEL, M. CANNAT, P. GENTE, E. MARION, J.-M. AUZENDE et J. A. KARSON, Emplacement of deep rocks on the west Median Valley Wall of the MARK area, *Tectonophysics*, 190, 1991, p. 31-53.
- J. PHIPPS-MORGAN et D. W. FORSYTH, Three-dimensional Flow and Temperature Perturbations Due to a Transform Offset: Effects on Oceanic Crustal and Upper Mantle Structure, *J. of Geophysical Research*, 93, B4, 1988, p. 2955-2966.
- R. A. POCKALNY, R. S. DETRICK et P. J. FOX, Morphology and tectonics of the Kane transform from Sea Beam bathymetry data, *J. of Geophysical Research*, 93, B4, 1988, p. 3179-3193.
- D. SANDWELL et G. SCHUBERT, Lithospheric Flexure at Fracture Zones, *J. of Geophysical Research*, 87 B6, 1982, p. 4657-4667.
- N. J. SCHULZ, R. S. DETRICK et S. P. MILLER, Two and three dimensional inversions of magnetic anomalies in the MARK area (Mid-Atlantic ridge 23° N), *Mar. Geophys. Res.*, 10, 1988, p. 41-57.
- N. H. SLEEP et S. BIEHLER, Topography and Tectonics at the Intersections of Fracture Zones with Central Rifts, *J. Geophys. Res.*, 75, 14, 1970, p. 2748-2752.
- W. S. D. WILCOCK, G. M. PURDY et S. C. SOLOMON, Microearthquake evidence for extension across the Kane Transform Fault, *J. of Geophysical Research*, 95, 1990, p. 15439-15462.

J.-M. A. et J.-P. H. : *IFREMER et GDR GEDO, CB, BP n° 70, 29280 Plouzané, France* ;

J.-M. A. : *ORSTOM-UR 1F, BP n° A5, Nouméa, Nouvelle-Calédonie* ;

M. C. et C. M. : *UPMC, Laboratoire de Pétrologie, Tour n° 26, 4, place Jussieu, 75257 Paris Cedex 05, France* ;

P. G., T. J. et Y. L. : *GDR GEDO, UBO, 6, avenue Le-Gorgeu, 29287 Brest Cedex, France* ;

J. K. : *Department of Geology, Duke University, Durham, North Carolina, 27706, USA* ;

M. T. : *WHOI, Woods Hole, Massachusetts, 02543, USA*.