

APPORTS NOUVEAUX A L'ÉTUDE DU SUD-OUEST PACIFIQUE

par Jacques DUBOIS, Jacques DUPONT et Jacques RECY

Depuis 1965 environ, date où l'on a commencé à envisager la géodynamique suivant le schéma cohérent de la tectonique des plaques, il a été tentant pour la plupart des géologues et géophysiciens d'imaginer des modèles de reconstitution géodynamique s'appliquant aux différentes régions du globe. Le Sud-Ouest Pacifique n'a pas échappé à cette évolution. En effet, la théorie de la tectonique des plaques avait trouvé dans cette région de nombreux éléments de sa genèse et ceci depuis le début des années 60 : travaux sur la sismicité profonde des Salomon, des Nouvelles-Hébrides, des Tonga-Kermadec, campagnes océanographiques françaises et américaines, hypothèses sur la subduction, etc...

Dans le bouillonnement d'idées qui a suivi cette période, on a assisté à la présentation de nombreux modèles dont la plupart étaient plutôt des produits de l'imagination que des schémas cohérents bâtis sur des analyses objectives des faits d'observation. Ainsi la Nouvelle-Calédonie, les Nouvelles-Hébrides, les dorsales de Lord Howe et de Norfolk, la chaîne des Loyauté ont-elles joué des rôles variés dans toutes sortes de modèles de subduction, d'accrétion ou de failles transformantes (COLEMAN, 1973).

Nous nous proposons ici de montrer qu'avec le temps et l'apport constant de données nouvelles une progression réelle s'est dégagée de tout ce foisonnement d'idées, mais nous montrerons surtout, sur un exemple particulier, celui du plateau Nord-Fidjien, que seuls les modèles simples, bâtis uniquement sur des données d'observation successives, ont résisté au temps et ont été utiles à l'évolution des idées. Pour les contre-exemples, c'est-à-dire les modèles résultant de constructions imaginaires avec le support incomplet ou sans le support d'observations, nous n'aurons que l'embaras du choix.

Une telle analyse nous montrera comment aborder les reconstructions géodynamiques et nous permettra d'en fixer les limites.

Enfin nous constaterons que l'aspect régional, aussi passionnant soit-il, ne doit pas prendre le dessus sur l'aspect thématique global des phénomènes étudiés. Ainsi l'apport des travaux réalisés dans cette région complexe sera-t-il fondamental pour la compréhension des phénomènes géodynamiques qui régissent l'histoire de notre globe.

INTÉRÊTS ET LIMITES DES MODÉLISATIONS

Intérêt des reconstitutions géodynamiques : exemple du plateau Nord-Fidjien.

La bibliographie relative à ce bassin océanique jeune, ses caractéristiques morphologiques, géologiques et géophysiques ont été traitées de façon détaillée dans le présent ouvrage (voir Chap. VIII).

L'idée de l'ouverture récente de ce bassin semble revenir à MENARD (comm. personnelle, 1967), organisateur des campagnes NOVA de la Scripps Institution of Oceanography, après l'examen d'enregistrements bathymétriques (Fig. XIII-1) réalisés sur le N.O. CORIOLIS par l'ORSTOM (de CHALVRON *et al.*, 1966), puis l'idée "d'une rotation en sens inverse des aiguilles d'une montre de la plate-forme des Fidji a été une proposition spéculative suggérée par la forme en nébuleuse spirale de ce groupe d'îles" (MALAHOFF, 1970 ; COLEMAN, 1973).

Le premier modèle géodynamique proposé a été celui de CHASE (1971). Il s'appuyait essentiellement sur des données recueillies lors des campagnes NOVA (1967).

1 - Le modèle de CHASE (1971)

Les faits d'observation : les campagnes NOVA sur le plateau Nord-Fidjien avaient montré que le flux de chaleur était élevé dans ce bassin et que des linéations magnétiques symétriques de part et d'autre d'une ride de direction N-S (la ride Nova, dont l'existence a été contestée par la suite) pouvaient être identifiées. CHASE a utilisé également les données sur la sismicité du plateau (SYKES *et al.*, 1969) ainsi que les données se rapportant aux changements de pôles relatifs de rotation connus des plaques Australienne-Antarctique, Pacifique-Antarctique et Pacifique-Australienne (les pôles d'EULER sont déterminés à partir des expansions mesurées sur les dorsales Indienne-Antarctique et

Est-Pacifique ainsi que des directions des limites des plaques et des failles transformantes : MORGAN, 1968 ; LE PICHON, 1968). D'après CHASE, l'ouverture du plateau serait la conséquence des variations des mouvements relatifs entre les plaques Indienne et Pacifique et essentiellement du changement important du pôle de rotation entre 50 M.A. et 20 M.A.. La figure XIII-2 illustre cette évolution dans le temps.

Le raisonnement de CHASE est le suivant :

a) connaissant l'histoire des mouvements relatifs des plaques dans cette région, il explique a priori l'évolution tectonique de la région des Fidji comme la conséquence de l'interaction des plaques Australienne et Pacifique. Les mouvements ainsi fixés, dit-il, la seule liberté de choix est dans la position des limites des plaques ;

b) connaissant certaines limites actuelles (faits d'observation) et les directions des mouvements, il en déduit que l'effet principal pendant 10 M.A. a été l'ouverture du plateau Nord-Fidjien et du bassin de Lau, augmentant ainsi la séparation des arcs des Tonga et des Nouvelles-Hébrides ;

c) à cette étape de — 10 M.A., il constate alors que les mouvements relatifs sont encore identiques, mais il reconnaît que l'étape II antérieure (— 10 à — 20 M.A.) est difficile à reconstituer. Si les Nouvelles-Hébrides étaient attachées à la plaque Pacifique, elles auraient dû partir d'une position en prolongement des Tonga et des îles de Lau à — 20 M.A., et CHASE ajoute que pour éviter cette **situation impossible** (polarité sismique inverse des deux arcs) il faut rattacher les Nouvelles-Hébrides à la plaque Australienne.

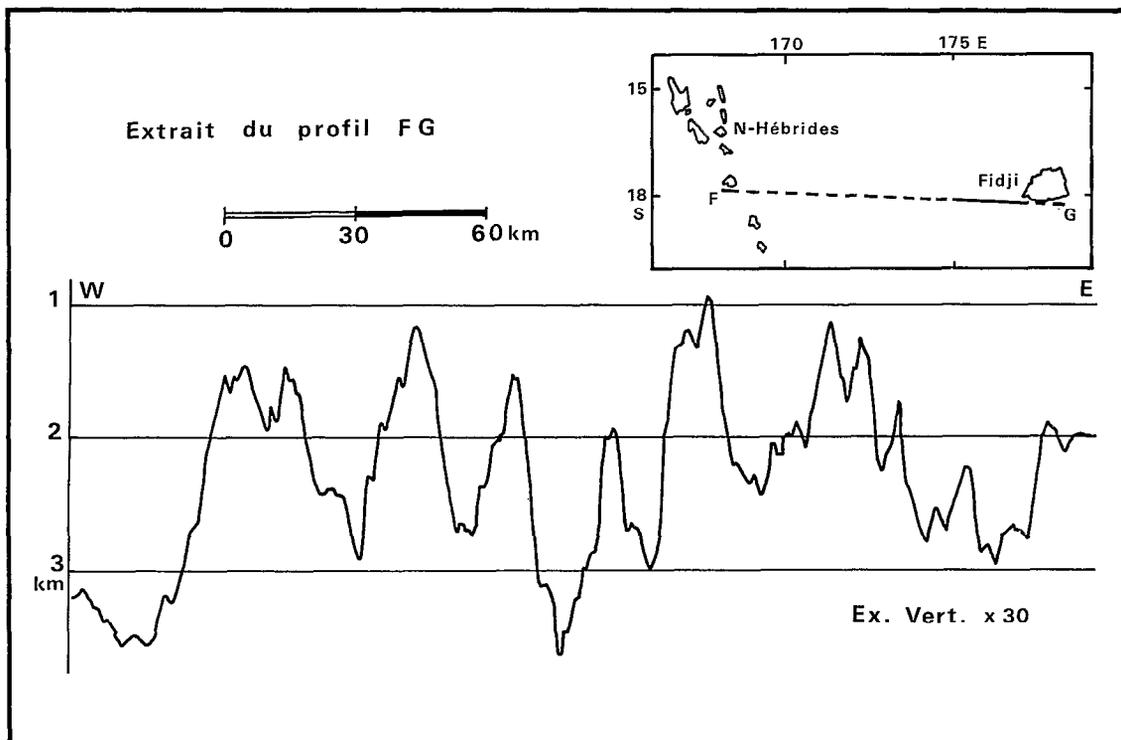


Fig. XIII-1 - Structures bathymétriques symétriques observées sur le plateau Nord-Fidjien. Bathymétrie de de CHALVRON *et al.*, 1966 (extrait du profil FG).

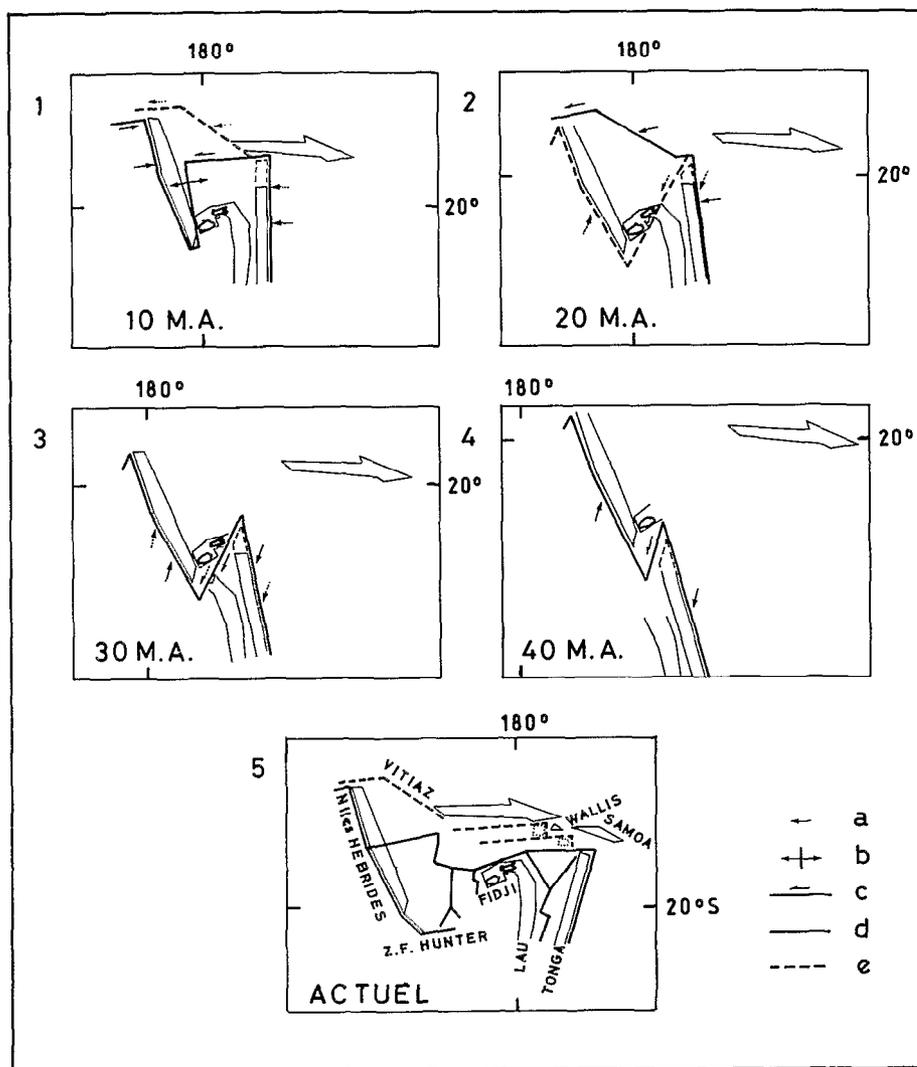


Fig. XIII-2 - Le modèle de CHASE (1971) - a = direction de mouvement ;
 b = expansion ; c = failles transformantes ; d = limites des plaques observées ;
 e = limites des plaques supposées.

Comme on le verra dans l'étude des modèles ultérieurs, les faits d'observation ont montré que la position des Nouvelles-Hébrides en prolongement des Tonga n'est pas une situation impossible ; des faits, indiquant qu'un changement de polarité de la sismicité aux Nouvelles-Hébrides (hypothèse non envisagée par CHASE) s'est bien produit, ont été observés.

Ainsi les reconstructions des étapes antérieures, étape III (— 20 à — 30 M.A.) et étape IV (— 30 à — 40 M.A.), bâties sur une situation de départ réfutée par les faits, n'ont plus de valeur.

On retiendra de ce modèle qu'il rend compte correctement, dans sa première partie, de l'ouverture du plateau Nord-Fidjien et du bassin de Lau, car il y a des faits d'observation précis à l'appui de ces modèles (linéations identifiées, limites de plaques nettes). L'absence d'observation pour expliquer les mouvements antérieurs décrits dans la deuxième partie conduit à une spéculation fragile.

2 - Le modèle de GILL et GORTON (1973)

Nature des faits nouveaux : étude pétrographique et géochimique de la polarité de la subduction.

Ces auteurs démontrent par une étude géochimique et des datations de roches prélevées aux îles Fidji, aux îles de Lau et aux Nouvelles-Hébrides que :

- les Fidji et les îles de Lau représentaient au Miocène supérieur l'arc insulaire relatif à une subduction plongeant vers le sud-ouest ;
- cette polarité est également celle observée aux Nouvelles-Hébrides pendant le Miocène inférieur.

Ils proposent alors l'hypothèse de la continuité d'un arc insulaire Nouvelles-Hébrides, Fidji, Tonga pendant l'Eocène. Cet arc est resté continu jusqu'au Miocène inférieur (Fig. XIII-3).

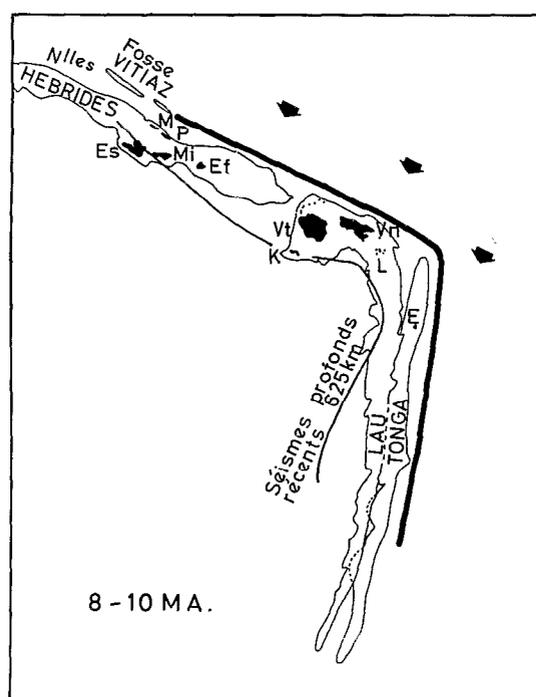


Fig. XIII-3 - Le modèle de GILL et GORTON (1973) - Les flèches indiquent la direction du déplacement relatif de la plaque Pacifique par rapport à la plaque Indo-australienne. Es = Espiritu Santo ; M = Maewo ; P = Pentecôte ; Mi = Mallicolo ; Ef = Efaté (Vaté) ; Vt = Viti Levu ; Vn = Vanua Levu ; K = Kandavu ; L = Lau ; E = Eua.

A propos de la fracturation ultérieure de l'arc ils proposent deux options à partir des observations faites :

a) au Miocène moyen, la séparation des Nouvelles-Hébrides des Fidji s'inscrit dans la géologie des Nouvelles-Hébrides par des déformations et des fracturations qui se sont conservées. ROBINSON (1969) note que de fortes contraintes E-W en compression ont affecté Santo et Mallicolo pendant cette période et RODDA (1967) suggère que les îles Fidji se sont soulevées et déformées à la même époque. Ce peut être aussi le moment de la collision du plateau d'Ontong Java avec les Salomon (MOBERLY, 1971), au niveau de la zone de subduction à vergence ouest située à cette époque sur la partie orientale des Salomon ;

b) au Pliocène ou il y a moins de 5.5 M.A., la séparation et l'inversion de la polarité pourraient correspondre au changement de la nature du volcanisme noté aux Fidji et aux Nouvelles-Hébrides.

Les auteurs en déduisent que le plateau Nord-Fidjien et le bassin de Lau sont comparables et jeunes. Dans leur conclusion, ils ne tranchent pas : "nous attribuons la distribution actuelle des îles à une fracturation de cet arc insulaire pendant le Miocène moyen et/ou le Pliocène jusqu'à l'actuel, causée ou au moins accompagnée par une distribution différente des contraintes entre les plaques Australienne et Pacifique".

Par rapport au modèle de CHASE, l'apport des faits nouveaux a conduit les auteurs à proposer l'existence d'un arc continu avant 10 M.A. et d'envisager des hypothèses sur sa fracturation avant et pendant la création du plateau Nord-Fidjien et du bassin de Lau.

3 - Le modèle de DUBOIS, LAUNAY et RECY (1973a, 1974a, 1975b) et DUBOIS, LAUNAY, RECY et MARSHALL (1977b).

Nature des faits nouveaux : mesures de la vitesse de subduction et cinématique des plaques.

L'étude du bombement de la lithosphère océanique avant son plongement sous les arcs des Nouvelles-Hébrides et des Tonga a permis de calculer les vitesses de subduction sous ces arcs. En effet, les taux de soulèvement des atolls fossiles situés sur ces bombements (île de Niue pour les Tonga, îles Loyauté pour les Nouvelles-Hébrides) ont été évalués grâce essentiellement à des datations des coraux de platiers surélevés. Connaissant la géométrie du bombement, on a pu en déduire le déplacement horizontal correspondant et par conséquent la vitesse de subduction. Elle a été évaluée à 12 cm/an pour les Nouvelles-Hébrides et à 9 cm/an pour les Tonga.

Revenant au mouvement relatif des plaques Australienne et Pacifique, on observe (Fig. XIII-4) qu'à la latitude de 20° S le mouvement relatif des deux plaques est de 10 cm/an (pôle de rotation de MINSTER *et al.*, 1974). Si l'on ajoute les taux de subduction opposés Tonga et Nouvelles-Hébrides sur le parallèle 20° S on trouve un total de 21 cm/an. Il faut donc admettre qu'entre les deux zones de subduction se trouve une ou plusieurs zones d'ouverture dont le taux d'expansion E-W est de 21—10 = 11 cm/an (Fig. XIII-4). Cette expansion actuelle (depuis 200.000 ans ; cette limite étant celle des datations des coraux soulevés) est probablement le résultat des ouvertures cumulées du bassin de Lau et du plateau Nord-Fidjien.

Ces observations permettent ainsi de confirmer les ouvertures des deux bassins proposées dans les modèles précédents. On verra que les valeurs des taux d'expansion trouvées grâce à l'identification des linéations magnétiques sur ces bassins donnent bien un total voisin de 10 cm/an. Par ailleurs le taux d'expansion semble constant dans le temps.

4 - Le modèle de FALVEY (1978)

Nature des faits nouveaux : données de paléomagnétisme sur les Fidji et les Nouvelles-Hébrides ; mise en évidence des linéations magnétiques du bassin de Lau (WEISSEL, 1977). FALVEY (1978) compare les données de paléomagnétisme provenant de différents sites. L'âge des échantillons étant connu, il montre qu'une rotation de 21° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre a affecté les Fidji depuis 4 - 4.5 M.A., et qu'une rotation de 30° dans le sens des aiguilles d'une montre a affecté les Nouvelles-Hébrides depuis 6 M.A..

A partir de ces faits et d'une reconstitution de WEISSEL (1977) sur le bassin de Lau, FALVEY établit un schéma géodynamique avec ouverture en deux temps du bassin de Lau. Cette reconstruction conduit à une situation assez voisine de celle de GILL et GORTON. Une comparaison des deux reconstitutions montre pourtant que les positions relatives des îles avant 6 M.A. diffèrent notablement

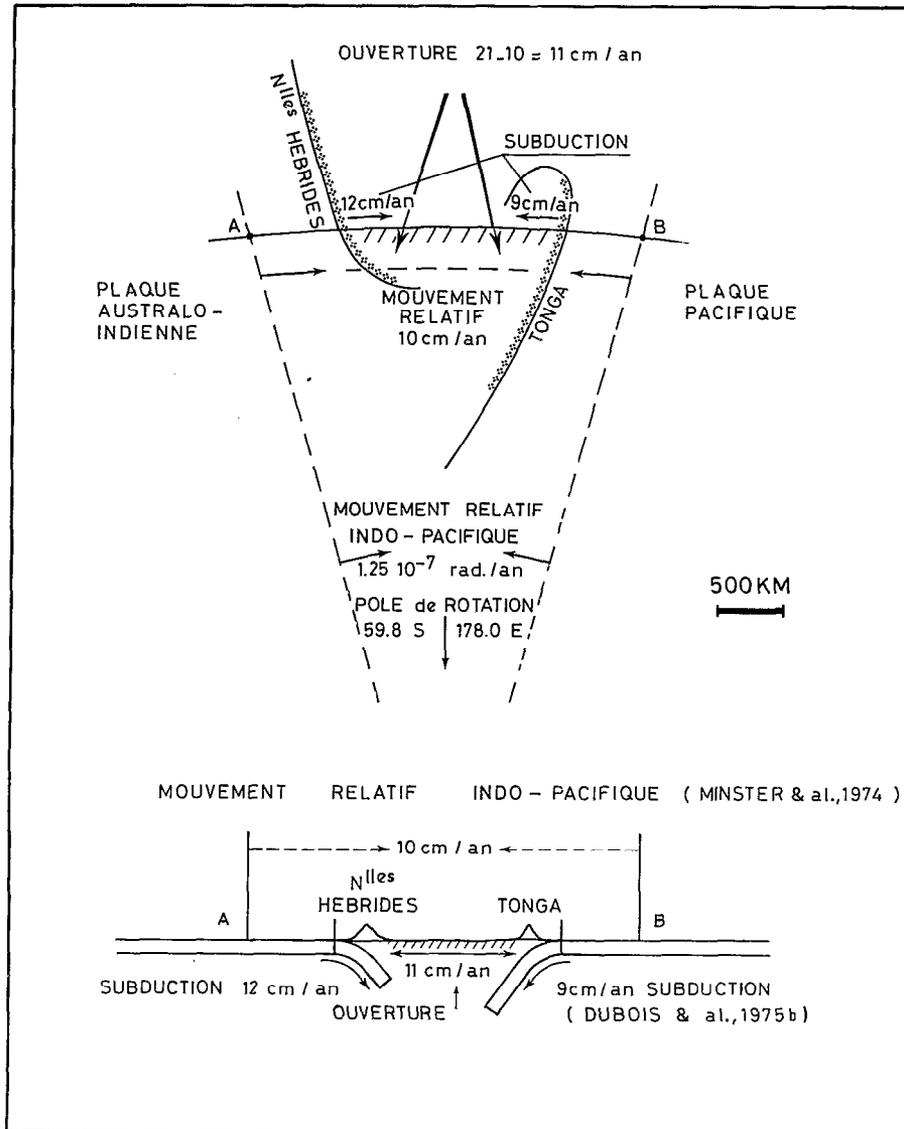


Fig. XIII-4 - Le modèle de DUBOIS, LAUNAY et RECY (1973a, 1974a, 1975b) et DUBOIS, LAUNAY, RECY et MARSHALL (1977b) - Les connaissances des mouvements relatifs des plaques A et B (MINSTER *et al.*, 1974) et des vitesses de subduction aux Nouvelles-Hébrides et Tonga permettent de calculer la somme des vitesses d'ouverture du bassin Nord-Fidjien et du bassin de Lau.

(Fig. XIII-3 et XIII-5) ; l'île d'Efaté est à 500 km au nord-ouest de Viti Levu pour GILL et GORTON alors qu'elle est accolée au sud-ouest de cette dernière pour FALVEY. Si l'évolution dans le temps, démontrée par l'ouverture du bassin de Lau, a été reconnue par les linéations magnétiques (WEISSEL, 1977), il n'en est rien pour les ouvertures et le point triple du modèle de FALVEY. Seule l'expansion NE-SW au moment de la fracturation de l'arc est observable, dans le nord-ouest du plateau Nord-Fidjien, d'après la direction des linéations dont une a été identifiée comme l'anomalie 4 (communication personnelle de MALAHOFF et LARUE) ; ces anomalies sont discordantes avec les anomalies postérieures, témoins de l'expansion E-W plus récente décrite par MALAHOFF (1979 a et b) et CHERKIS (1980). CARNEY et MACFARLANE (1978) ont comparé sur le plan de la pétrographie et de la

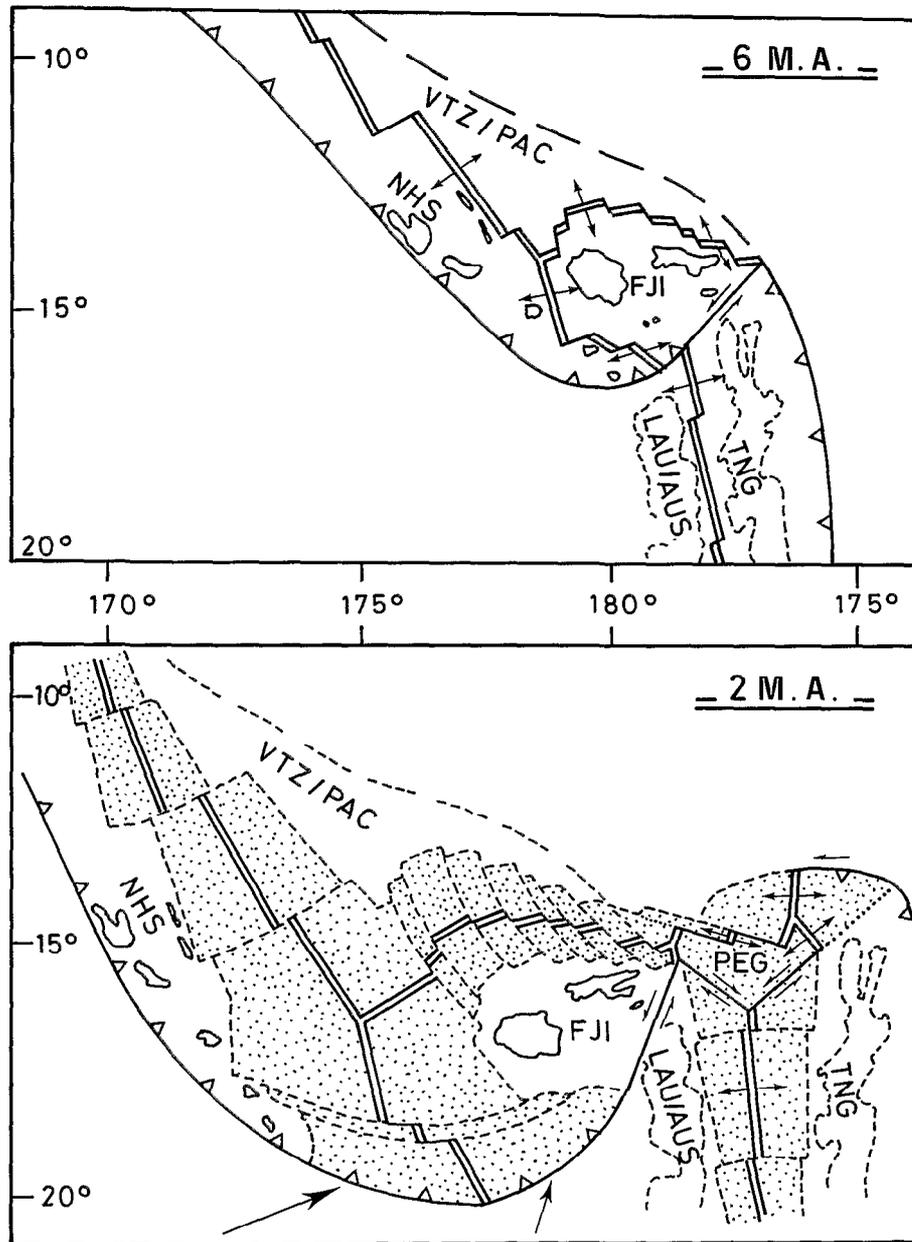


Fig. XIII-5 - Le modèle de FALVEY (1978) - 6 M.A. = fracturation des Nouvelles-Hébrides / Fidji. 2 M.A. = ouverture du bassin Nord-Fidjien et du bassin de Lau. VTZ/PAC = Vityaz-Pacifique ; NHS = Nouvelles-Hébrides Sud ; FJI = Fidji ; TNG = Tonga ; LAU/AUS = Lau-Australie ; PEG = Peggy.

stratigraphie les Nouvelles-Hébrides et les Fidji, et ont observé que seules les formations anté-Miocène supérieur des Nouvelles-Hébrides septentrionales et centrales présentaient des similitudes avec celles des Fidji. Ils considèrent que de l'Oligocène supérieur au Miocène moyen les Fidji étaient accolées directement aux Nouvelles-Hébrides centrales, au sud de Mallicolo, et que la partie sud de l'arc insulaire actuel des Nouvelles-Hébrides est postérieure au début de l'ouverture du plateau Nord-Fidjien et liée au changement de polarité de la subduction, puisqu'il s'agit du prolongement sud de l'arc volcanique post-miocène à actuel. Ils considèrent aussi que le changement de polarité de la subduction sous les Nouvelles-Hébrides est à l'origine de la mise en place des péridotites sous forme de diapir mantellique (7-5 M.A.), mais cette assertion provient essentiellement de la synchronisation apparente de ces deux événements.

5 - Le modèle de MALAHOFF, HAMMOND et FEDEN (1979a) et MALAHOFF, HAMMOND, FEDEN et LARUE (1979b).

Faits nouveaux : des levés aéromagnétiques ont été effectués sur le plateau Nord-Fidjien et sur le bassin de Lau. L'identification des anomalies montre que le plateau Nord-Fidjien est la plus ancienne de ces deux structures, avec des anomalies identifiées de l'actuel à 6 M.A. (3'). Les bassins de Lau et du Havre montrent des anomalies s'étendant de l'actuel à 3 M.A. (2'). Les vitesses d'ouverture calculées sont respectivement de 6 cm/an et de 5 cm/an pour les deux bassins. En comparant avec les données de paléomagnétisme sur échantillons, on voit que les Nouvelles-Hébrides tournaient de 30° dans le sens des aiguilles d'une montre et les îles Fidji de 55° dans le sens opposé pendant que s'ouvrait le plateau Nord-Fidjien.

La même méthode de mesures du champ paléomagnétique donne pour la rotation des Fidji une valeur plus importante que celle avancée par FALVEY, et ce, pour une période à peine plus étendue. Cette différence n'a pas reçu d'explication.

Dans la reconstitution de MALAHOFF *et al.* (Fig. XIII-6) avant la fracturation et la séparation, Efate est à 500 km au nord-ouest de Viti Levu, ce qui est en contradiction avec l'interprétation de CARNEY et MACFARLANE.

LARUE *et al.* (1980) observent une ressemblance morphologique et structurale entre le bassin de Baravi, situé au sud de l'île de Viti Levu (Fidji) et les bassins inter-arc des Nouvelles-Hébrides centrales à l'est de Mallicolo et Espiritu Santo. Ces arguments renforcent l'hypothèse avancée par CARNEY et MACFARLANE (1978) de la continuité, à l'origine, d'un arc insulaire unique, comprenant les

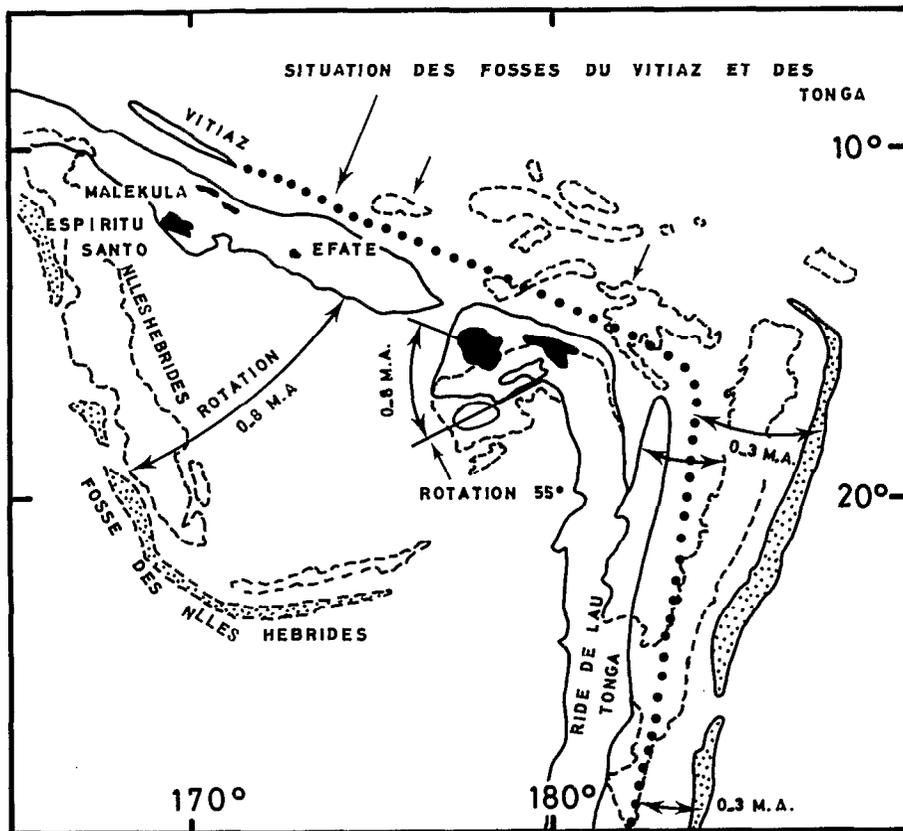


Fig. XIII-6 - Le modèle de MALAHOFF, HAMMOND et FEDEN (1979a) et MALAHOFF, HAMMOND, FEDEN et LARUE (1979b) - Rotations relatives des Nouvelles-Hébrides, des Fidji et des Tonga par rapport à une ligne de subduction initiale Vityaz-Tonga.

Nouvelles-Hébrides septentrionales et centrales, les Fidji et la ride de Lau. La fragmentation de cet arc est liée à l'ouverture, à partir du Miocène supérieur, du plateau Nord-Fidjien et du bassin de Lau, alors que la création des Nouvelles-Hébrides du sud est liée à l'inversion de polarité de la subduction.

Discussion

La position relative des Nouvelles-Hébrides centrales par rapport aux Fidji, avant l'ouverture du plateau Nord-Fidjien, est différente suivant les modèles proposés. Pour certains auteurs la partie méridionale de l'arc des Nouvelles-Hébrides n'existait pas à l'époque, puisqu'aucune roche anté-Pliocène n'a été observée sur les îles du sud (Efaté, Erromango). D'autres admettent implicitement cette existence sans pour autant en avoir la preuve. L'absence d'argument déterminant sur ce point explique la variabilité des modèles.

Il n'y a pas, pour l'instant, d'argument géomagnétique déterminant en faveur d'une ouverture NE-SW telle que l'a proposée FALVEY (Fig. XIII-5), sinon la discordance d'une éventuelle anomalie 4 avec les anomalies 3' - 0 relatives à l'ouverture E-W. CHERKIS (1980) n'observe pas d'anomalie 4 reconnaissable dans la couverture aéromagnétique du plateau Nord-Fidjien.

Les cinq modèles décrits nous ont montré l'aspect positif des modélisations bâties sur des faits d'observation. Les contre-exemples abondent. Nous en examinerons quelques-uns choisis dans la même région.

Limites des modélisations : exemples du plateau Nord-Fidjien, des Nouvelles-Hébrides et du Sud-Ouest Pacifique.

1 - La deuxième partie du modèle de CHASE (1971)

L'ouverture du plateau Nord-Fidjien proposée par cet auteur reposait sur une interprétation des anomalies magnétiques observées sur le bassin. La polarité inverse des arcs des Nouvelles-Hébrides et des Tonga l'avait conduit à réfuter l'idée d'une continuité à l'origine, entre ces arcs, situation devant laquelle on se trouvait nécessairement avant l'ouverture du plateau Nord-Fidjien. A partir de cette affirmation, CHASE construit un modèle (Fig. XIII-2) qui ne tient pas compte des faits d'observation locaux, sinon des mouvements relatifs à l'échelle du Sud-Ouest Pacifique des plaques Australienne et Pacifique. Cette deuxième partie très spéculative du modèle s'est trouvée très rapidement réfutée par des faits d'observation nouveaux : pétrographie, géochimie, paléomagnétisme.

2 - Le modèle de la lithosphère détachée de BARAZANGI, ISACKS, OLIVER, DUBOIS et PASCAL (1973)

Dans ce modèle, les séismes profonds observés sous le plateau Nord-Fidjien sont supposés se produire dans un morceau détaché de la lithosphère plongeante actuelle des Nouvelles-Hébrides (BARAZANGI *et al.*, 1973). Cette hypothèse est basée sur un certain nombre d'observations : l'interruption de la sismicité entre 350 et 600 km de profondeur, l'absence de continuité dans la propagation des ondes P et S et l'atténuation des ondes S dans l'intervalle compris entre 350 et 600 km (PASCAL *et al.*, 1973).

Une série d'observations ultérieures sur la sismicité profonde a montré que ce modèle n'était pas satisfaisant. En effet la sismicité profonde n'est pas limitée à la partie nord du plateau Nord-Fidjien. Depuis 1973 des séismes profonds ont été observés au nord-ouest et au sud-est de cette zone et la carte de la sismicité profonde (Fig. XIII-7) montre qu'il y a quasiment continuité entre les séismes profonds des Salomon et ceux du plateau Nord-Fidjien et que cet alignement se dirige vers les séismes les plus profonds de la zone de subduction des Tonga. Cette répartition de séismes profonds apparemment

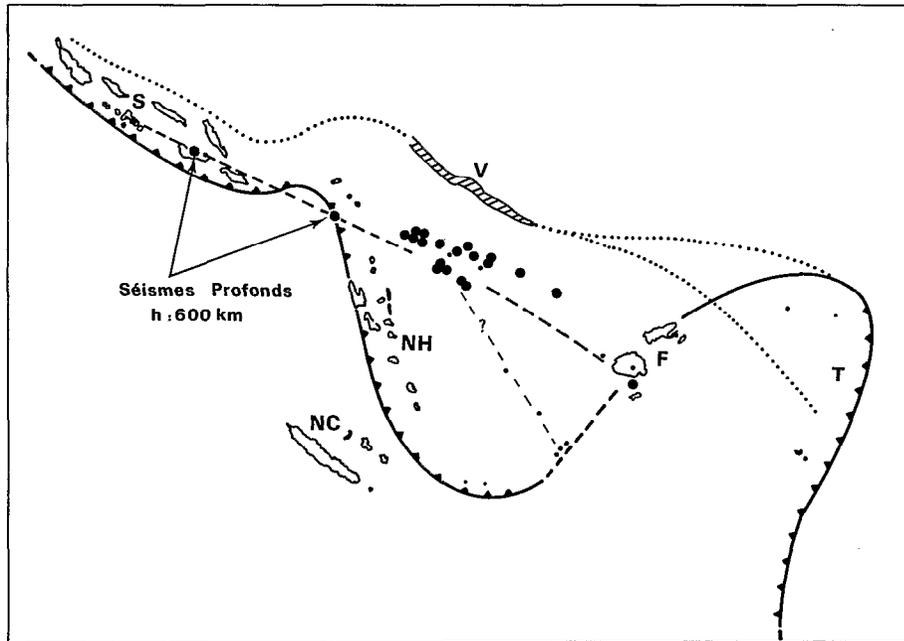


Fig. XIII-7 - Les séismes profonds correspondant à la zone de subduction fossile Nord-Salomon/Vityaz/Tonga d'après ISACKS et BARAZANGI (1977). Les gros ronds noirs représentent les séismes compris entre 600 et 699 km, les petits ronds noirs, ceux compris entre 500 et 599 km ; NC = Nouvelle-Calédonie ; NH = Nouvelles-Hébrides ; S = Salomon ; V = Vityaz ; F = Fidji ; T = Tonga. Les pointillés représentent le tracé de la fosse du Vityaz (2 hypothèses pour la jonction avec Tonga) et les tiretés, la sismicité profonde du plateau Nord-Fidjien.

indépendants, du moins dans la région Salomon - plateau Nord-Fidjien, des subductions actuelles, et la présence des fosses inactives du Vityaz et Nord-Salomon, qui peuvent être interprétées comme des reliques d'anciennes subductions, ont conduit à supposer que cette sismicité profonde pouvait être l'image de la subduction antérieure à l'ouverture du plateau Nord-Fidjien.

Nous nous garderons pourtant d'accepter ce nouveau modèle comme une explication définitive de la sismicité profonde. En effet, il laisse inexplicés certains faits d'observation. Pourquoi la sismicité est-elle si importante dans la zone au sud de la fosse du Vityaz ? Pourquoi deux lignes sismiques apparaissent-elles sous le plateau Nord-Fidjien (voir la figure 2 d'ISACKS et BARAZANGI, 1977) ? Une tentative d'explication est donnée à ce deuxième phénomène dans le chapitre V-5.

Les informations insuffisantes ont conduit à un premier modèle trop spéculatif. Le second modèle donne au phénomène son amplitude régionale mais l'explication proposée est sous la dépendance de l'évolution des connaissances sur l'histoire géodynamique de la région.

3 - Le modèle des bassins inter-arcs ou marginaux actifs de KARIG (1970 a) et KARIG et MAMMERICKX (1972)

Dans le schéma structural qu'il donne d'un arc insulaire, KARIG (1970a) met en évidence une zone d'ouverture qu'il appelle bassin inter-arc. Aux Tonga-Kermadec il identifie les bassins de Lau et du Havre à des bassins inter-arcs. Aux Nouvelles-Hébrides, arc jeune, KARIG et MAMMERICKX (1972) considèrent que ces bassins sont les fossés du Coriolis, fossés étroits qui, pour ces auteurs, représentent l'état juvénile des bassins inter-arcs. Dans les schémas de KARIG, les bassins inter-arcs séparent la ligne volcanique d'un 3ème arc rémanent inactif, en arrière duquel se situe le bassin marginal inactif. Un tel modèle s'applique mal aux Nouvelles-Hébrides. En effet, en arrière de l'arc rémanent, ici la chaîne de Futuna, bord oriental du fossé inter-arc, se trouve précisément le plateau Nord-Fidjien, bassin marginal actif.

S'il existe une zone d'ouverture en arrière de l'arc des Nouvelles-Hébrides, c'est plutôt sur le plateau Nord-Fidjien (où l'ouverture est prouvée par les linéations magnétiques) que dans le fossé du Coriolis où aucun fait d'observation ne prouve qu'il y ait une ouverture importante (DUBOIS *et al.*, 1975 et 1978). Il semble ici que l'auteur ait été prisonnier d'un formalisme de nomenclature du modèle qu'il avait établi, sur des critères essentiellement morphologiques, à partir d'observations faites d'abord sur l'arc des Tonga, considéré comme typique : premier arc ou arc frontal, deuxième arc ou arc volcanique actif séparé, par un bassin inter-arc actif, du troisième arc ou arc rémanent inactif. Cela prouve que le modèle morphologique classique proposé par KARIG puis précisé par la suite (KARIG and SHARMAN, 1975) s'applique mal au cas des Nouvelles-Hébrides ; ce modèle est donc incomplet.

4 - La deuxième partie du modèle de FALVEY (1978)

Il s'agit de la fracturation de l'arc initial Nouvelles-Hébrides - Fidji - Lau, à partir d'un point triple et d'axes d'expansion hypothétiques qu'aucune donnée d'observation ne permet d'étayer (Fig. XIII-5). Si la rotation des Nouvelles-Hébrides et des Fidji apparaît établie d'après les mesures de paléomagnétisme sur les îles, encore que la valeur de cette rotation soit sujette à controverses, le modèle de fracturation proposé ne représente qu'une des nombreuses spéculations possibles pour expliquer cette rotation, puisqu'il ne s'appuie sur aucune observation paléomagnétique sur le plateau Nord-Fidjien.

L'étude critique des modèles susceptibles d'expliquer l'origine et la formation du plateau Nord-Fidjien fait donc ressortir la nécessité impérieuse d'établir des distinctions nettes entre faits d'observation, interprétation géotectonique et modèles spéculatifs ; l'insuffisance des données, ou "l'oubli" de certaines d'entre elles, ont conduit parfois les auteurs à présenter comme des modèles contraints uniques ce qui aurait dû être considéré comme une des multiples hypothèses de travail possibles.

Ainsi, en l'état actuel de nos connaissances du plateau Nord-Fidjien et compte tenu des précautions énoncées ci-dessus, on peut dire :

- que l'ouverture, à partir de 6 M.A. au moins, du plateau Nord-Fidjien et celle, à partir de 3 M.A. au moins, du bassin de Lau sont indubitables ;
- qu'il y a eu rotation corrélative de l'archipel des Nouvelles-Hébrides et des Fidji ;
- qu'un arc unique de subduction E-W ou NE-SW existait avant 6 M.A., mais que son âge ainsi que celui de l'arrêt de la subduction ne sont pas connus avec précision ;
- que des incertitudes demeurent au sujet du processus de fracturation et de séparation entre Nouvelles-Hébrides, fosse du Vityaz et Fidji.

5 - Les modèles sur le Sud-Ouest Pacifique de CROOK (1978), de DUGAS et PARROT (1978) et PARROT et DUGAS (1980)

Le problème de l'échelle.

La reconstruction géodynamique d'une structure récente nous a montré les difficultés de ce genre d'entreprise. Lorsque la reconstitution porte sur des périodes de longue durée, les difficultés s'accroissent encore. L'échelle du phénomène intervient également. En effet à l'échelle du globe on a établi maintenant avec une certaine cohérence des modèles de mouvements relatifs, et même absolus, des principales plaques lithosphériques. Dans le Sud-Ouest Pacifique, on peut rendre compte jusqu'à 100 M.A. des mouvements relatifs des plaques Indienne, Pacifique et Antarctique. On peut aussi dire que depuis 100 M.A. la marge Pacifique - Australie s'est élargie (création de la mer de Tasman, de la mer de Corail, du bassin de Nouvelle-Calédonie, du bassin Sud-Fidjien etc..) et que l'ensemble s'est déplacé vers le nord. Mais lorsqu'on veut entrer dans le détail de l'évolution de chaque structure constitutive de la marge et surtout des relations entre les structures, on se heurte à un certain nombre de difficultés. Deux reconstitutions récentes illustrent ces problèmes, les modèles de CROOK (1978), de DUGAS et PARROT (1978) et PARROT et DUGAS (1980).

En effet, si l'on compare pour ces deux modèles les reconstitutions à — 38 M.A. : dans celui de CROOK, l'ensemble des structures anciennes des Salomon et Nouvelles-Hébrides se trouve à 3000 km au nord-est de la Nouvelle-Guinée et de la Nouvelle-Calédonie.

Dans celui de PARROT-DUGAS, cet ensemble Salomon - Nouvelles-Hébrides, reste d'une subduction éocène à polarité vers le NE, commence à peine à se séparer de la Nouvelle-Calédonie et de la Nouvelle-Guinée avec lesquelles il formait un ensemble continu à l'Eocène (Fig. XIII-8).

Sans entrer dans une critique de ces deux modèles, on peut voir dans la divergence existante le résultat du choix d'hypothèses de travail différentes destinées à expliquer des faits particuliers (linéations et mouvement général des plaques pour CROOK, analyse pétrologique pour PARROT-DUGAS) et ne tenant pas compte, notamment dans le second, des contraintes que constituent les observations dans des domaines d'étude différents.

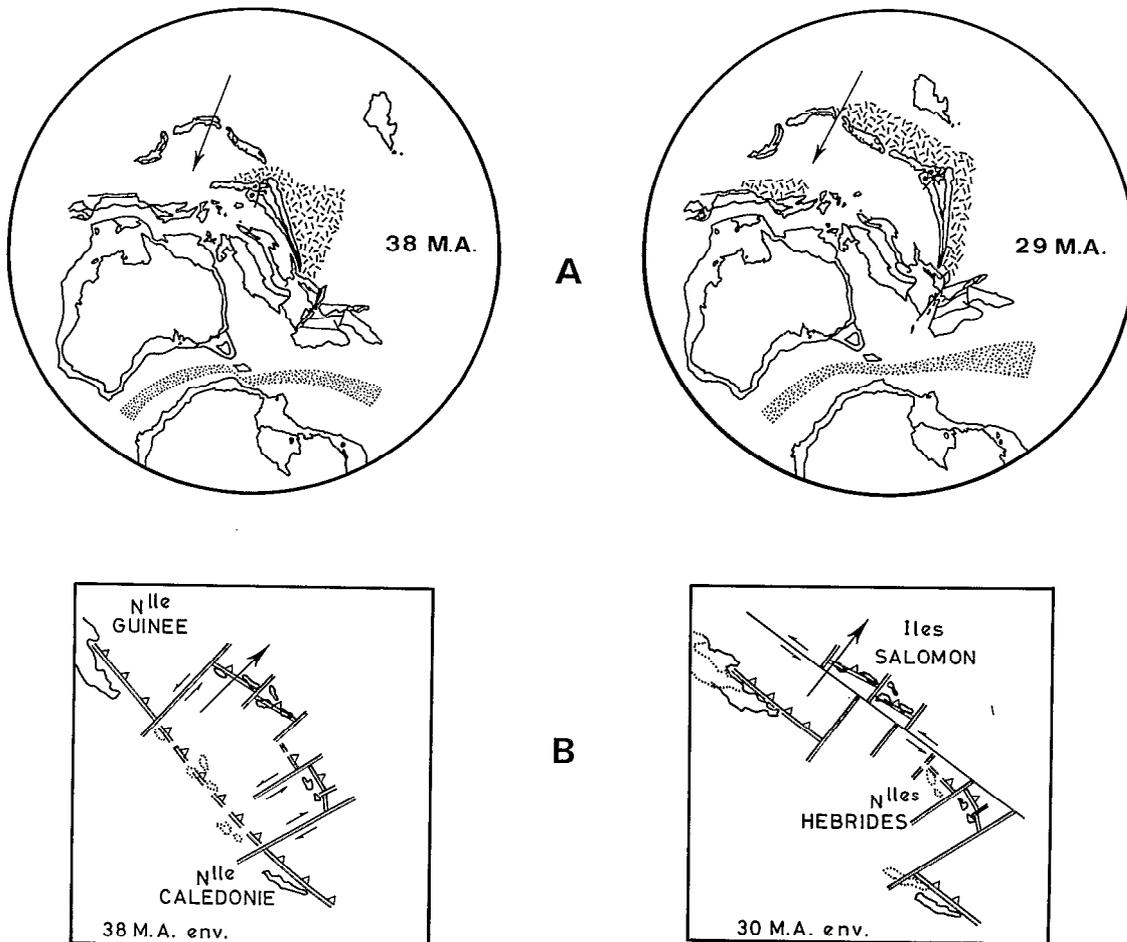


Fig. XIII-8 - Comparaison de deux modèles sur le Sud-Ouest Pacifique. A = le modèle de CROOK (1978). B = le modèle de PARROT et DUGAS (1980) - Les polarités des subductions, à la même époque, sont opposées.

Conclusion

Tous ces exemples, celui d'une évolution récente (le plateau Nord-Fidjien) et celui d'une évolution plus ancienne et plus vaste, expliquent pourquoi la plupart des spéculations sont rapidement réfutées par l'apport de faits d'observation nouveaux, alors même que les modèles simples de reconstitution portant sur des périodes récentes et reposant sur des observations nombreuses et indépendantes (linéations, pétrographie, géomagnétisme, sismicité etc...) comportent des lacunes importantes.

Il semble maintenant établi que la limite des plaques Indienne-Pacifique a été plus proche de l'Australie il y a 100 M.A. qu'actuellement et que la zone de marge s'est progressivement élargie ; mais l'évolution récente (moins de 10 M.A.) d'un ensemble comme le plateau Nord-Fidjien montre la complexité et la rapidité des phénomènes impliqués. Au cours de la progression vers l'est de la limite entre les plaques Australienne et Pacifique, ayant eu pour conséquence l'élargissement de la zone de marge, de multiples scénarios successifs, semblables ou comparables à celui de l'ouverture du plateau Nord-Fidjien, ont eu le temps de se réaliser. Il est clair que leur reconstitution et la compréhension de leurs interactions présentent des difficultés nombreuses. De plus, de très importantes surfaces de lithosphère océanique ont été "avalées". En 100 M.A. une subduction continue EW ou WE de 8 cm/an sur un front de 4000 km (longueur des zones de subduction du Sud-Ouest Pacifique) consomme 32 millions de km², soit plus de deux fois la surface totale de toute la marge orientale actuelle du continent australien, une grande partie de cette lithosphère disparue appartenant à la plaque Pacifique.

Mais l'exemple de la subduction à polarité inversée des Nouvelles-Hébrides montre que la lithosphère des bassins marginaux a aussi été consommée (600 000 km² au moins l'ont été aux Nouvelles-Hébrides dans la phase de subduction actuelle) entraînant des chaînes (fracture du type d'Entrecasteaux, guyots) et autant de témoins de l'histoire géologique antérieure. Si 600 000 km² de bassin marginal ont disparu sous les Nouvelles-Hébrides depuis 6 M.A., combien ont été consommés depuis 100 M.A. dans les différentes zones de subduction aujourd'hui fossiles ?

Les exercices de reconstitutions régionales ne sont certes pas inutiles mais leur multiplicité paraît excessive en regard des données nouvelles publiées ; les parties spéculatives des modèles sont trop souvent présentées au même niveau que les faits. Leur principal intérêt devrait être de mettre en relief les problèmes pendants et de proposer des guides aux travaux futurs susceptibles d'y apporter des solutions.

C'est pourquoi la conclusion de cet ouvrage ne sera pas consacrée à un tel exercice afin de rester fidèle aux objectifs exposés au chapitre introductif.

RÉSULTATS PRINCIPAUX ET PERSPECTIVES D'AVENIR

L'objectif de la deuxième partie du chapitre qui clôt cet ouvrage n'est pas de reprendre de façon exhaustive tous les résultats déjà exposés dans les différentes "conclusions" des articles et des chapitres, mais de faire ressortir certaines observations ou certaines hypothèses dont l'intérêt dépasse le cadre régional et qui permettent de considérer, dans une optique nouvelle, certains concepts de la tectonique des plaques.

L'idée directrice de ce mémoire a été de progresser dans le domaine de l'étude du phénomène de la subduction. Pour cette raison, la partie consacrée aux zones de subduction actives et aux structures associées tient la place la plus importante dans cet ouvrage et la comparaison de certains résultats a valeur d'exemple.

Les zones de subduction

Les zones de subduction actives des Nouvelles-Hébrides et des Tonga-Kermadec sont à des stades d'évolution différents, les phases de subduction en cours ayant débuté beaucoup plus récemment aux Nouvelles-Hébrides (il y a sans doute moins de 5 M.A.) qu'aux Tonga-Kermadec (il y a 50 M.A. , probablement sans interruption). Leur étude a montré que les schémas simples qui avaient été proposés sont souvent en désaccord avec les observations nouvelles.

La morphologie

C'est ainsi qu'aux Nouvelles-Hébrides le quadrillage bathymétrique de la partie méridionale de l'arc, pourtant moins complexe sur le plan de la structure générale que la partie septentrionale, a mis en évidence la grande variabilité, d'un profil à l'autre, de la morphologie de la pente interne de la fosse (Chapitres II-2 et III-2). Les différences observées résultent de la plus ou moins grande influence relative de divers facteurs, telles les irrégularités de la morphologie de la plaque plongeante, la quantité d'apports volcanoclastiques en provenance de l'arc volcanique et d'éventuelles intrusions magmatiques localisées. Le classement de l'arc néo-hébridais en fonction de la morphologie d'un unique profil jugé caractéristique du type de l'arc, comme cela avait été fait précédemment (KARIG and SHARMAN, 1975), n'apparaît donc plus possible, et les critères de la classification demandent à être affinés.

L'influence de la morphologie de la plaque plongeante sur celle du flanc interne de la fosse est particulièrement évidente aux Tonga-Kermadec (Chapitre V-2). Le flanc interne de la fosse des Tonga, qui s'étend vers le sud jusqu'au niveau de la ride de Louisville, présente une certaine constance morphologique tout au long de l'arc. La même observation peut être faite sur le flanc interne de la fosse des Kermadec, au sud de la ride de Louisville. Dans l'un et l'autre cas on peut y voir l'influence de la régularité de la plaque plongeante et la conséquence probable de la durée de la subduction qui a moyenné dans le temps et l'espace l'action des phénomènes locaux ou mineurs. Par contre la morphologie du flanc interne de chacune de ces fosses apparaît différente de part et d'autre de la ride de Louisville, qui les sépare et s'aligne sur la plaque Pacifique selon une direction oblique par rapport au mouvement de convergence des plaques. Au nord de cette ride, la pente du flanc interne de la fosse (Tonga) est nettement plus accentuée qu'au sud (Kermadec), et l'arc frontal est surélevé et plus développé. Cette morphologie est le résultat de l'action de la ride de Louisville qui a "balayé" l'arc des Tonga au cours de la subduction de la plaque Pacifique. L'effet induit reste permanent et cette morphologie nouvelle progresse vers le sud au fur et à mesure du déplacement relatif de la ride dans cette direction. Si aucun témoin de cette ride ne subsistait sur la plaque Pacifique, la différence de morphologie entre les Tonga et les Kermadec n'aurait probablement pas reçu d'explication convaincante. On prend ainsi la mesure de la difficulté à classer et à comparer des morphologies résultant de l'influence de nombreux événements du passé souvent difficiles à appréhender ; un tel exercice doit donc être abordé avec précaution, en affinant de plus en plus l'analyse des différents éléments observés.

L'activité sismique

La répartition de la sismicité dans l'espace, étudiée à partir des séismes observés sur un nombre assez important de stations (50 dans le cas des Nouvelles-Hébrides, 100 dans le cas des Tonga) pour garantir une bonne précision dans la localisation de leur hypocentre, a montré des hétérogénéités importantes dont l'interprétation remet en cause les schémas traditionnels sur la régularité et la continuité de la plaque plongeante.

Aux Nouvelles-Hébrides (Chapitres II-6 et III-3) la profondeur maximum du plan de Benioff varie tout au long de l'arc. On peut donc supposer que la lithosphère consommée n'a pas partout la même longueur et, en corollaire, que la subduction initiée d'abord au nord de l'arc vers 12° S s'est étendue vers le sud et qu'un phénomène identique débutait en même temps entre 16 et 20° S ; les deux zones de

convergence se seraient ensuite raccordées au niveau de Santo puis étendues vers le nord et le sud. Une telle interprétation de la disposition irrégulière des séismes implique que la période d'observation (1961-1977) est considérée comme suffisante pour que la sismicité donne une image réelle de la configuration de la plaque, ce qui n'est pas établi ; on se refuse à admettre, en fait, qu'une partie de la lithosphère plongeante ait pu rester, dans certains secteurs, sismiquement inactive pendant la période considérée.

Aux Tonga (Chapitre V-5) l'épaississement important de la zone sismique, au-dessous de 500 km, peut être interprété comme la conséquence des ruptures successives subies, en profondeur, par la plaque plongeante dont les différents lambeaux se seraient disposés en écailles juxtaposées. Une telle interprétation de la sismicité profonde des Tonga n'est certes qu'une hypothèse ; si aux Nouvelles-Hébrides des réseaux sismologiques temporaires à "petite maille" ont donné des localisations de séismes superficiels et intermédiaires identiques à celles obtenues par l'I.S.C et en ont conforté la précision, l'erreur possible sur les déterminations de séismes profonds reste inconnue. Il n'en reste pas moins que la dispersion des hypocentres des séismes profonds des Tonga dépasse nettement la marge d'erreur envisageable sur les déterminations et que la répartition observée n'est certainement pas un artefact.

L'étude de la sismicité de l'arc a montré que les précisions dans la détermination des foyers étaient le point clé de tout progrès dans ce domaine. En effet une incertitude supérieure à ± 10 km ne permet pas de dire s'il existe ou non une double zone sismique comme c'est le cas au Japon, aux Aléoutiennes ou en Amérique du Sud. Elle ne permet pas non plus de voir comment s'organisent les groupes de séismes à l'intérieur de la lithosphère. Cette imprécision ne peut pas être levée par l'utilisation de micro-réseaux ou d'une méthode de détermination sophistiquée comme celle du J H D ; on doit maintenant, dans les calculs de localisation, tenir compte du fait que le milieu n'est pas un milieu homogène stratifié. Il faut donc s'attacher à améliorer les programmes de détermination en tenant compte de ce que l'on connaît sur la structure de l'arc (réfraction, gravimétrie). Toutefois, dans les apports nouveaux en sismologie, c'est l'irrégularité de la répartition des séismes dans la zone de Benioff qui semble être le fait le plus marquant. Une relation entre les discontinuités de la lithosphère plongeante et cette sismicité semble maintenant établie.

Un autre apport du plus grand intérêt (Chapitre II-6) est l'observation d'une zone d'atténuation, dont l'extension reste à préciser, au contact des plaques lithosphériques ; cette "zone molle" favoriserait un déplacement relatif entre les plaques par cisaillement visqueux, ce qui impliquerait qu'une partie seulement de ce déplacement se traduise par des séismes ; un tel mécanisme a été observé sur la faille de San Andreas où une partie seulement du déplacement est directement liée à l'activité sismique.

Enfin la structure interne de la lithosphère plongeante a été connue grâce à l'interprétation de diverses phases qui apparaissent sur les sismogrammes. Ainsi a-t-on proposé des modèles de lithosphère où une zone anisotrope à vitesse des ondes P élevée se situe à la base et une zone de faible vitesse en surface. L'anisotropie correspond semble-t-il à un régime général de contraintes dans la lithosphère plongeante (peut-être dû à la flexure de cette lithosphère) ou à la différence entre les propriétés de la croûte et celles du reste de la lithosphère plongeante.

La structure de l'arc

La comparaison des structures de la croûte des arcs des Nouvelles-Hébrides et des Tonga met en évidence des différences contraires à celles qui étaient attendues en fonction des concepts généralement admis.

Aux Nouvelles-Hébrides, la croûte atteint 26 km d'épaisseur dans la partie méridionale de l'arc si on admet que les vitesses entre 7,7 et 8 km/s observées sur les profils de sismique réfraction, anormalement basses par rapport à un Moho classique, sont représentatives de la surface du manteau supérieur (Chapitre II-4). Aux Tonga, les vitesses de propagation des ondes de compression sur cette surface

sont encore plus faibles (de l'ordre de 7,6 km/s) et la croûte ainsi définie ne dépasse pas 15 km d'épaisseur (Chapitre V-3). Dans la partie méridionale de l'arc néo-hébridais et malgré la jeunesse relative de celle-ci (moins de 5 M.A.), la croûte est donc nettement plus épaisse que dans l'arc des Tonga, beaucoup plus ancien (environ 50 M.A.) ; l'épaississement de la couche inférieure de la croûte, plus marqué aux Nouvelles-Hébrides qu'aux Tonga (18 km au lieu de 8 km), appuie cette observation et confirme la réalité de la limite inférieure de la croûte admise. Le concept de l'épaississement de la croûte avec le temps, par suite des émissions de l'arc volcanique et de l'accrétion de matériau en provenance de la plaque plongeante, semble donc devoir être remis, au moins partiellement, en cause.

Les vitesses dans le manteau supérieur, faibles sous l'arc des Nouvelles-Hébrides, le sont encore plus sous celui des Tonga malgré son ancienneté relative; il n'y a donc pas régularisation de la structure du manteau supérieur avec l'âge pour les périodes considérées même s'il semble établi que, d'une façon générale, ces vitesses soient plus élevées sous les arcs très anciens (plus de 100 millions d'années) que sous les arcs jeunes (moins de 50 millions d'années) et proches, sous les premiers, de celles observées dans un manteau normal sous les continents et les océans.

L'influence de la lithosphère plongeante

L'analyse des résultats de gravimétrie exposés dans différents chapitres de ce mémoire apparaît particulièrement intéressante.

Un profil gravimétrique recoupant l'ensemble des structures caractéristiques de la zone de subduction des Nouvelles-Hébrides présente une anomalie à l'air libre positive dissymétrique de grande longueur d'onde ; les gradients des flancs de cette anomalie ne peuvent être expliqués par l'effet de surface des bassins adjacents à l'arc des Nouvelles-Hébrides, dont la morphologie et la structure auraient un effet inverse (Chapitres II-5 et VIII). Il faudrait notamment supposer, au niveau du plateau Nord-Fidjien, un épaississement vers l'est de la croûte, ce qui est contraire aux résultats de la sismique réfraction et au contexte géodynamique (présence d'une dorsale active en position médiane dans le bassin). Un modèle de distribution des densités dans la zone de subduction des Nouvelles-Hébrides a été construit (Chapitre II-5) en attribuant aux différentes couches de la partie supérieure des lithosphères en présence les épaisseurs données par la sismique réfraction et les densités déduites des vitesses à partir de la courbe expérimentale vitesse - densité. Ce modèle ne rend pas compte de la totalité de l'anomalie à l'air libre observée. En effet, une anomalie résiduelle positive de grande longueur d'onde et dissymétrique subsiste. Si on accepte la réalité de la relation vitesse-densité pour les couches superficielles des lithosphères étudiées, on est obligé d'admettre l'influence d'une cause plus profonde qui peut être la présence d'un manteau supérieur anormalement dense sous l'arc, ou l'effet de la lithosphère plongeante. La première hypothèse est en contradiction avec les basses vitesses observées à la surface du manteau en sismique réfraction, qui indiqueraient une densité faible ; la présence d'un manteau supérieur dense mais à vitesse de transmission des ondes faible à cause de la présence d'une phase liquide apparaît, en effet, peu probable, du fait de l'absence d'atténuation des ondes sismiques de cisaillement sous l'arc dans la partie considérée. Il est, d'autre part, admis par certains auteurs (MOLNAR and ATWATER, 1978 ; UYEDA and KANAMORI, 1979) que les arcs insulaires sont caractérisés par un régime de contraintes en tension et que la gravité de la plaque plongeante suffit à entretenir son mouvement de subduction dans l'asthénosphère ; la cause la plus probable de l'anomalie gravimétrique de grande longueur d'onde observée pourrait donc être l'influence de la lithosphère plongeante froide qui doit présenter un contraste de densité positif avec les formations du manteau supérieur ; le modèle global calculé en intégrant cette influence rend parfaitement compte de l'anomalie observée. Un modèle calculé en affectant aux formations superficielles des épaisseurs plus arbitraires et des densités bien supérieures à celles de la relation vitesse-densité n'apparaît pas satisfaisant, notamment sur le plan géologique, ce qui conforte la probabilité du modèle précédent.

Dans la zone des Tonga (Chapitre V-4), par contre, le modèle basé sur la relation vitesse-densité des formations superficielles rend compte de l'anomalie observée sans qu'il soit nécessaire d'y introduire un effet dû à la plaque plongeante. La seule nécessité est de supposer l'existence d'une remontée de manteau supérieur de densité normale à l'aplomb de l'arc frontal, comme cela avait été fait aux Nouvelles-Hébrides en se basant sur une donnée de sismique réfraction.

L'effet gravimétrique de la lithosphère plongeante apparaît donc nul (ou à tout le moins faible) aux Tonga et important aux Nouvelles-Hébrides ; si l'on compare ces deux zones de subduction, on observe que les vitesses de subduction sont comparables, ce qui exclut une influence différente du gradient thermique de l'asthénosphère ; la profondeur maximale de la plaque plongeante est bien supérieure aux Tonga (700 km au lieu de 300 km aux Nouvelles-Hébrides) et son angle de plongement plus faible, ce qui impliquerait, toutes choses égales par ailleurs, une influence gravifique plus importante aux Tonga ; de plus la lithosphère plongeante est plus ancienne aux Tonga qu'aux Nouvelles-Hébrides, donc théoriquement plus épaisse ; elle devrait en outre être plus dense puisque la croûte y est plus fine. Par conséquent, l'effet gravimétrique de la lithosphère plongeante devrait, en toute logique, être plus important aux Tonga qu'aux Nouvelles-Hébrides, ce qui va à l'encontre des faits observés. Il est donc peu probable qu'une différence de la gravité intrinsèque des plaques plongeantes soit à l'origine de la différence des effets observés ; ceux-ci semblent ne pouvoir résulter que d'une différence des contrastes de densité entre les plaques plongeantes et l'asthénosphère ambiante.

Un calcul de modèle de l'influence de la plaque plongeante exprimée en contrastes de densités surfaciques ramenées à un plan (McADOO, 1981) donne à la plaque des Nouvelles-Hébrides un contraste de densité trois fois supérieur à celui attribué à la plaque des Tonga. Le fort plongement de la plaque en subduction sous les Nouvelles-Hébrides (un des plus forts du monde) peut en effet être interprété comme le résultat d'un contraste de densité particulièrement important sans qu'on puisse affirmer, au regard des considérations énoncées précédemment, que la densité de la plaque plongeante des Tonga est inférieure à celle des Nouvelles-Hébrides. Puisqu'on ne peut expliquer les différences d'effet gravimétrique par la présence d'une lithosphère plongeante moins dense aux Tonga qu'aux Nouvelles-Hébrides, et que le contraste de densité est plus faible aux Tonga qu'aux Nouvelles-Hébrides, il faut admettre que l'effet de la lithosphère plongeante est en grande partie compensé aux Tonga. Si on suppose que la présence d'une lithosphère en subduction crée un déséquilibre qui tend avec le temps à être compensé à l'échelle régionale, les trois principaux phénomènes qui peuvent être pris en considération sont : la présence d'une fosse, l'épaisseur de la croûte de l'arc et les modifications éventuelles de la densité de l'asthénosphère sous l'arc. Les deux premiers ont des effets locaux bien connus et n'expliquent pas l'anomalie observée, d'autant que l'effet de compensation de la croûte de l'arc est inférieur aux Tonga (croûte plus fine qu'aux Nouvelles-Hébrides). On est ainsi amené à émettre l'hypothèse que l'effet de la lithosphère plongeante serait compensé aux Tonga par des modifications intervenues dans l'asthénosphère, alors qu'il ne le serait pas aux Nouvelles-Hébrides. La différence d'âge entre la subduction des Tonga (50 millions d'années) et celle des Nouvelles-Hébrides (moins de 5 millions d'années) expliquerait la différence d'état de compensation. Une telle formulation demande à être considérée avec beaucoup de précautions : réduire l'ensemble des effets contribuant à la dynamique du mécanisme de la subduction à un modèle statique de contrastes de densité est une simplification pratique mais excessive ; il n'en reste pas moins qu'il serait intéressant de comparer les caractéristiques de l'asthénosphère, aux Nouvelles-Hébrides et aux Tonga, telles qu'elles peuvent être appréhendées par l'étude des ondes sismiques.

La surrection de certains arcs insulaires

Sur le plan dynamique le comportement tectonique actuel de ces deux arcs présente aussi de grandes différences. L'arc des Tonga peut être considéré comme étant actuellement pratiquement stable, puisque l'étude des terrasses quaternaires montre qu'aucun mouvement vertical significatif ne l'a affecté depuis 200.000 ans au moins (TAYLOR, 1978). Aux Nouvelles-Hébrides les résultats présentés dans ce mémoire (Chapitre IV) mettent en évidence une vitesse de surrection moyenne de 1 m par 1000 ans depuis 150.000 ans, la surrection ayant probablement débuté au Pléistocène inférieur ou moyen.

Diverses hypothèses ont été avancées pour expliquer les surrections liées aux zones de convergence. Pour MOLNAR et ATWATER (1978) les lithosphères jeunes plongent sous un angle relativement faible, en début de subduction, du fait de leur "flottabilité", et ont tendance à soulever la plaque opposée ; compte tenu de la forte valeur angulaire du plongement aux Nouvelles-Hébrides, une telle hypothèse

qui impliquerait une tectonique en compression ne semble pas pouvoir être évoquée. La remontée du prisme d'accrétion sédimentaire telle que l'envisagent UYEDA et KANAMORI (1979) n'est pas non plus une hypothèse plausible dans le cas de l'arc des Nouvelles-Hébrides, dépourvu de prisme d'accrétion classique.

L'hypothèse avancée dans cet ouvrage (Chapitre II-7) d'une surrection de l'arc des Nouvelles-Hébrides due à l'épaississement de la croûte par accrétion en profondeur de matériau de faible densité rend compte de l'épaisseur forte de la croûte par rapport à celle de l'arc stable des Tonga, mais la relation de causalité n'est pas établie. On doit toutefois remarquer que, d'une manière générale, les arcs insulaires affectés de surrections récentes ou actuelles importantes (tels par exemple ceux du Japon, d'Indonésie, de Nouvelle-Guinée, de Nouvelle-Bretagne et des Nouvelles-Hébrides) présentent des croûtes relativement épaisses par rapport à celles des arcs insulaires types, pratiquement stables (Tonga-Kermadec ou Mariannes).

Le pendage vers l'est des terrasses coralliennes étudiées dans certaines îles des Nouvelles-Hébrides (Espiritu Santo, Mallicolo) souligne une surrection plus importante de l'arc au contact immédiat de la zone de convergence ; l'introduction de la ride d'Entrecasteaux au niveau de la partie centrale des Nouvelles-Hébrides exerce aussi, vraisemblablement, une action particulière (Chapitre IV), dont l'importance est, en l'état des connaissances, difficile à apprécier. Le régime de contraintes apparaît donc complexe et certainement différent de celui des arcs types sans que ses caractéristiques puissent encore être clairement discernées.

Corrélations entre divers facteurs observés sur les arcs

Lorsque l'on a recherché sur un plan général des corrélations entre les différents paramètres des arcs, on s'est heurté à de nombreuses difficultés. Pourtant la méthode est féconde et plusieurs progrès de la géodynamique sont à mettre à l'actif de cette démarche. Dans le présent ouvrage, deux types de corrélation ont été établis (Chapitre VII). On a montré qu'il y avait approfondissement de la fosse avec la vitesse de subduction et également avec l'âge (c'est-à-dire l'épaisseur) de la lithosphère plongeante. Ces corrélations s'expliquent bien avec les modèles classiques de lithosphère élastique ou visco-élastique. Le deuxième type de relation concerne la durée maximale de conservation dans l'asthénosphère des caractères de rigidité révélés par l'activité sismique de la lithosphère plongeante et l'âge (ou épaisseur) de cette lithosphère. Cette corrélation s'interprète par le fait que les séismes ont lieu dans la partie froide et rigide de la lithosphère où des ruptures cassantes peuvent se produire. A partir de modèles thermodynamiques raisonnables on a pu ainsi calculer le seuil de changement d'état de la lithosphère, qui se situe vers 550° C (Chapitre VII). Au-dessus de cette température le milieu devient suffisamment peu rigide pour que les séismes disparaissent. La position anormale des Nouvelles-Hébrides par rapport à la courbe de corrélation moyenne s'explique par l'hypothèse d'une subduction jeune où la plaque plongeante n'a pas encore atteint la profondeur maximale à partir de laquelle la sismicité disparaît par suite du réchauffement de la lithosphère.

Structures associées aux zones de subduction : les bassins marginaux

Certains auteurs ont parfois eu tendance à considérer que les bassins marginaux pouvaient résulter de mécanismes d'expansion différents de celui des dorsales médio-océaniques. L'étude des linéations magnétiques et des autres paramètres observés sur les bassins marginaux actifs et fossiles du Sud-Ouest Pacifique (Chapitre VIII et IX) a montré, comme les études récentes menées dans d'autres régions, que ces bassins procédaient du même mécanisme d'expansion que les dorsales des grands bassins océaniques. La principale différence, qui a d'ailleurs longtemps contribué à masquer l'analogie d'origine entre ces deux types de structures, concerne la morphologie générale ; le profil typique des dorsales, caractérisé par l'approfondissement régulier des fonds de chaque côté de l'axe d'expansion, ne se retrouve pas sur les bassins marginaux, même lorsqu'ils sont relativement étendus comme le bassin Nord-Fidjien ; les fonds monotones de ce bassin s'approfondissent régulièrement vers l'ouest alors même qu'il présente dans sa partie sud une symétrie des linéations magnétiques régulièrement

disposées de chaque côté de l'axe d'expansion actif à peu près linéaire. La cause de cette différence de morphologie est à rechercher dans la faible extension des bassins marginaux comparée à celle des bassins océaniques, et dans l'influence des structures adjacentes qui perturbent le gradient d'équilibre isostatique. Les autres paramètres observés sur les bassins marginaux actifs Nord-Fidjien et de Lau (Chapitre VIII) sont comparables à ceux des dorsales et les différences semblent mineures ; comme sur les dorsales la croûte jeune apparaît moins bien organisée que les croûtes anciennes, notamment au niveau de la couche 2 qui présente, sur les profils de sismique réfraction, une hétérogénéité marquée par une variabilité importante de la vitesse de propagation des ondes longitudinales (2 à 4 km/s) ; la dispersion des vitesses y semble un peu supérieure à celle observée dans cette même couche sur les dorsales ; d'autre part les vitesses de propagation des ondes mesurées dans le manteau supérieur, à la base de la croûte du bassin Nord-Fidjien (7,0 à 7,4 km/s), semblent un peu plus faibles que celles généralement observées sur les dorsales. Comme le montrent ces quelques exemples, ces différences éventuelles, qui demandent d'ailleurs à être confirmées, n'apparaissent pas significatives.

Arrêt et reprise de la subduction

Après cette analyse des différents phénomènes liés à la subduction, nous évoquerons le problème de l'arrêt de la subduction et de ses causes apparentes. Les observations faites tant aux Tonga (Chapitre V-2-5) qu'aux Nouvelles-Hébrides (Chapitres II-2-6-7 et IV) montrent que la présence de guyots, de chaînes ou de rides asismiques cause des perturbations sur le plan de la morphologie de la fosse ou de la tectonique de l'arc, sans entraver de façon appréciable la dynamique du mouvement de subduction. Il s'agit de reliefs isolés ou de chaînes, d'extension longitudinale importante, mais dont la largeur de contact avec la plaque opposée reste modérée par rapport à la longueur de la limite de plaques considérée. Mais cette tolérance n'apparaît pas infinie ; la présence du plateau de Ontong Java, vaste plateau océanique à croûte épaisse, semble ainsi être à l'origine de l'arrêt de la subduction miocène liée à la fosse Nord-Salomon (Chapitre VI), dont les reliques sont aujourd'hui encore parfaitement conservées. Le blocage mécanique dû au relief n'apparaît pas, compte tenu du style tectonique et de l'échelle du phénomène, une explication suffisante, et sans doute l'accroissement de la flottabilité de la lithosphère, en relation avec l'épaississement de la croûte sous ces reliefs, est-il un facteur essentiel.

Le volcanisme lié à la subduction dont la fosse Nord-Salomon constitue un témoin s'interrompt au Miocène moyen, peu après, probablement, l'arrêt de cette subduction. La subduction en cours, soulignée par un volcanisme Pliocène supérieur à actuel, n'a donc repris, le long de l'arc ancien Salomon-Nouvelles-Hébrides, qu'à une période récente, avec une polarité vers l'est, inverse de celle de la subduction antérieure. Les arcs insulaires semblent donc constituer des zones de faiblesse persistante de la lithosphère le long desquelles les subductions nouvelles s'initient de préférence. L'extension longitudinale de la subduction en cours aux Nouvelles-Hébrides implique que la partie méridionale de l'arc liée à cette extension soit d'origine récente, hypothèse que semble conforter l'âge des formations volcaniques observées sur les îles. La présence, sur l'île d'Efaté, de ponces acides hyperpotassiques pose alors, dans le cadre de cette hypothèse, un problème pétrogénétique non résolu (Chapitre II-3).

L'obduction

Enfin le dernier phénomène lié à la convergence des plaques est celui de l'obduction dont la Nouvelle-Calédonie présente un exemple particulièrement démonstratif. Les péridotites observées à terre constituent les témoins d'une série ophiolitique charriée, dont les termes moyens (gabbros) sont conservés en de rares points et dont les termes supérieurs (basaltes) ont été à terre entièrement érodés. En effet les études de géophysique menées à terre et en mer (Chapitre XII-3-4-5) ont mis en évidence la continuité, à l'origine, de la nappe charriée et de la croûte océanique, donc de la lithosphère, du bassin adjacent des Loyauté qui borde, à l'est, la Nouvelle-Calédonie. Le pendage vers l'est de la croûte du bassin révèle une remontée progressive de la lithosphère, qui se poursuit jusqu'aux abords de la côte orientale de la Nouvelle-Calédonie, où la présence proche de matériau de densité élevée est marquée

par une forte anomalie gravimétrique continue. Les failles observées au niveau de la "pente continentale" de l'île soulignent des mouvements tectoniques verticaux de réajustement isostatique postérieurs au charriage. La mise en place de cette nappe ophiolitique ne s'est accompagnée d'aucune déformation importante au sein de la masse charriée (excepté à sa partie tout à fait inférieure) ou dans le substratum sur lequel elle repose (Chapitre XII-2). Cette tranquillité tectonique montre que le phénomène d'obduction, malgré son ampleur, peut se produire avec une apparente facilité, et la Nouvelle-Calédonie a valeur d'exemple à cet égard.

Les broyages et plissements intenses observés sur certaines séries ophiolitiques proviennent essentiellement des collisions de type continent-continent qui ont accompagné et suivi la mise en place de ces séries.

L'épaisseur de la nappe charriée sur la Nouvelle-Calédonie n'a pas dû dépasser une douzaine de kilomètres (Chapitre XII-5), ce qui pose le problème du découplage au sein de la lithosphère. Les études menées sur les différentes séries ophiolitiques du globe montrent que l'épaisseur estimée de la nappe charriée ne dépasse probablement jamais une vingtaine de kilomètres. Le niveau où intervient, dans la lithosphère, le découplage de la lame charriée est fonction des caractéristiques thermomécaniques propres à la lithosphère et des contraintes existant à la limite des plaques convergentes. Peut-on considérer que ce découplage différencie un matériau rigide, qui est charrié, d'un matériau plus plastique qui "s'échappe" dans l'asthénosphère? Cet aspect de la question, riche d'enseignements sur le comportement de la lithosphère, n'a pas été traité dans ce mémoire. Il faut noter aussi que le mécanisme à l'origine de l'obduction des péridotites de Nouvelle-Calédonie (zone de subduction ou faille transformante à composante de convergence) n'a pas été éclairci.

Bien que sa place dans l'ouvrage soit très particulière, l'étude de la ride d'Entrecasteaux (Chapitre X) présente d'étroites relations avec les thèmes de la subduction et de l'obduction ; cette ride pourrait en effet représenter les reliques de la terminaison arquée d'une zone de convergence éocène néo-calédonienne, et plus précisément de son passage à une faille transformante. Alors que les phases ultimes du mouvement de convergence, à la fin de l'Eocène supérieur, se traduisent par l'obduction de la nappe ophiolitique sur le socle de la Nouvelle-Calédonie, elles ne semblent pas provoquer, au niveau de la zone d'Entrecasteaux, de phénomènes comparables ; ce n'est que postérieurement (au Miocène moyen) que celle-ci acquerra, en réponse à des mouvements de distension régionaux, sa morphologie actuelle. Une telle interprétation reste encore fragile mais présente un intérêt certain du point de vue thématique.

Notons enfin qu'un certain nombre de bassins du Sud-Ouest Pacifique présentent un remplissage sédimentaire non négligeable (Chapitre XI) qui a enregistré les conséquences des événements tectoniques survenus à leur entour. Toutefois l'étude fine des modes de remplissage, de la stratigraphie, et de leurs significations, reste à faire sur la plupart d'entre eux ; elle devrait être riche d'enseignements pour la géodynamique du Sud-Ouest Pacifique comme le montre l'analyse du remplissage du bassin des Loyauté (Chapitre XII-3) qui a permis de compléter et de préciser l'histoire géologique tertiaire de la Nouvelle-Calédonie.

Perspectives d'avenir

Dans l'état actuel des connaissances acquises dans le Sud-Ouest Pacifique, le domaine des perspectives d'avenir apparaît très vaste. Certaines ont déjà été évoquées au cours de l'exposé précédent mais il est illusoire de tenter d'en dresser un catalogue exhaustif. Nous nous contenterons d'exposer l'évolution souhaitable des méthodologies à utiliser et les possibilités nouvelles qu'elles ouvrent dans le domaine scientifique.

Ainsi en sismologie faut-il améliorer la précision dans la détermination des hypocentres si l'on veut mieux comprendre les mécanismes de la subduction ou ceux des autres domaines de la sismicité (failles transformantes, sismicité des bassins marginaux, etc...). Pour cela la multiplication des stations n'est pas la seule voie. Il faut améliorer les modèles structuraux et les introduire dans les programmes de

détermination. Les opérations par réseaux temporaires sous-marins sont à poursuivre, car la disposition d'un réseau terrestre permanent ou temporaire, aussi complet et sophistiqué soit-il, ne peut éviter une géométrie défavorable (alignement des îles). Il faut donc combiner O.B.S. et stations à terre comme cela a été fait précédemment. L'intérêt majeur du réseau permanent de vingt stations établi aux Nouvelles-Hébrides est de permettre l'étude des séquences spatio-temporelles et de l'énergie sismique libérée en vue de déterminer les lois qui régissent la sismicité. Un domaine qui n'a pas été abordé dans ce mémoire mais qui devrait s'avérer très fructueux est celui de l'étude des mécanismes aux sources des gros séismes par des méthodes autres que la méthode double couple classique. De tels travaux sont en cours, mais leur état d'avancement n'a pas permis l'insertion d'un chapitre sur ce thème. Enfin l'étude des différentes phases observées mérite d'être poursuivie. Elle renseigne sur la structure interne de la lithosphère qui reste encore très mal connue.

Les travaux futurs de bathymétrie, magnétisme, gravimétrie, sismique réflexion et sismique réfraction continueront, maintenant que les grandes reconnaissances ont été faites, à être concentrés sur des secteurs d'extension géographique limitée, représentatifs de problèmes majeurs dans les domaines de la connaissance régionale et thématique. L'amélioration de la précision des méthodologies mises en oeuvre apparaît indispensable ; ainsi, une meilleure connaissance du style tectonique, et donc du type de contraintes, au niveau des grands accidents caractéristiques de notre zone d'étude, semble ne pouvoir être acquise que par l'analyse de données de bathymétrie de sondeurs à faisceau étroit ou multifaisceaux.

Par ailleurs, des profils bathymétriques et gravimétriques devraient être réalisés selon certaines trajectoires des satellites altimétriques qui survolent les zones de convergence de la région. En effet les relations entre la topographie, l'anomalie gravimétrique et la forme du géoïde permettront de calculer, par une méthode maintenant bien établie, les caractéristiques de la lithosphère et les contraintes subies.

L'insuffisance et la dispersion des mesures de flux de chaleur dans la région constituent une lacune qu'il est important de combler, car ces données sont indispensables à l'établissement de modèles thermodynamiques contraints. Un des objectifs des campagnes à venir devra être l'obtention de mesures de flux de chaleur, alignées selon des profils traversant les arcs des Nouvelles-Hébrides et des Tonga-Kermadec.

La sismique réflexion et la gravimétrie constituent des méthodologies essentielles à la poursuite des études futures qui devront s'attacher à multiplier les modèles contraints, indispensables tant au structuraliste, pour la compréhension de la constitution des structures et de la dynamique des mouvements, qu'au sismologue, pour l'amélioration de la détermination des foyers des séismes.

L'application des méthodes modernes à l'étude pétrologique des roches volcaniques de cette région est, nous l'avons vu, assez récente. Le matériel abondant qui a été récolté à terre (dans le cadre des ATP IPOD et GEODYNAMIQUE notamment) ou en mer par dragages, devrait encore donner, à cet égard, des résultats nouveaux ; il faudra toujours, néanmoins, en revenir au terrain ; dragages, forages et échantillonnage systématique doivent en effet, par les résultats qu'ils apportent, contribuer à une meilleure assise des modèles géophysiques obtenus par d'autres disciplines.

D'un point de vue thématique c'est toujours dans le domaine de l'étude des zones de convergence de plaques que les travaux dans cette région du globe doivent être poursuivis. L'importance au cours des temps géologiques du phénomène de convergence des plaques et la structure particulièrement favorable du Sud-Ouest Pacifique nous ont conduits à définir le programme EVA, dont l'objectif est de tenter de préciser l'évolution dans le temps et dans l'espace des arcs insulaires. Cette orientation nous a permis de progresser dans le domaine de la géodynamique et le présent mémoire ne constitue qu'une étape dans le déroulement de ce programme.