

JEAN COULOMB

5
6

L'EXPANSION DES FONDS OCÉANIQUES ET LA DÉRIVE DES CONTINENTS

La Science Vivante

RESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

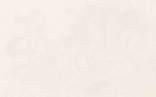
« La Science Vivante »
Collection dirigée par René Lemaire
Tome 10 - 1969

L'EXPANSION
DES
FONDS OCÉANIQUES

L'EXPANSION DES FONDS OCÉANIQUES
ET LA DÉRIVE DES CONTINENTS

JEAN COULOMB

Professeur à l'Université de Poitiers et à l'Institut de Physique
Membre de l'Académie des Sciences et de l'Institut de Géographie



ÉDITIONS UNIVERSITAIRES DE FRANCE
15, Boulevard Saint-Germain, PARIS

1969

6° R
1048
(25)

DL - 23 10 1969 • 17487

L'EXPANSION DES FONDS Océaniques
ET LA DÉRIVE DES CONTINENTS

« *La Science Vivante* »

Collection dirigée par Henri LAUGIER

Professeur honoraire à la Sorbonne

L'EXPANSION
DES
FONDS OCÉANIQUES
ET LA DÉRIVE DES CONTINENTS

par

JEAN COULOMB

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris

Membre de l'Académie des Sciences et du Bureau des Longitudes



PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE
108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS

—
1969

« La Science Vivante »
Collection dirigée par Henri Lantier
L'éditeur remercie le C.N.R.S.

L'EXPANSION
DES
FONDS Océaniques
ET LA DÉRIVE DES CONTINENTS



JEAN COULOMB

Professeur aux Écoles des Mines de Paris
Membre de l'Académie des Sciences et de l'Institut de France



PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

Dépôt légal. — 1^{re} édition : 4^e trimestre 1969
Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation
réservés pour tous pays
© 1969, Presses Universitaires de France

Avant-Propos

Les études sur les anomalies magnétiques parallèles aux dorsales océaniques ont apporté des arguments décisifs aux partisans de la dérive des continents. Pour faire le point de cette importante question, mon collègue Thellier et moi-même décidâmes au début de l'été 1967 d'en tirer, pour l'année scolaire 1967-1968, le sujet du séminaire annuel de Physique du Globe. Bien que le développement des recherches parût encore rapide, il semblait que l'Assemblée générale de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale qui se tiendrait en Suisse au mois de septembre, tout particulièrement certaines réunions à Zürich sous les auspices du Comité International du Manteau Supérieur, permettraient de vérifier que nous n'avions rien omis d'important. Après la fin du séminaire, où je me chargeais de la plupart des exposés, je me promettais d'écrire le présent volume pour des lecteurs scientifiques mais non spécialisés.

Ce programme s'est révélé beaucoup plus ambitieux que nous n'avions supposé. C'est une gageure de vouloir, à l'époque actuelle, faire le point d'un sujet en pleine expansion, tout d'abord parce qu'il est difficile de se procurer les matériaux : les délais de publication dans les périodiques importants approchent maintenant de l'année, en sorte que les spécialistes communiquent par rapports sélectivement diffusés, et surtout verbalement, au cours de multiples colloques. Je remercie vivement ceux qui m'ont aidé à obtenir de la documentation inédite, avant tout Xavier Le Pichon. Cependant, j'ai accédé très tard à la connaissance de travaux essentiels.

Finalement, du point de vue de la Collection, la question traitée, certes de Science Vivante, semble assez mûre pour être exposée sans crainte trop grande d'avancer des interprétations prochainement

périmées, car les lignes de développement probable apparaissent maintenant assez bien.

Apparemment il y aurait eu peu à faire pour transformer l'ouvrage en une introduction à des recherches originales : augmenter une bibliographie déjà lourde, donner le principe de quelques calculs, joindre à chaque affirmation l'énoncé précis de ses conditions de validité. En fait, cela nous aurait menés très loin pour satisfaire un public restreint, sans répondre peut-être aux questions particulières que les chercheurs venant d'une autre discipline sont toujours amenés à se poser : malgré le nombre d'exposés généraux publiés chaque année, les scientifiques qui le peuvent préfèrent encore, pour se renseigner sur un point précis en dehors de leur spécialité, employer la méthode éprouvée qui consiste à consulter un voisin de colloque ou un collègue d'Université!

Puisse les lecteurs de ce petit livre, ainsi resté relativement léger, trouver aux merveilleuses découvertes récentes sur les fonds océaniques le même intérêt que j'ai pris à les bien connaître.

Introduction

L'auteur d'un exposé scientifique est toujours tenté par la démarche inductive : les faits d'abord, puis les interprétations. Mais il se rend vite compte de la lenteur, de la pesanteur de cette démarche, et il ne tarde pas à énoncer des hypothèses. Nous ferons comme lui. Nous devons aussi renoncer, et non pas de gaieté de cœur, à suivre les priorités dans les découvertes, priorités souvent obscurcies par le système des *preprints*. On pourra se reporter aux bibliographies spécialisées (Fox, 1967).

Distinguons cependant quatre voies d'accès aux connaissances actuelles :

- 1) la localisation des épices sismiques et le relevé bathymétrique des dorsales par échos ultrasonores, sur lesquels les résultats d'ensemble étaient obtenus dès 1959 ;
- 2) la réfraction sismique grâce à laquelle Maurice Ewing a montré en 1959 l'existence du manteau anormal sous la dorsale atlantique, Menard en 1960 l'absence d'épaississement de la croûte sous la dorsale du Pacifique Est ; la gravimétrie qui la complète (de 1948 à 1965 environ) ;
- 3) l'étude du flux de chaleur, dont Bullard a été le promoteur, qui a débuté en 1952, et donné en 1959 ses premiers résultats relatifs aux dorsales ;
- 4) enfin et surtout, l'étude magnétique, rendue aisée par l'invention du magnétomètre à protons (1954), qui a conduit à la découverte des premières anomalies alignées et des grandes fractures transversales par Mason et Raff en 1961, puis, grâce aux idées de Hess et Dietz, à la théorie de Vine et Matthews en 1963, point de départ d'une ère nouvelle.

A partir de la percée ainsi réalisée par les géophysiciens, le sujet a fait explosion et ses résultats ont envahi les disciplines voisines, notamment la géologie. Il était difficile de ne pas parler de pétrographie ou de stratigraphie dans cet exposé, mais j'en ai parlé aussi peu que possible, ayant conscience de mon incompetence.

Deux indications pour finir : 1) an. est l'abréviation d'année, Ma ou M. an. de million d'années ; 2) Durand (1965) ou (Durand, 1965) renvoie à la bibliographie ; mais une allusion à ce qu'a écrit Durand en 1965 n'implique pas de référence.

CHAPITRE PREMIER

Géographie sismique Bathymétrie des océans

Généralités

Les séismes tectoniques, qui représentent la quasi-totalité des tremblements de terre, débutent par une rupture en un point intérieur à la Terre, qu'on appelle le *foyer* du séisme ; le point de la surface terrestre le plus voisin du foyer est l'*épicerentre*. La rupture se propage ensuite sur la surface d'une faille. Les déterminations de l'épicentre et de la profondeur focale sont effectuées régulièrement en diverses institutions, dont le Bureau Central Sismologique de Strasbourg, à partir de l'heure d'arrivée des ondes sismiques à quelques centaines de stations plus ou moins bien réparties sur le Globe.

Jusque vers 1930, époque à laquelle Wadati a mis hors de doute l'existence de *séismes profonds*, on n'admettait guère qu'il pût se produire des ruptures ailleurs que dans la croûte. A vrai dire, les séismes profonds sont peu nombreux, moins de 10 %. Leur nombre décroît rapidement jusqu'à 300 ou 350 km de profondeur, limite des séismes dits « intermédiaires » ; les séismes vraiment profonds, qui viennent ensuite, se font rares vers 600 km et disparaissent complètement vers 720 km. Mais il s'agit là de moyennes ; la répartition varie énormément suivant les régions.

Si l'on porte sur une carte en projection équivalente (fig. 1) les épicentres des séismes « normaux », c'est-à-dire non profonds, de magnitude assez grande, on voit qu'ils se groupent presque exclusivement suivant deux espèces de zones sismiques : d'une part les régions

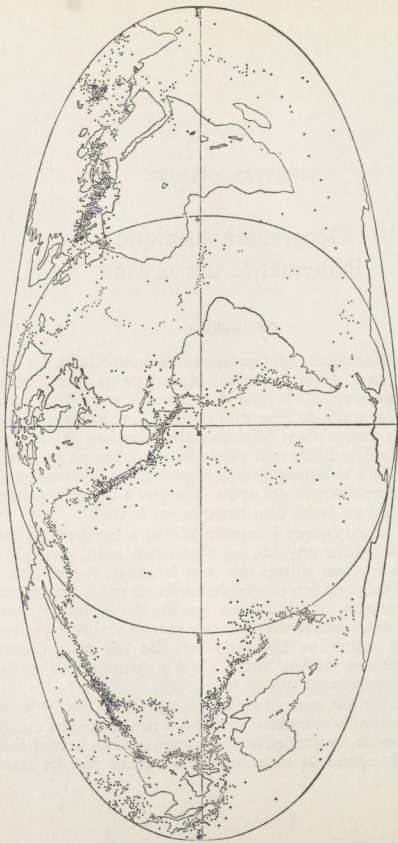


Fig. 1. — Répartition géographique des épicentres de séismes normaux, de 1930 à 1941
(D'après les déterminations de l'International Seismological Summary
Planisphere équivalent ECKER et THOMAS, *La Terre*, Gallimard, « Encyclopédie de la Pléiade », 1959)

plissées à l'époque tertiaire, d'autre part un ensemble de hauts fonds sous-marins allongés se prolongeant parfois au sein des continents par des régions de fracture et d'effondrement. Les épicentres sont exceptionnels dans le Pacifique central et sur les boucliers continentaux, régions stables cernées par les alignements précédents. Les séismes correspondant à des plissements anciens peuvent être nombreux (séismes d'Écosse), mais ils sont très faibles.

Les plissements tertiaires, les failles à coulissage, les arcs insulaires

Les plissements tertiaires occupent essentiellement deux grandes zones :

La Ceinture du Pacifique (ouverte au sud de la Patagonie à l'île Macquarie) renferme les quatre cinquièmes des épicentres connus. La zone dite méditerranéenne ou alpine, qui borde au sud le continent eurasiatique, se branche sur la précédente à la hauteur des Moluques et se termine à Gibraltar.

Ces deux zones sont caractérisées par la présence fréquente de structures arquées : guirlandes du Pacifique Ouest ou de la Méditerranée orientale, arcs des Antilles et des Antilles du Sud (fig. 2), chaînes de l'Himalaya, des Carpathes, etc. La plupart de ces arcs délimitent des aires fermées : mers épicontinentales comme la mer du Japon ou bassins sédimentaires comme le bassin pannonien ; mais les îles Bonin et Mariannes ou les Antilles du Sud ont une extrémité apparemment libre, et la structure est très complexe dans la région des arcs mélanésiens.

Les mouvements qui donnent lieu aux séismes de la Ceinture du Pacifique et peut-être à certains séismes de la zone méditerranéenne (séismes de la Cicatrice nord-anatolienne) sont souvent liés à de très grandes failles ou systèmes de failles dans lesquels le déplacement horizontal ou coulissage est beaucoup plus important que le déplacement vertical ou rejet. Le caractère le plus frappant de ces failles est leur linéarité approximative sur des centaines de kilomètres. Le prototype est la faille de San Andreas, responsable de nombreux séismes connus, dont celui qui détruisit San Francisco, le 18 avril 1906, et très étudiée depuis lors. Au cours de ce séisme de 1906, elle a



FIG. 2. — Séismicité de l'arc des Antilles et de l'Arc des Antilles du Sud
 (D'après HEEZEN et JOHNSON,
The South Sandwich Trench, Deep Sea Research, 1965)

rejoué, sur deux sections de 320 et 150 km, de plusieurs mètres à certains endroits; mais on peut la suivre sur 900 km au moins. Les déplacements récents, tous dans la même direction, ont été mis en évidence par des triangulations répétées; ils sont rarement continus dans le temps, et résultent en général de séismes grands ou petits; ils peuvent être en moyenne de quelques centimètres par an. De l'étude des terrains séparés par la faille, on peut conclure à des coulissages de plusieurs centaines de kilomètres depuis le Crétacé (Noble; Hill et Diblee; Crowell) correspondant à une vitesse moyenne d'un ordre de grandeur inférieur à la précédente.

Allen (1965) a recherché systématiquement le long du cercle pacifique les grandes failles à coulissage visible, qu'elles aient ou non été le siège de séismes historiques. Les principaux exemples sont donnés sur la figure 3. L'étude des talwegs déformés par la faille donne le sens du mouvement. Les cas de la faille des Philippines et de celle de Formose mettent en défaut une curieuse règle qui voulait que le sens sur toutes les failles correspondît à une rotation du Pacifique central en sens inverse des aiguilles d'une montre.

Les plissements tertiaires sont le siège jusqu'ici exclusif des séismes profonds. Encore ceux-ci n'apparaissent-ils pas partout. Sur le cercle pacifique, par exemple, ils sont absents des côtes d'Amérique du Nord. Leur présence est généralement liée à celle d'un fossé océanique, c'est-à-dire d'une dépression longue et étroite (ordre de grandeur : plus de 1 000 km de long, 100 km de largeur en surface, 10 km au fond), à flancs raides. Les fossés sont en général dissymétriques, la pente étant abrupte du côté où ils bordent un arc insulaire ou un continent. Le fond est parfois plat, mais ceci semble dû à un remplissage par des courants de turbidité. Les fossés qui accompagnent les guirlandes du Pacifique Ouest, et qui s'enfoncent à partir de mers déjà très profondes, contiennent les plus grandes profondeurs connues, souvent supérieures à 10 km, tandis que ceux de la côte mexicaine ne dépassent guère 5 km. Tous se distinguent aisément des grandes fosses sismiquement inactives du Pacifique Nord.

Sauf dans la région des Nouvelles-Hébrides et des îles Salomon, ou dans l'angle rentrant vers la frontière du Chili et du Pérou, la concavité du fossé est tournée vers le continent voisin. Dans cette direction, à une centaine de kilomètres de distance, une chaîne

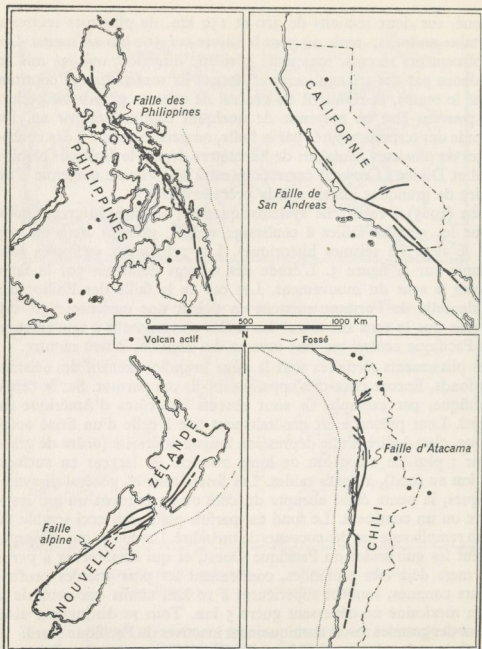


FIG. 3. — Grandes failles circumpacifiques : Philippines, Californie, Nouvelle-Zélande, Chili (D'après ALLEN, 1965)

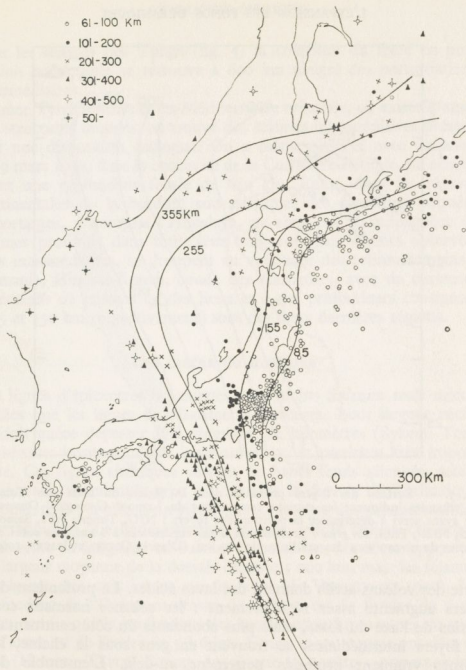


FIG. 4. — Épicentres des séismes profonds de 1926 à 1956
 déterminés par le Service météorologique du Japon
 (Contours d'après SUGIMURA et UYEDA,
Rapport national japonais sur le Manteau supérieur, 1967)

L'EXPANSION DES FONDS OCÉANIQUES

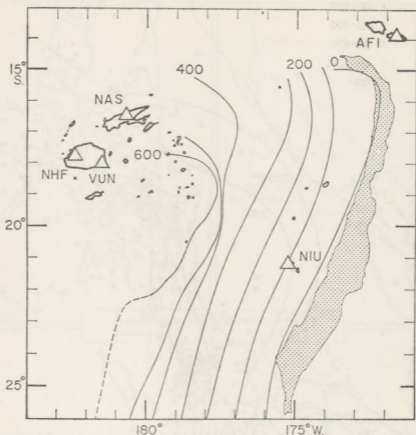


FIG. 5. — Surface des foyers profonds dans la région du fossé des Tonga. Les triangles indiquent les stations temporaires du Lamont Geological Observatory ayant servi à déterminer la position des foyers : NIU, Tonga ; AFI, Samoa ; NAS, NHF, Fidji. En grisé : profondeurs d'eau supérieures à 6 km. Les cotes des courbes de niveau sont des multiples de 100 km. (D'après OLIVER et ISACKS, 1967.)

porte des volcans actifs donnant des laves acides. La profondeur des foyers augmente assez régulièrement : les séismes normaux sont voisins de l'axe du fossé, mais plus abondants du côté continental ; les foyers intermédiaires se trouvent en gros sous la chaîne, les séismes vraiment profonds nettement au-delà. L'ensemble des foyers se place donc sur des surfaces inclinées en moyenne d'une cinquantaine de degrés, généralement occupées à certaines profondeurs seulement, mais qu'on a pu, dans deux cas au moins (fig. 4 et 5), définir assez exactement. Sykes fait remarquer que

pour les séismes des Tonga (fig. 5) la courbure du fossé en projection horizontale se retrouve à 600 km malgré des perturbations intermédiaires.

En mer Tyrrhénienne et en Méditerranée orientale, où existent aussi des structures arquées, on trouve des séismes intermédiaires présentant une disposition analogue. On a même observé avec surprise, le 29 mars 1954, dans la concavité de la Cordillère Bétique, un séisme ayant une profondeur focale de 640 km. Enfin, dans les régions continentales de la bordure sud-asiatique, des structures arquées importantes, y compris l'Himalaya, ne sont pas accompagnées de séismes profonds dans toute leur longueur. Les séismes observés, tous intermédiaires, se groupent au voisinage des rebroussements : Birmanie, Hindou-Kouch, coude des Carpathes, avec de curieuses répétitions de séismes en des lieux et à des profondeurs constantes (225 et 150 km respectivement) sous ces deux dernières régions.

Les crêtes de dorsales

Les lignes d'épicentres océaniques sont moins fournies mais mieux tracées que les lignes de plissements tertiaires. Leur largeur réelle ne doit guère dépasser une vingtaine de kilomètres (Sykes). Tous les séismes correspondants sont normaux, et rarement très importants. Ces lignes sismiques suivent de hauts fonds allongés, seuils ou dorsales. L'exemple type est celui de la dorsale de l'Atlantique découverte il y a plus d'un siècle lors de la pose des premiers câbles télégraphiques. La ligne sismique partage, par le milieu, cet océan dans toute sa longueur en suivant la courbure des côtes opposées. La largeur moyenne de la dorsale dépasse 1 000 km, mais les séismes se placent très exactement sur la crête (de Vanssay en 1939). La profondeur de l'Océan au-dessus de celle-ci est de l'ordre de 2 ou 3 km, tandis que la profondeur des bassins atlantiques situés de part et d'autre est de l'ordre de 5 à 6 km. Ewing et son équipe ont découvert (Heezen, Tharp, Ewing, 1959) que la « crête » correspondait en général à une vallée d'effondrement ou « Rift » pouvant avoir au maximum 2 km de creux et une trentaine de kilomètres de large, encaissée entre deux régions accidentées (fig. 6). A vrai dire, la vallée centrale peut bifurquer, être obstruée par des volcans, être déplacée

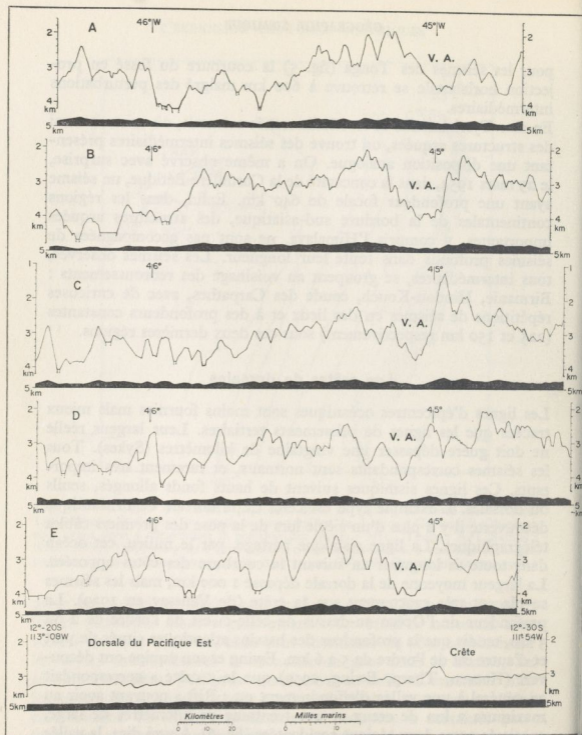


FIG. 6. — Profils de la dorsale atlantique entre 22° N et 23° N, et de la dorsale du Pacifique Est vers 12° S. On voit sur les premiers combien le relief varie dans la zone de crête, surtout à l'ouest de la vallée axiale (V. A.) où il forme tantôt des pics et tantôt des plateaux. (D'après VAN ANDEL et BOWIN, 1968.)

latéralement, ou même disparaître (par exemple au sud de l'Islande sur la dorsale de Reikjanes).

Partons de l'équateur, que la ligne sismique atlantique suit à peu près des Rochers Saint-Paul à la Fosse de la Romanche. Allant vers le nord, la ligne décrit jusqu'aux Açores un grand arc emboîtant la côte d'Afrique. Un embranchement part des Açores en direction de Gibraltar ou du cap Saint-Vincent, le long d'un seuil médiocrement tracé. Entre les Açores et l'Islande, il est possible qu'un autre embranchement aille rejoindre quelques épïcêtres situés entre le Labrador et le Groenland, mais la continuité des deux régions n'est pas établie.

L'Islande est la seule île véritablement traversée par la vallée centrale d'une dorsale, les autres îles étant des volcans adventices. Au-delà (fig. 7), la ligne passe sur Jan Mayen puis décrit un nouvel arc, évitant le Spitzberg par l'ouest, jusqu'à la plate-forme continentale du Groenland. Elle suit alors la « dorsale de Gakkel », à mi-chemin entre la Terre de François-Joseph et le grand seuil asismique de Lomonossov, se dirigeant vers l'embouchure de la Léna et s'élargissant dès qu'elle atteint la plate-forme qui forme le fond de la mer de Laptev. (Il n'est d'ailleurs pas surprenant que les lignes sismiques océaniques deviennent diffuses dès qu'elles atteignent un continent, où les dislocations sont multiples.) Comme on connaît peu d'exemples de ligne sismique s'arrêtant sans raison apparente, on a voulu raccorder celle-ci, soit avec le graben du Baïkal, formé au Pliopléistocène en utilisant des failles anciennes, soit avec les monts de Verkhoïansk, plissements secondaires à séismes rares.

Revenons à l'équateur. Vers le sud, la ligne sismique passe sur les îles Ascension, Tristan da Cunha, et Bouvet où elle est rejointe par une ligne provenant de l'arc des Antilles du Sud dont on peut voir l'origine sur la figure 2 à la pointe sud de cet arc. Puis la ligne sismique principale contourne l'ensemble de l'Afrique et de Madagascar en restant d'abord à mi-chemin du continent antarctique, puis à mi-chemin du plateau des Kerguelen. Elle passe sur les îles du Prince-Édouard, atteint un carrefour situé vers l'île Rodriguez, monte droit au nord en suivant la « dorsale de Carlsberg » et pénètre enfin dans le golfe d'Aden où elle bifurque d'une part vers la région des grands lacs, d'autre part vers la mer Rouge et le graben du Jour-

L'EXPANSION DES FONDS OCÉANIQUES

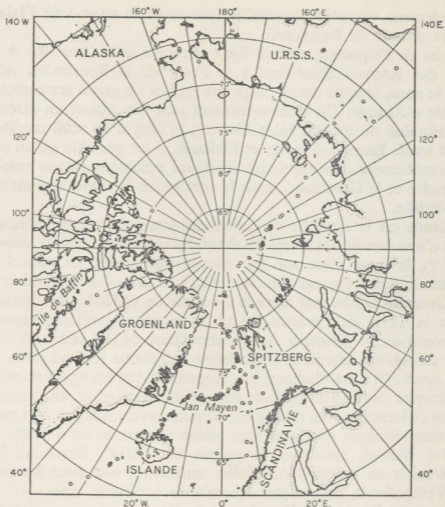


FIG. 7. — Épicentres arctiques de janvier 1955 à mars 1954. Les grands cercles représentent les épicentres déterminés par l'auteur à l'aide de dix stations sismiques au moins, les petits cercles avec moins de dix stations. Les croix représentent des déterminations récentes de l'U.S. Coast and Geodetic Survey à l'aide de dix stations au moins. (D'après SYKES, 1965.)

dain. Cette continuité a amené à considérer comme des structures analogues les vallées centrales des dorsales et les grabens africains. Leur parenté morphologique semble en effet très grande (fig. 8), mais nous leur trouverons des différences profondes.

Du carrefour Rodriguez part une autre branche de dorsale qui passe

entre le plateau des Kerguelen puis l'Antarctique au sud, et l'Australie au nord, en suivant la courbure de leurs plates-formes. Elle aboutit, vers 160° O, dans les parages sud de l'île Macquarie.

L'ensemble sismique et bathymétrique que nous venons de décrire peut être appelé *dorsale atlantico-indienne*, ou *dorsale médio-océanique* pour bien marquer sa propriété remarquable de partager par le milieu les océans qu'elle traverse. On évitera d'appliquer ce terme

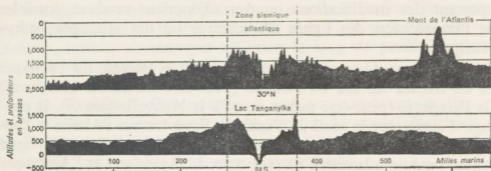


FIG. 8. — Profils, à la même échelle, des plateaux africains et de la dorsale atlantique avec leurs vallées centrales (D'après EWING et HEEZEN, 1960)

de médio-océanique aux exemples suivants, qui ne le mériteraient guère.

La ligne d'épicentres ne s'arrête pas vers 160° O, mais continue en s'éloignant un peu de l'Antarctique, puis remonte vers l'île de Pâques. On peut appeler cette section *dorsale du Pacifique Sud*. Par rapport à la dorsale indienne, sa topographie change d'allure. La vallée axiale disparaît (fig. 6). Mais la profondeur de la crête reste de l'ordre de 2 à 3 km, comme d'ailleurs dans toutes les dorsales (sauf à la traversée de régions continentales ou dans les zones de fractures dont nous parlerons bientôt).

L'île de Pâques correspond à un nouveau carrefour. Une ligne sismique y arrive de la Patagonie. La branche principale, ou *dorsale du Pacifique Est*, monte vers le nord, passe sur les îles Galapagos. De là jusqu'au golfe de Californie où elle pénètre, elle est reliée par des seuils sismiques à l'Amérique du Sud et à l'Amérique centrale.

Du golfe de Californie partent deux branches sismiques terrestres, donc diffuses : une zone interne de régions faillées intéressant notamment les bassins et chaînes de l'Utah, et le système de San Andreas suivi jusqu'en Alaska d'une suite d'épicentres côtiers dans laquelle nous reconnaitrons plus tard des fragments de dorsales à vallée centrale.

Au système général des dorsales tel que nous venons de le décrire, dont la longueur totale est de l'ordre de 50 000 km, divers auteurs apportent des modifications ou des adjonctions rendues possibles par l'imprécision des lignes d'épicentres ou des sondages bathymétriques.

C'est ainsi que Menard (1965 *b*) dédouble la dorsale du Pacifique Est en traçant un arc du Panama (peut-être même du Honduras) à la Patagonie (peut-être même jusqu'à la Nouvelle-Écosse). Il prolonge d'autre part le seuil du Pacifique Est à travers l'Alaska et l'archipel canadien-arctique, à la rencontre d'une branche de la ligne sismique médio-atlantique passant entre le Groenland et l'Amérique du Nord (marquée par deux épicentres sur la figure 4).

De l'île Macquarie à la Nouvelle-Zélande, et même au-delà de la Nouvelle-Zélande vers le nord-nord-ouest (dorsale mélanésienne de Menard), d'autres structures parfois incorporées au système des dorsales sont à rattacher plutôt au système des guirlandes océaniques.

Bathymétrie des océans

Nous avons introduit les dorsales océaniques en considérant leur région axiale, quasi linéaire. Mais ce sont des phénomènes d'une tout autre étendue. On peut distinguer, dans les océans, trois divisions morphologiques principales :

- 1) *les marges continentales et les arcs insulaires* ;
- 2) *les bassins océaniques*, qui comprennent les plaines abyssales et les régions à collines abyssales ;
- 3) s'élevant à partir de ces dernières, *les dorsales océaniques*.

La dorsale atlantique, par exemple, occupe approximativement le tiers médian de cet océan. Le profil de ses flancs est tel que la pente

LA SCIENCE VIVANTE

Collection dirigée par Henri LAUGIER

AUBERT (M.)	Cultiver l'Océan.....	16 F
AUGER (P.)	Recherche et chercheurs scientifiques.....	7 -
BERNARD (M.-Y.)	Masers et lasers (2 ^e éd.).....	15 -
BONVALLET (M.)	Système nerveux et vigilance.....	10 -
BRAFFORT (P.)	L'intelligence artificielle.....	15 -
COULOMB (J.)	L'expansion des fonds océaniques et la dérive des continents.....	32 -
DALSACE (J.) et PALMER (R.)	La contraception (3 ^e éd. revue).....	13 -
DELOBEAU (Fr.)	L'environnement de la terre.....	15 -
DESSENS (H.)	La maîtrise des climats.....	22 -
DJOURNO (A.) et KAYSER (D.)	Anesthésie et sommeil électriques.....	12 -
GIBRAT (R.)	L'énergie des marées.....	18 -
GOMELLA (C.)	La soif du monde et le dessalement des eaux ..	16 -
GONTIER (J.)	Hormones, système nerveux et digestion (<i>sous presse</i>)	
GRENON (M.)	Le travail en milieu hostile.....	18 F
KOURGANOFF (VI.)	Initiation à la théorie de la relativité.....	12 -
LE GRAND (Y.)	Lumière et vie animale.....	12 -
MAIN (D. M.)	Introduction à la physique nucléaire.....	12 -
PECKER (J.-C.)	L'astronomie expérimentale.....	20 -
—	Les observatoires spatiaux.....	25 -
PRAT (H.)	Le champ unitaire en biologie.....	12 -
RAYMOND (F.-H.)	Les principes des ordinateurs.....	36 -
ROBERT (H.-G.)	Les organes artificiels.....	13 -
SABOURDY (M.)	L'animal de laboratoire dans la recherche biolo- gique et médicale.....	18 -
SCHATZMAN (E.)	Plasmas et milieux ionisés.....	16 -
TERNISIEN (J. A.)	Les pollutions et leurs effets.....	14 -
—	La lutte contre les pollutions.....	14 -

PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

30 453

32 F

BIBLIOTHEQUE NATIONALE DE FRANCE



3 7502 00387166 4

Participant d'une démarche de transmission de fictions ou de savoirs rendus difficiles d'accès par le temps, cette édition numérique redonne vie à une œuvre existant jusqu'alors uniquement sur un support imprimé, conformément à la loi n° 2012-287 du 1^{er} mars 2012 relative à l'exploitation des Livres Indisponibles du XX^e siècle.

Cette édition numérique a été réalisée à partir d'un support physique parfois ancien conservé au sein des collections de la Bibliothèque nationale de France, notamment au titre du dépôt légal. Elle peut donc reproduire, au-delà du texte lui-même, des éléments propres à l'exemplaire qui a servi à la numérisation.

Cette édition numérique a été fabriquée par la société FeniXX au format PDF.

La couverture reproduit celle du livre original conservé au sein des collections de la Bibliothèque nationale de France, notamment au titre du dépôt légal.

*

La société FeniXX diffuse cette édition numérique en accord avec l'éditeur du livre original, qui dispose d'une licence exclusive confiée par la Sofia – Société Française des Intérêts des Auteurs de l'Écrit – dans le cadre de la loi n° 2012-287 du 1^{er} mars 2012.

Avec le soutien du

