

CAMPAGNE SEACARIB 2 :
FRONTIERES DE PLAQUES DECROCHANTES AU NORD DES CARAIBES

Bernard MERCIER de LEPINAY et le Groupe SeaCarib II

I. INTRODUCTION**A. Présentation générale**

La campagne SeaCarib II (Sea = *SeaBeam*, Carib = *Caribbean*, II = *deuxième volet du projet SEACARIB*) s'est déroulée en deux parties : un premier leg du 17 novembre au 5 décembre 1987 (de Pointe-à-Pître, Guadeloupe, à Santiago de Cuba), un deuxième du 9 décembre au 22 décembre 1987 (de Santiago de Cuba à Fort-de-France, Martinique). L'escale de 4 jours à Santiago de Cuba (du 5 au 9 décembre 1987) a été mise à profit pour mettre au point les modalités de collaborations avec nos collègues cubains. Le trajet suivi dans la zone principale de travail (détroit de Colomb) est présenté sur la figure 1.

B. Equipe scientifique

L'équipe scientifique embarquée lors de cette campagne était constituée de Bernard Mercier de Lépinay (UA 215, UPMC, Paris, puis URA D12790 "Géodynamique", Nice/Sophia-Antipolis), Vincent Renard (IFREMER, Centre de Brest) [co-chefs de mission], Eric Calais (UBO, Brest puis URA D12790, Nice/Sophia-Antipolis), Thierry Calmus¹ (Université du Sonora, Mexique), Xavier Capet (USTL, Lille I), Jean Delteil (URA D12790, Nice/Sophia-Antipolis), O'Niel Gardner (Geol. Survey of Jamaica, Kingston, Jamaïque), Guillermo Hernandez² (CIDP, La Havane, Cuba), Alain Mauffret² (UA 719/GEMCO, UPMC, Paris), Roberte Momplaisir (BME, Port-au-Prince, Haïti), Isabelle Quentric (UBO, Brest), Rodobaldo Rodriguez¹ (ENG, La Havane, Cuba), Malcolm Ross¹ (Institute for Geophysics, Univ. of Texas at Austin), Marc Tardy¹ (Université de Savoie, Chambéry), Jean-Marie Vilá (UAG, Pointe-à-Pître, puis Université de Toulouse III).

1. participation au premier leg seulement

2. participation au deuxième leg seulement

C. Moyens mis en oeuvre

Les moyens mis en oeuvre lors de cette campagne sont ceux que l'on peut trouver habituellement sur le N/O Jean-Charcot : bathymétrie *SEABEAM*, sismique légère (monotrace, analogique), gravimétrie et magnétisme en ligne, le tout appuyé par les outils de navigation présents à bord à ce moment (données des satellites de transit couplées avec les données des lochs, système GPS durant environ 12h sur 24h), nous permettant d'arriver à une précision de localisation supérieure à la centaine de mètres.

Il convient de signaler l'excellence du fonctionnement des canons à eau (sismique réflexion légère), qui a évité toute interruption dans l'acquisition des données (242970 tirs à la cadence moyenne de 1 tir/10s, 740h de fonctionnement continu). Ces données ont été enregistrées de manière analogique, le système d'enregistrement numérique n'ayant pas encore pu être installé.

Au retour de la mission, les traitements classiques ont été appliqués sur les données saisies : correction de la navigation (logiciel REGINA, interpolations, tracés de cartes à différentes échelles, blocs diagramme, ...), diverses corrections de routine sur les données gravimétriques et magnétiques.

D. Objectifs généraux

L'objectif principal de la campagne a été le déchiffrement des structures des fonds marins situés entre Cuba, la Jamaïque et Haïti, à l'est de la fosse de Cayman (détroit de Colomb). Cette région a enregistré dans sa morphologie les phénomènes liés au début du fonctionnement d'une **limite de plaques décrochante**. Il est par ailleurs primordial de pouvoir dater avec précision le début du fonctionnement de cette limite dans sa géométrie actuelle : cela conditionne étroitement les hypothèses générales avancées pour les reconstitutions paléogéographiques et géodynamiques du domaine caraïbe en permettant d'évaluer la quantité et la vitesse de déplacement de la

plaque Caraïbes par rapport à la plaque Amérique du Nord.

II. PRINCIPAUX OBJECTIFS

La région située immédiatement au sud de l'ancienne province de l'Orient de Cuba, depuis la longitude du Cabo Cruz (78°W) jusqu'à peu près celle de la ville de Santiago de Cuba (75°30'W) a été couverte à plus de 80% entre 19°N et 19°45'N.

Au sud de la baie de Guantánamo, la densité des profils a été beaucoup moindre (voir figure 1) mais a permis tout de même une bonne interprétation de la structure.

Dans le Passage du Vent, entre la pointe la plus orientale de Cuba et la pointe la plus occidentale d'Haïti, les profils réalisés permettent une couverture de plus de 80%.

Deux profils s'avancant plus loin vers l'est ont été réalisés, jusqu'à la longitude 80°W

Les profils de transit depuis les Petites Antilles, tant à l'aller qu'au retour, ont été choisis pour compléter les données déjà disponibles d'autres campagnes sur la partie nord des Grandes Antilles.

A. Le domaine océanique de Cayman

De nombreux travaux américains ont permis d'établir que le fossé de Cayman pouvait être interprété comme un domaine de croûte océanique née de part et d'autre de la courte ride d'accrétion N-S de Cayman, située à environ 82°W. Si la partie centrale de ce fossé a été abondamment étudiée, nous manquons jusqu'à présent de données sur la partie orientale du fossé, à l'est de 80°W. Deux profils presque E-W ont été levés entre 77°W et 80°W, pour compléter l'unique profil magnétique (de l'*USS Wilkes*, 1972) et tester la validité des hypothèses sur la cinématique de l'ouverture du fossé.

1. Présence de croûte océanique

Plusieurs caractéristiques suggèrent la présence de croûte océanique, au moins entre 78°15'W et 80°W.

1. la présence de réflecteurs hyperboliques sur les enregistrements de sismique réflexion ;
2. le grain structural régulier en horst et graben du socle acoustique ;

3. l'existence d'anomalies magnétiques régulières que l'on peut considérer comme alignées. L'extrême étroitesse du fossé, qui limite la partie significative des "linéations" magnétiques à moins de 60 km de long, et le fait que nous n'avons en fait que deux profils utilisables, incite toutefois à la plus grande prudence ;

4. l'absence d'anomalie gravimétrique, qui indique que l'équilibre isostatique est atteint, comme il est normal dans le cas d'une croûte océanique non déformée.

2. Transition Océanique/Continental

La carte bathymétrique *SeaBeam* que nous avons établie met clairement en valeur la différence entre un domaine de croûte continentale à morphologie contrastée (dénivelés supérieurs à 1000 m), à grain structural N 45°W, et un domaine de croûte océanique peu accidenté (dénivelés inférieurs à 100 m), à grain structural N 170° à N-S (figure 2).

La transition entre ces deux domaines est nettement linéaire, de direction N 120° au moins au sud de la latitude 19°10'N. Cette limite peut être interprétée comme la trace d'un propagateur ayant fonctionné au début de l'ouverture océanique du fossé de Cayman. La "ride" d'accrétion, initialement presque ponctuelle, se serait allongée vers le nord au cours du temps.

3. Linéations magnétiques

Comme nous l'avons précisé plus haut, il faut conserver la plus grande prudence dans l'interprétation de ces linéations. Remarquons toutefois que ces anomalies sont corrélables d'un profil à l'autre, et que ces linéations ne peuvent être expliquées seulement par la présence des reliefs (très faibles) de la croûte océanique.

Les résultats obtenus s'appuient sur les données magnétiques déjà publiées qui concernent les régions situées juste à l'ouest de 80°W.

Nous pensons avoir identifié les anomalies 11/12 à 18, l'anomalie 19 (42.7 Ma.) n'étant repérée que sur le profil le plus méridional.

La vitesse d'accrétion déduite de ces interprétations varie de 2.2 cm/an à

0.86 cm/an, ce qui correspond à une vitesse moyenne de 1.25 cm/an entre 35.3 Ma. et 42.7 Ma.

4. Les rides de Montego

Immédiatement au nord de la côte jamaïcaine, nous avons mis en évidence une série de six rides de faible amplitude (environ 50 m), de direction N 345°/350°W, longues de 11 à 22 km et larges de 2,5 à 5 km. D'après les profils sismiques, ces rides sont la traduction topographique d'épaississements de la série sédimentaire correspondant à des anticlinaux large, déversés vers l'ouest, de direction N-S à NNW-SSE. Ces structures semblent actuelles et résulteraient d'une compression N 70°W localement dirigée vers l'est.

B. La marge passive du détroit de Colomb

La région la plus orientale du fossé de Cayman, entre Cuba et la Jamaïque (=détroit de Colomb) montre une topographie typique de **marge passive**. Elle est structurée par plusieurs familles de failles normales : la plus importante, de direction N 45°W, est répartie sur l'ensemble de la zone ; des failles de direction N 75° à N 85°, plus discrètes,

Les failles N 45° ont des regards tant vers le NW que vers le SE, les regards NW restant cependant légèrement plus fréquents. Leur jeu vertical est variable mais est toujours plus important pour les failles à regard NW (jusqu'à 1300 m) que pour celles à regard SE (jusqu'à 400 m). Le long de profils NW-SE, ces failles déterminent une série de sept rides allongées dans une direction générale NE-SW (d'Est en Ouest : rides Cumbía, Limbo, Ska, Mambo, Merengue, Rumba, Cha-Cha-Cha), séparées par des bassins. Au sud-est, le Grappler Horst, qui porte les récifs de Formigas, correspond à une huitième ride, presque émergée (figure 2). Vers le nord, les rides s'infléchissent, tendant à se rapprocher d'une direction N-S et sont finalement tronquées par les accidents N 80°W à N 90°W qui limitent au sud le bassin de Cabo Cruz et la fosse de l'Orient. La largeur moyenne des rides, comme celle des bassins qui les séparent,

est de 12 km, reflétant ainsi une répartition régulière des failles normales. La pente générale d'ensemble de ce secteur est d'environ 1° vers le NW, depuis les récifs de Formigas jusqu'au bassin de Cabo Cruz.

L'étude des profils sismiques montre ces bassins possèdent un remplissage sédimentaire dissymétrique, avec un dépocentre décalé vers le SE. L'épaisseur de sédiments, importante au pied des failles de direction N 45° à regard NW, va diminuant vers le NW. Cette diminution se traduit par une succession d'*onlap* dans cette même direction, sur un socle acoustique montrant une légère pente vers le SE. De plus, le pendage des réflecteurs sismiques, horizontaux en surface, s'accroît vers le fond du bassin.

Ces observations nous amènent à interpréter ces bassins comme des *hémigrabens à remplissage sédimentaire syntectonique*, créés par basculement de blocs le long de failles normales (vraisemblablement courbes) lors d'un épisode extensif. Les pendages des réflecteurs sont très faibles, ce qui indique que les épisodes de basculements sont de courte durée par rapport aux phases de sédimentation.

Ces failles se trouvent localement enfouies sous un ensemble de réflecteurs sub-horizontaux qui scellent leur jeu. Cet enfouissement va croissant selon une direction NE-SW, depuis les accidents limitant la fosse de l'Orient au nord jusqu'à une ligne de direction N 135°W au SW.

C. La marge décrochante de l'Orient

La marge décrochante de l'Orient de Cuba se suit sur près de 400 km, de Cabo Cruz au Passage du Vent.

La structure la plus importante de cette marge est la **Faille de l'Orient**. Ce décrochement majeur à l'échelle crustale s'exprime ici sous plusieurs formes : ce sont en particulier la **Fosse de l'Orient**, un bassin en *pull apart* que nous avons baptisé **Bassin de Cabo Cruz**, une *zone en transpression* que nous avons appelée **Ceinture déformée de Santiago** (figure 2) ; plus à l'est, nous avons cartographié une zone en coulissage pur dans le **Passage du Vent**.

1. La Faille de l'Orient

L'expression morphologique de la Faille de l'Orient se traduit par le Mur de l'Orient, escarpement qui atteint 6000 m de dénivelé, et dont la pente moyenne, déterminée par plusieurs accidents, varie entre 25 et 30°. Si l'on tient compte du remplissage sédimentaire de la fosse de l'Orient et le sommet du Pico Turquino (7 km de la côte) le dénivelé total est de l'ordre de 10000 m. Dans le détail, il est possible de distinguer plusieurs failles parallèles de direction N 75° à N 80°, qui se relaient en baïonnette par le truchement de courtes failles de direction N 60° ou N 120°.

Une telle disposition implique que la faille de l'Orient, dans son tracé actuel, ne peut fonctionner depuis très longtemps. Il faut donc envisager une réorganisation récente de ce tracé.

2. Le Bassin de Cabo Cruz

Le bassin de Cabo Cruz est un graben étroit (8 à 15 km de largeur N-S) limité au nord par la faille de l'Orient et au sud par une faille de la même famille. En travers de ce bassin, apparaissent plusieurs rides obliques (N 30°) limitées par des failles et donc à valeur de horst. Ce fossé possède toutes les caractéristiques morphologiques d'un bassin en *pull apart* ouvert en transtension selon une direction N 80°, entre les failles décrochantes senestres du système transformant de l'Orient.

3. La fosse de l'Orient

Les profondeurs les plus importantes atteintes lors de cette campagne (environ 6750 m) correspondent à la fosse de l'Orient. Les profils sismiques ont montrés que cette fosse, à fond très plat, était comblée par une grande épaisseur de sédiments (plus de 2 secondes temps double). L'existence de canyons sous-marins importants traversant la marge passive du détroit de Colomb du sud au nord (par ex. le *Canyon Reggae*) laisse penser que l'alimentation de ce bassin est assuré non seulement par les apports directs de la côte cubaine (dont le bassin-versant est très réduit) mais aussi par des apports plus lointains, venus de la Jamaïque.

La largeur de cette fosse est d'environ 20 km. Elle est limitée au nord par le Mur de l'Orient et au sud par la terminaison septentrionale des rides caractéristiques de la marge passive de l'est du fossé de Cayman. A l'Ouest elle fait place au bassin de Cabo Cruz. A l'est, elle passe progressivement à la Ceinture déformée de Santiago, les sédiments de la fosse étant impliqués dans des plis et accidents à vergence sud de plus en plus prononcés en allant vers l'est. Ce dispositif représente un véritable modèle analogique grandeur nature de naissance d'une chaîne en contexte transpressif.

4. La Ceinture déformée de Santiago

La Ceinture déformée de Santiago est une zone de plis et d'écaillés atteignant une largeur d'une trentaine de kilomètres au sud de la baie de Guantánamo. Elle se développe à partir de la longitude 76°40'W et progresse vers l'Est initialement aux dépens des sédiments du bassin de l'Orient.

Les premiers plis, de direction N 110° et alignés selon une direction E-W, naissent au milieu du bassin de l'Orient. Ils peuvent être reliés à la présence de solutions de continuité dans le substratum du fossé de l'Orient.

Les plis de la ceinture déformée sont nettement déversés vers le sud. Leurs axes, généralement courbes, tendent à suivre la direction du front de déformation. Des contacts tectoniques à vergence sud, déterminant une série d'écaillés tectoniques discontinues, sont mis en évidence par les données sismiques et topographiques.

Plus à l'est, d'importantes anomalies magnétiques et gravimétriques démontrent que l'empilement d'écaillés n'implique pas que des sédiments, mais aussi de fragments de croûte volcanogénique.

Au front de déformation, les sédiments les plus récents sont déformés, ce qui implique que cette tectonique compressive est active, ce qui est confirmé. En revanche, dans la partie sommitale de la ceinture déformée, les sédiments les plus récents viennent sceller les plis, y compris dans les quelques bassins perchés de direction E-W repérés sur le haut de la marge.

5. Le Passage du Vent

Le Passage du Vent, entre l'est de Cuba (Punta Maisí) et le nord-ouest d'Haïti (Pointe Saint-Nicolas) montre au sud-ouest la terminaison orientale de la ceinture déformée de Santiago

Un chevauchement à vergence sud met en contact un faisceau plissé d'axes N 75° sur un petit bassin à remplissage sédimentaire assez épais (0.7 à 1 seconde temps double), passant vers le nord à une bande plissée d'axes N 80°. Ce front chevauchant est ennoyé à l'est de 74°10'W sous des sédiments récents très peu déformés.

Le centre de la zone couverte est occupé par un bassin bien individualisé, le *Bassin de Saint-Nicolas*, limité au nord et au sud par des accidents E-W à fort rejet vertical.

L'accident bordier septentrional correspond au prolongement de la Faille de l'Oriente. Elle est ici représentée par un alignement régulier d'accidents E-W isolant des petits bassins à valeur de *pull apart*. Les trains de failles les plus méridionaux, à l'est de 73°50'W, déterminent des petits plis en échelon de direction N 120°/130°W indiquant un mouvement senestre selon la direction E-W. Cet étroit faisceau d'accidents s'engage nettement vers l'est dans le Canal de la Tortue, entre Hispaniola et l'île de la Tortue. Nous situons ici la trace actuelle de la limite nord de la plaque Caraïbe.

Au nord de ce bassin la *ride de la Tortue*, l'île de la Tortue est une partie émergée, se trouve en continuité directe avec l'extrémité est de Cuba. Les profils sismiques qui traversent cette ride y montrent une série de discordances qui correspondent à des bassins scellés. Une structure anticlinale enfouie d'orientation E-W puis N 130° vers l'ouest est révélée par ces profils. Cette large ride ne montre aucune solution de continuité qui pourrait être interprétée comme un accident marquant le passage de la limite actuelle de la plaque Caraïbe. Cette limite se situe donc nécessairement au sud de la ride de la Tortue.

Tout à fait au nord de la zone couverte, quelques profils se terminent sur le bord du bassin d'Hispaniola. Ils révèlent une très légère structure chevauchante vers le nord

II. PRINCIPALES CONCLUSIONS

A. La marge passive Est-Cayman

La terminaison orientale du fossé de Cayman montre les caractères structuraux typiques d'une **marge continentale passive**. Cette marge est tranchée au nord par les accidents liés au coulissement senestre actuel (qui se manifeste par le bassin de Cabo Cruz et la fosse de l'Oriente). Au sud-ouest, elle passe latéralement au domaine océanique de la fosse de Cayman. La genèse de cette marge passive a précédé, puis accompagné, le début de l'accrétion océanique du fossé de Cayman. L'ouverture océanique elle-même, si l'on en croit les informations fournies par les premières anomalies magnétiques repérées, commencerait vers l'anomalie 19 (42.7 Ma.), c'est à dire à la limite entre l'Eocène inférieur et l'Eocène moyen.

B. La marge décrochante de l'Oriente

Une tectonique actuelle est caractérisée par des mouvements E-W (décrochement senestre) le long de la faille de l'Oriente. Ce déplacement se manifeste par des phénomènes de transtension (ouverture du bassin de Cabo Cruz), de transpression (mise en place de la *Ceinture déformée de Santiago*) ou de coulissage pur (*Fosse de l'Oriente, Passage du Vent*).

C. La limite actuelle de la plaque caraïbe

La limite actuelle de la plaque caraïbe suit la faille de l'Oriente au sud de Cuba, puis s'engage nettement entre l'île de la Tortue et Hispaniola vers l'est. Elle ne rejoint pas le front de déformation au nord des Grandes Antilles au niveau du Passage du Vent.

III. ABSTRACT (English version)

In November/December 1987, the R/V "Jean-Charcot" conducted geophysical surveys (Seabeam bathymetry, single-channel seismic reflection, gravimetry and magnetism) along the northern caribbean boundary, between Cuba, Haiti and Jamaica (Pointe-à-Pître / Santiago de Cuba / Fort-de-France).

During that cruise, we focused our attention on the following themes :

1. the transition between typical oceanic crust and thinned continental crust associated with early rifting ;
2. the structures associated with the Oriente (Bartlett) Transform Fault south of Cuba ;
3. the eastward continuation of the Oriente Fault north of Hispaniola.

A. The Cayman Trough

The Cayman Trough is an E-W trending 5500 m deep basin, extending from offshore Yucatan to west of Haiti. It is floored by oceanic crust formed at a N-S spreading center located about 82°W. The bathymetry and the magnetic pattern deduced of four E-W trending profiles in the eastern part of the studied area allow to precisely locate the ocean/continent transition. This transition is rectilinear and trends N135°W at least south of the latitude 19°10'N. It separates the two domains, each one with its own structural pattern : a domain with oceanic crust to the west, and a domain with thinned continental crust to the east.

1. The Oceanic Cayman Trough

To the west, we investigate an area displaying N-S trending structural pattern due to small horst and graben inherited from oceanic accretion at the Mid-Cayman spreading center. Two magnetic profiles, designed to supplement the existent data allow to define a better age for the oceanic crust : the oldest anomaly that we identified is #19, which gives a Middle Eocene age (42.7 Ma.) to the beginning of the spreading. However the anomaly 19 was recognized only in the southern part of the area. Since the oceanic/continental crust boundary is oblique to the magnetic pattern, we suggest that the early opening occurred along a northward propagating spreading center.

Furthermore the identification of magnetic anomalies 11-12 to 18 indicates that the spreading rate varies from 2.2 cm/yr to 0.86 cm/yr, which corresponds to an average of 1.25 cm/yr between 35.3 Ma. and 42.7 Ma. However the quality of the correlation is poor and the hypothesis of

continuous spreading since the early rifting is not ascertained ;

2. The East-Cayman passive margin

To the east, we note an area displaying a N45W morphostructural trend. This structural grain is marked by five main narrow dissymmetric ridges with northwestward steeper scarp. The seismic profiles show that these scarps correspond to normal faults bounding half-grabens filled with deposits systematically thickest at the bottom of these scarps. We interpret these structures as tilted blocks, related to the rifting of continental crust during Early Eocene. This extension could have occurred under a transtensional tectonic regime on a major relay of the North Caribbean Transcurrent Plate Boundary.

B. The Oriente Fault Zone

The Oriente Fault Zone is the present day trace of the transcurrent plate boundary. This fault zone exhibits various tectonic regimes along strike, from west to east :

1. The Cabo Cruz Basin

Off Cabo Cruz (southwestern tip of Cuba), a N80W trending pull apart basin, here called "Cabo Cruz Basin", is located on a relay between two shifted segments of the Oriente Fault. This basin is the expression of a transtensional regime along the Oriente Fault Zone.

2. The Santiago deformed Belt

An area characterized by an active compressional tectonics, is named here "Santiago deformed belt". It extends from 76°40'W to 73°50'W in an E-W direction. This zone originates to the west in a deep basin filled up with more than 2 km of sediments, the Oriente Deep. The westernmost structures of this belt are *en échelon* folds, sometimes inclined toward the south, located within the central part of the basin. The oriental part of the Santiago deformed belt is the "Santiago High", an imbricated southward thrust slices structure. The tectonics affects here the basement of the Cuban margin. The Santiago Deformed Belt is the expression

of a transpressional regime along the Oriente fault Zone.

3. The Windward Passage

Between the eastern tip of Cuba and Haiti, the Windward Passage Deep, is a rectangular basin bounded to the south and to the north by E-W trending faults. The northern one is the Oriente Fault which displays locally reverse component. The southern one is an inactive short fault segment which does not extend either to the east nor to the east of the Windward Passage Deep. For these reasons we do not

interpret this basin as an active pull apart, and we assume pure strike-slip regime along the Oriente Fault Zone in this area.

C. The Caribbean Plate Boundary north of Hispaniola

East of the Windward Passage, the Oriente Fault clearly enters into the Tortue channel. This fault continues eastwards into the Cibao Valley in Hispaniola. Thus, the transcurrent plate boundary is not directly connected to the subduction front of the atlantic oceanic crust under Hispaniola/Puerto Rico.

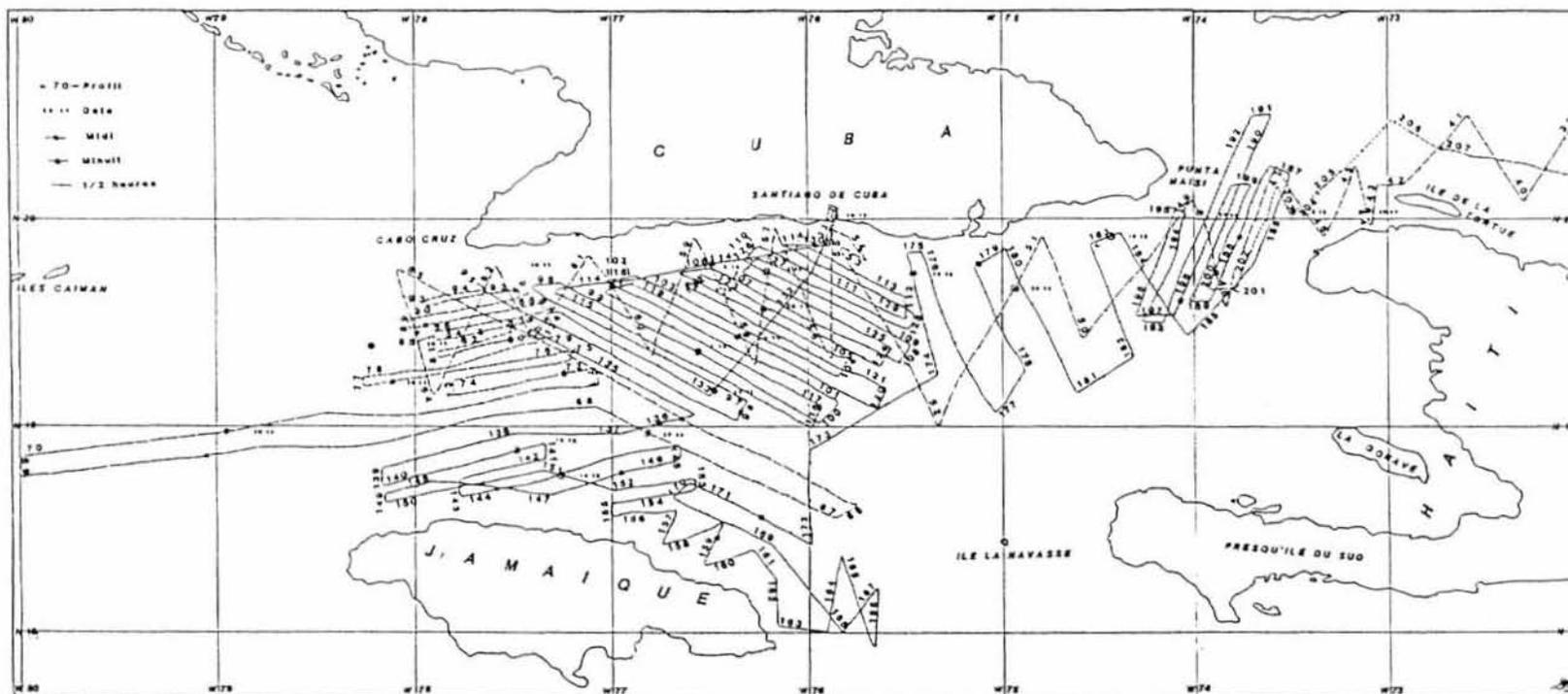


Figure 1 : Trajet suivi lors de la campagne SeaCarib II dans la zone principale de travail (détroit de Colomb)

Track lines of the SeaCarib II cruise in the main surveyed area

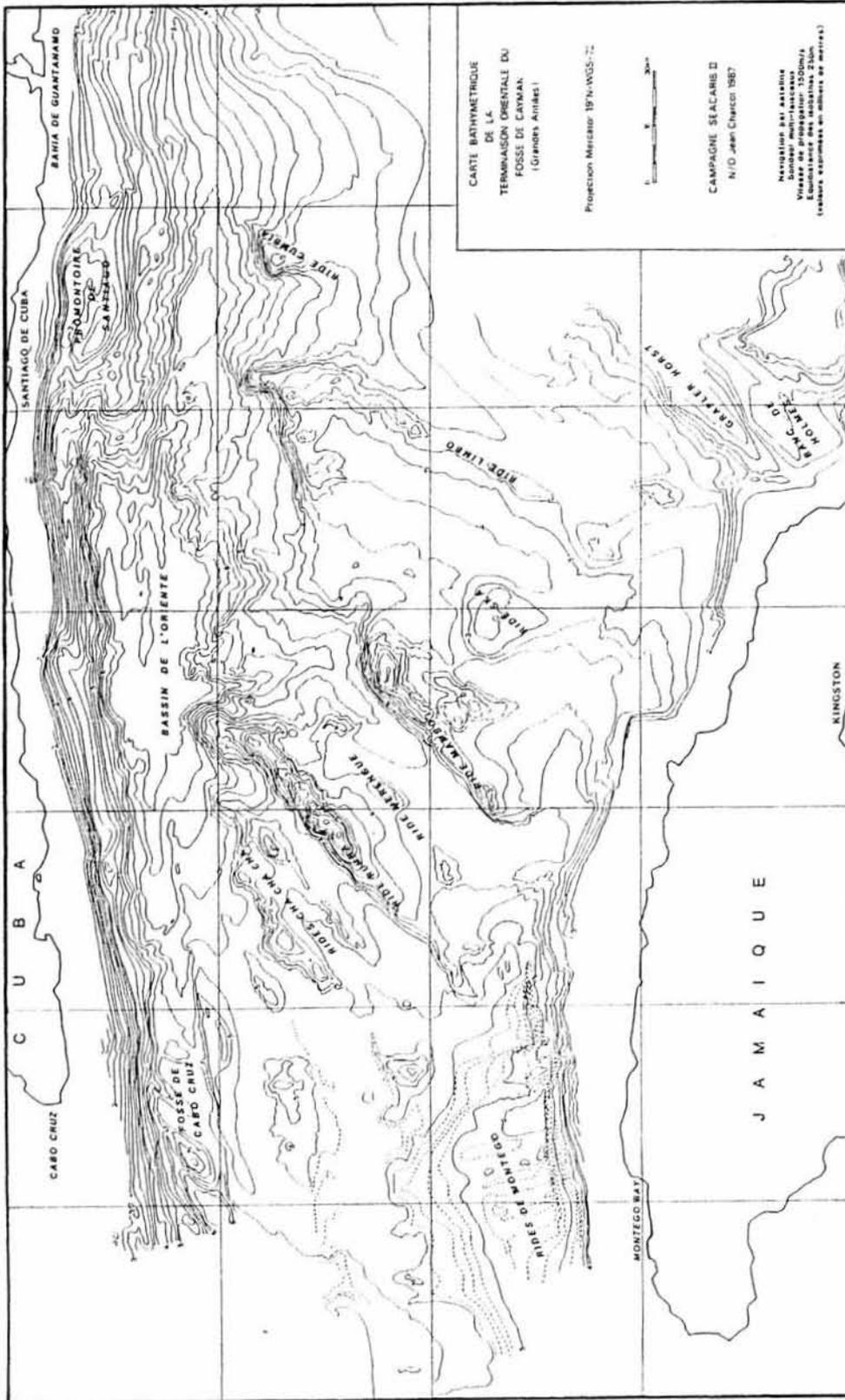


Figure 2 : Carte bathymétrique *SeaBeam* de la partie orientale de la fosse de Cayman
SeaBeam bathymetry of the eastern part of the Cayman Trough