Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 15 (1933)

Artikel: Contribution à la théorie des dérives continentales [suite et fin]
Autor: Mercier, André
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-740592

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

CONTRIBUTION

A

LA THÉORIE DES DÉRIVES CONTINENTALES

PAR

André MERCIER
Ancien assistant au Laboratoire de Géologie,
Assistant au Laboratoire de Physique de l'Université de Genève.

(Avec 9 figures.)

(Suite et fin)

Surfaces de discontinuité dans la Terre.

On peut connaître, par des mesures sismiques, la vitesse de propagation des ondes sismiques à travers le matériel terrestre. D'après les données reproduites par Wegener (2), la vitesse des ondes longitudinales, à une profondeur de 50 à 60 km sous l'Eurasie et l'Amérique, passe de 5,75 km/sec (en dessus) à 8,0 km/sec (en dessous), et la vitesse des ondes transversales passe de 3,3 km/sec à 4,4. Cette différence ne se révèle pas pour le Pacifique, où la vitesse est de 7 km/sec pour les ondes longitudinales et de 3,8 pour les ondes transversales. Donc le matériel continental manque dans le Pacifique. Les séismes produisent aussi des ondes superficielles, qui ont une vitesse plus grande de 0,1 km/sec sur les fonds marins que sur les continents, ce qui signifie que les fonds marins sont du matériel intrusif. Wegener propose alors 60 km d'épaisseur pour le sial de l'Eurasie, 0 pour le fond Pacifique, et une épaisseur intermédiaire pour l'Atlantique. Un point fait supposer la présence de roches basiques contenant spécialement du fer, plus près de la surface sous les mers que sous les continents: c'est que le meilleur modèle représentant la répartition du magnétisme

terrestre a été obtenu par Wilde en plaçant une masse de fer sous l'emplacement des mers (dans la nature, spécialement du basalte, des plagioclases, de la hornblende, de la magnétite, etc.). C'est dire qu'il s'agit du sima. Gutenberg place des roches ultrabasiques au fond du Pacifique, tandis que Mohorovičić y place du basalte.

Certains arguments font supposer qu'il existe un substratum élastique sous le sima fluide. Wolff propose une région de fusion maximum entre 60 et 100 km (entendant par fusion non pas la fusion franche mais celle du verre par exemple). Kirsch suppose une production de chaleur suffisante pour avoir fondu une région sous-continentale, ce qui tendrait à faire émerger le continent. Le phénomène aurait pris des proportions telles que la masse se serait fracturée autour de ce qui est maintenant le Sud de l'Afrique, et aurait donné naissance à des radeaux flottants (continents actuels).

Daly remarquait il y a quelques années (18) qu'il y a un demi-siècle, les géologues étaient accoutumés à employer l'expression *croûte terrestre* comme signifiant une croûte cristalline superficielle partout supportée par un matériel non cristallisé, le « substratum ». Certains auteurs prétendent que le substratum lui-même est cristallisé. Daly constate que malgré tout la conception d'une croûte bien différenciée semble établie aujourd'hui.

Cherchons à déterminer l'épaisseur de cette croûte. Elle repose sur un matériel de propriétés physiques bien différentes. Les mots de *sial* et *sima* sont assez connus pour ne pas nécessiter d'explication. Leur contact est une surface de discontinuité que l'on peut repérer par diverses méthodes.

La réfraction des ondes sismiques est la meilleure. Reproduisons un tableau donné par Daly (19): (page suivante)

V est la vitesse de propagation des ondes sismiques longitudinales, v celle des ondes transversales. On a proposé successivement les profondeurs 30 km, 45 km, 60-70 km comme étant le niveau du contact sial-sima. On ne peut dire encore quel est le vrai contact. En vertu des équations reliant les ondes sismiques à la rigidité des corps, le niveau de — 30 correspond au contact d'un sial essentiellement granitique et de roches

Profondeur	V	v
km	(km/sec)	(km/sec)
0 (sial cristallin)	5,5	3,2(?)
Env. 30.	env. 5,7	env. 3,3
Discontinuité		
Env. 30.	env. 6,25	env. 3,7
Env. 45.	6,3	env. 3,7
Discontinuité		
Env. 45.	7,9	env. 4,4
60-70	8,0	env. 4,5
Discontinuité		
60-70	7,9	4,4
1200.	12,25	6,75
1700.	12,5	7,25
2450.	13,25	7,5
2900.	13,0	7,25
Discontinuité		
2900.	8,5	?
6370 (centre)	11,0	?

plus basiques. Celui de — 45 indique la présence de granodiorites ou de quartz diorite, reposant sur des gabbros ou du basalte. Pour Daly, la profondeur de — 30 km indique simplement un changement de forme du quartz, le sial existant en profondeur jusqu'à — 45 km. Nous ne discuterons pas les discontinuités présentées par le sima. Remarquons que les ondes sismiques ne permettent pas de placer la base du sial plus bas qu'une cinquantaine de km.

Les spécialistes de l'isostasie, notamment Hayford et Bowie, placent à 100 km de profondeur la surface de compensation en dessous de laquelle aucune différence de densité ne se fait sentir. L'idée d'une compensation uniforme à un niveau donné nous semble insoutenable, et Bailey Willis l'a déjà critiquée (20). L'hypothèse la plus plausible sur la compensation isostatique est celle d'Airy, qui suppose des excroissances intérieures de sial dans le sima, en-dessous des chaînes de montagnes. Cela nécessite que le contact du sial et du sima ne soit pas parallèle à une surface de niveau, mais représente, en l'augmentant ou le diminuant dans une certaine proportion probablement constante, le relief géographique des continents et des fonds marins. Mohorovičić (36) donne 40 km comme épaisseur normale des continents, 100 km en dessous de la chaîne himalayenne,

13 sous l'Atlantique, et attribue une épaisseur insignifiante (< 5 km) au sial tapissant le fond du Pacifique. L'hypothèse de la formation de la Lune, d'après laquelle il ne doit pas y avoir de sial sur le fond du Pacifique, est en accord avec ce dernier point. La faible épaisseur du sial de l'Atlantique proviendrait d'un étirement.

Nous reproduisons partiellement un tableau donné par Krige (37), indiquant la profondeur à laquelle la fusion commencerait dans une croûte limitée par des surfaces régulières, à supposer qu'aucune chaleur ne soit irradiée de régions plus profondes; le tableau donne aussi la chaleur de radioactivité produite par cm^3 en 10^6 années, en grandes calories.

Granite.	30 km	40,7 Cal
Roches intrusives ordinaires. .	37 »	31,4 »
Basalte des îles pacifiques . . .	48 »	16,3 »
Basalte des plateaux	62 »	9,92 »
Eclogite.	90 »	5,03 »
Dunite	105 »	5,00 »

La radioactivité du sial est plus intense que celle des roches plus basiques sous-jacentes. Les travaux du laboratoire de géophysique de Washington ont montré que le point de fusion du granite est plus bas que celui du basalte ou de la diabase. Il se pourrait donc que les continents glissent sur leur propre base comme le fait un morceau de cire sur du verre chauffé, la couche de cire en contact étant seule en fusion. Mais, comme nous l'avons vu, il n'existe pas de force capable de produire les dérives nécessaires, et l'idée que la couche de contact seule est fondue et permet un glissement n'est pas suffisamment explicative. Il est plus plausible d'admettre des courants de sima, que nous pouvons schématiser dans la figure suivante:

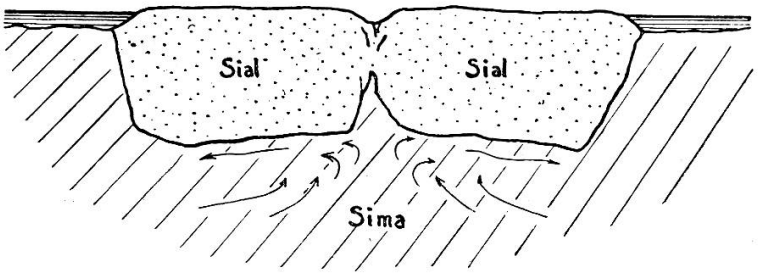

Fig. 1.

Deux courants venant à se rencontrer sous un continent peuvent, par leur retour, distendre et étirer les deux parties du continent et même le rompre. Ce schéma a été proposé par plusieurs auteurs sous des formes un peu modifiées (38, 11). Kirsch et Dive estiment qu'une telle circulation peut avoir lieu.

On pourrait objecter que le sima étant en circulation partout, doit l'être sous l'Océan Pacifique dont le fond même est en sima. Il est bien entendu qu'un sima mis à nu abandonne suffisamment de chaleur dans l'ambiance pour que sa surface se solidifie; et l'épaisseur de la croûte de sima formée ne doit pas être bien considérable, ni cette croûte très solide, puisqu'elle ne résiste pas à des poussées par dessous, qui la fissurent et laissent s'épancher des roches volcaniques.

Mouvements généraux.

Wegener a voulu voir sur la mappemonde deux orientations générales dans les mouvements du sial. Il déclare qu'on voit nettement un mouvement vers l'Ouest et un autre vers l'Equateur. Or on ne voit rien de net et les mouvements semblent jusqu'à nouvel avis désordonnés. Pour des raisons de paléoclimatologie, il a imaginé une variation de l'axe de rotation de la terre. Il l'appelle mouvement des pôles. Seulement les parcours qu'il attribue à ceux-ci sont d'une envergure qui semble extravagante. Il fait probablement une erreur provenant du fait qu'il ne considère pas les dérives comme relatives entre elles. En effet il rapporte tout à l'Afrique, comme si l'Afrique était fixée au sima. Mais l'Afrique, pas plus qu'un autre continent, ne peut avoir de position fixe sur le sima. Il suffirait pour éliminer la question du mouvement des pôles, de considérer que tous les continents ont voyagé à l'encontre du mouvement que Wegener attribue à ces pôles, et cela sans faire intervenir de dérive d'un ordre de grandeur plus élevé. Il est entendu que les dérives modifient la répartition des masses du globe et changent la position de l'axe d'inertie; par contrecoup, l'axe de rotation suivra, et l'axe des pôles changera effectivement son orientation par rapport au noyau terrestre,

mais d'une façon insignifiante. Mathématiquement, on ne peut admettre un changement considérable de l'axe de rotation du globe terrestre, tandis qu'il n'y a pas d'objection *a priori* contre un mouvement de la croûte entière, si ce n'est qu'il faut des forces suffisantes. Jusqu'à ces dernières années, toutes les forces dont on a parlé se sont trouvées incapables d'effectuer les gigantesques constructions géologiques.

Il faut entendre par mouvement des pôles — et Wegener l'entendait peut-être ainsi — le mouvement apparent de ceux-ci par rapport aux continents, tandis qu'en réalité ce sont les continents eux-mêmes qui changent de position par rapport à l'axe de rotation de la Terre. Cet axe est incliné d'environ 66° ½ sur le plan de l'écliptique, et l'on n'a jamais supposé que cet axe pût changer d'orientation dans des limites correspondant à celles dont parle Wegener.

On ne peut expliquer les glaciations (dont on reconnaît l'ampleur par les tillites) très étendues du Permo-carbonifère et du Quaternaire que par une position convenable des continents par rapport aux pôles, puisque les ceintures de charbon démontrent un climat très chaud aux mêmes époques en d'autres régions; car la température ne peut augmenter de l'équateur au pôle.

On n'est guère d'accord sur les mouvements relatifs des continents. Les uns font naviguer l'Afrique vers l'Europe lors du plissement alpin. C'est le cas d'Argand et des géologues suisses en général. D'autres supposent que l'Europe est venue à la rencontre de l'Afrique. Les deux points de vue sont également soutenables, et c'est une convention de dire que l'arrière-pays — défini comme le continent qui, lors du plissement, chavauche l'autre, l'avant-pays — est venu à la rencontre de ce dernier. Il est très possible que l'avant-pays se soit glissé sous l'arrière-pays, ou que les deux se soient rencontrés, ou même que les deux aient dérivé dans la même direction, l'un rattrappant l'autre.

La direction des mouvements est difficile à définir. Et, comme le faisait observer L.-W. Collet, les courants supposés de sima sont rendus encore plus complexes par le fait des réflexions contre les obstacles de sial.

Qu'il y ait des mouvements horizontaux de l'écorce, même les grands adversaires de l'hypothèse des dérives l'admettent. Citons Termier (44, 45), Schuchert (3). Bowie (3) s'en sert pour expliquer les réajustements isostatiques.

Grégory (4) demande que l'on prouve les dérives avant que de s'en servir pour expliquer des phénomènes; c'est précisément par ce qu'elles expliquent qu'elles ont une grande valeur. Grégory, sans s'opposer à la dérive (3), prétend que les deux bords du Pacifique auraient dû être reliés, et que seul le mouvement vertical rend compte de la formation des coraux. Mais ce dernier point n'est pas en accord avec les travaux de Murray, Daly, L.-W. Collet.

Nous avons dit plus haut que des mesures ont révélé une variation dans les distances géographiques de certains points. Des mesures sur la position relative du Groënland et de l'Europe ont montré que ces terres s'éloignent l'une de l'autre. Une différence des distances, mesurées à deux époques différentes, atteignant 1190 m, ne peut pas venir d'une erreur de mesure, dont on connaît la précision (2). Les mesures de Jensen (1922) correspondent à une dérive de 20 m par an vers l'Ouest. En 1922, la longitude (W de Greenwich) de Kornok était:

3 h 24 min 22,5 sec ± 0,1 sec	(obs. d'étoile)
3 h 24 min 22,5 sec ± 0,1 sec	(obs. du soleil)

en mesures horaires.

En 1927, Sabel-Jörgensen donne:

$$3 \text{ h } 24 \text{ min } 23{,}405 \text{ sec} \pm 0{,}008 \text{ sec},$$

soit un éloignement de 0,9 sec de temps ou 13,5 secondes d'arc en 5 ans, c'est-à-dire une dérive d'environ 36 m par an, étant donné la haute latitude de Kornok [1].

En ce qui concerne le mouvement relatif Amérique-Europe, les résultats sont peu précis. D'autre part, on sait que Madagascar dérive à une vitesse de 60 à 70 m par an. Les dernières

[1] Une expédition internationale est prévue pour l'automne 1933, avec la mission d'étudier la dérive éventuelle du Groënland.

mesures faites en Suisse (1933) font supposer un éloignement par rapport à l'Amérique (48).

Les mesures de ce genre sont délicates et ne peuvent avoir de valeur qu'échelonnées sur une longue période. Elles sont rares.

Examinons enfin le mouvement de deux continents séparés par un géosynclinal. Un rapprochement de ceux-ci explique très bien la formation des chaînes du type des Alpes, et les géologues alpins l'ont tous admis comme seule explication. L'Europe et l'Afrique se sont rapprochées, d'où le déversement des nappes penniques sur la lèvre Nord du géosynclinal; ces nappes enfoncent le cristallin hercynien qui les supporte. Le résultat en est une accumulation de matériaux dont la faible densité provoque un défaut de masse dans cette région (Valais-Rhin-Nord du Danube-Dauphiné-Nord de Gênes et Est de Florence). A ces défauts doit correspondre une anomalie négative dans l'intensité de la pesanteur, ce que les travaux géodésiques de Niethammer (46) ont justement mis en évidence.

Epaisseur et forme des continents.

Wegener s'est fondé sur la courbe des fréquences d'altitude pour justifier sa notion de terrains différenciés. On sait, en effet, que cette courbe présente deux maxima (fig. 2), qui corres-

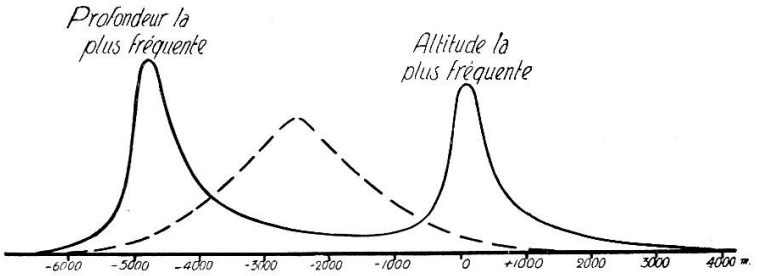

Fig. 2.

pondent à deux niveaux non pas moyens mais les plus fréquents, à 100 m et — 4700 m. Ce sont, d'après lui, les surfaces supérieures du sial et du sima. Or la répartition des fréquences dans

un phénomène statistique ordinaire se traduit par la courbe de Gauss, dite en cloche, ne présentant qu'un seul maximum (ligne pointillée de la fig. 2), maximum de fréquences qui devrait, dans notre cas, correspondre au niveau — 2450 m. Puisque ce n'est pas le cas, une loi de répartition doit exister, que Wegener seul jusqu'ici interprète. Il note en réalité trois maxima, un à + 100 m, un à — 5000 m, un à — 4400 m. Les deux derniers se rapportent respectivement au fond du Pacifique et au fond de l'Atlantique. Ceci confirme l'idée que le fond atlantique est composé d'une lame de sial étiré rattachant l'Amérique à l'Europe et à l'Afrique.

Le relief géographique se retrouve probablement inversé, ainsi que nous l'avons dit, sous le continent, sous forme de protubérances dont les cotes doivent être plus ou moins homothétiques des cotes des points superficiels, les unes et les autres étant comptées à partir d'un niveau qui serait, non le niveau de la mer, mais celui du sima libre (celui qu'aurait le sima sur le fond pacifique si l'eau n'y était pas, fig. 3). Désignant par h la

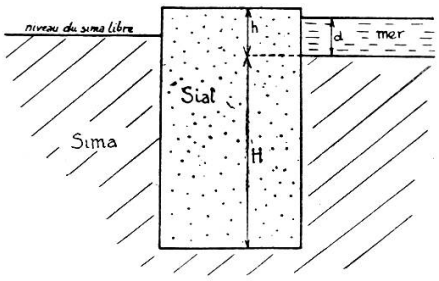

Fig. 3.

différence qu'il y a entre le niveau du fond d'un océan (avec l'eau qu'il contient) et le niveau d'un point superficiel, par H la différence entre ce même niveau et celui du point correspondant à la base du sial, par ρ_1 et ρ_2 les densités du sial et du sima respectivement, et la densité de l'eau étant prise égale à l'unité, on doit avoir, en vertu de l'équilibre hydrostatique:

$$(h + \mathrm{H})\, \rho_1 = d + \mathrm{H} \,.\, \rho_2 \,, \qquad (1)$$

d étant la hauteur d'eau contenue dans l'océan. Comme cas normal, on peut prendre:

$$d = 4{,}7 \text{ km} .$$

La densité du sial valant 2,7 et celle du sima 3,0, on peut tirer de l'équation (1) la valeur de $(h + H)$ en fonction de h. Si l'on attribue à h la valeur normale (4,7 km + 0,1 km) donnée par Wegener, l'altitude la plus fréquente des terrains étant de 100 m, soit 0,1 km, on trouve pour l'épaisseur $(h + H)$ une trentaine de kilomètres. Cette valeur concorde avec une des surfaces de discontinuité indiquée par les sismographes. Holmes propose aussi cette valeur (24).

On voit que les continents sont en tous cas très minces, d'après les diverses épaisseurs proposées. En admettant cette épaisseur de 30 km environ, on peut imaginer la coupe représentée par la fig. 4. C'est une coupe faite à travers l'Europe, entre la mer du Nord et la Corse, qui tient compte de la courbure de la terre. On y voit en même temps le schéma de la formation des nappes penniques, d'après Argand (14).

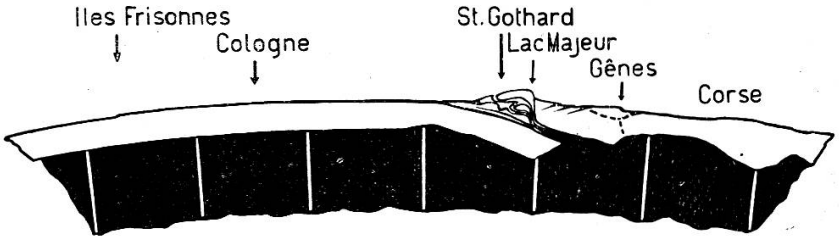

Fig. 4.

On a reproché à la théorie de la dérive le fait qu'on ne peut pas accoler les continents exactement, ce qui fait supposer qu'ils ont été tordus ou déformés après la rupture. A cette absence de concordance, on oppose la loi de permanence énoncée par Bailey Willis: depuis leur formation, les océans doivent avoir conservé le même contour. Ne devrait-on pas commenter cet énoncé en le formulant ainsi: *Tous les points limitant les océans lors de leur formation doivent se retrouver dans le même ordre pendant le cours des temps.* Il est bien entendu que les

continents, limitant les océans, doivent être pris avec leur plateau continental sous-marin. La concordance des contours se faisant vis-à-vis est frappante, et les déformations à imprimer aux continents actuels, pour pouvoir les emboîter, doivent se faire à certaines places bien caractéristiques, telles que l'isthme séparant les deux Amériques, qui doit s'être tout spécialement courbé, ou l'extrémité australe de l'Amérique du Sud, dont le mouvement a été retardé, ce qui lui a donné sa forme incurvée.

Il est à noter qu'une déformation peut, par extension, être considérée comme une « nouvelle formation »; qu'alors on peut envisager un continent déformé comme nouvellement formé, ce qui donne à la loi de permanence un facteur de non-permanence flagrante.

Personne ne peut douter de la plasticité des sédiments. Même en rejetant l'idée des nappes, on doit reconnaître que les plissements ne sont possibles que grâce à cette plasticité. Malgré leur durcissement progressif, les sédiments restent toujours un peu mous, et comme les continents sont maintenant recouverts de roches sédimentaires très remaniées, les cassures d'un sial dur sont recouvertes par les plissements de la couverture. Les sédiments ne sont pas seulement d'origine biologique (calcaires), mais détritique aussi, et avant l'origine de la vie, il ne pouvait y avoir que des formations détritiques. Celles-ci, comme nous pouvons le constater actuellement, présentent de la plasticité. Pourquoi ne pas admettre que le sial lui-même, qui a donné naissance à la matière détritique, ne soit pas un peu plastique? Car enfin toute matière non-cristallisée est en général plastique, ainsi que toute matière non-homogène. Le sial est hétérogène et en partie non cristallisé. Donc il peut se tordre avant de se disloquer. C'est ce qui expliquerait que les continents actuellement séparés ne s'emboîtent plus exactement; car on ne peut admettre que la non-concordance soit due à une érosion marine.

Wegener donne très peu de schémas montrant comment le raccord des continents peut se faire; il indique juste trois stades (2). Argand (14) a remédié à cette lacune dans ses admirables synthèses de la formation des continents. Cette synthèse très complète n'a pas besoin d'être rappelée ici, elle est assez

connue pour être présente à l'esprit de tous. Staub a également publié des schémas de ce genre (11). H. B. Baker (39) propose aussi des raccords assez ingénieux.

En définitive, les partisans des dérives respectent parfaitement la théorie de la permanence, puisqu'ils ne font pas disparaître des portions dans le contour des océans. Ce n'est pas ce que font les partisans des ponts continentaux.

D'après Wegener, les Andes et les Montagnes Rocheuses étaient dues à la résistance opposée par le sima à la dérive de l'Amérique. Si les dérives sont dues au sima lui-même, il n'oppose pas de résistance. Or c'est ce que nous avons admis. On peut nous en faire une sévère critique. C'est effectivement un point faible. Rien n'empêche d'imaginer cependant que la résistance d'inertie des masses continentales aux courants de sima ait eu comme résultat une compression de la croûte; ou encore, ce qui serait plus naturel, le mouvement d'entraînement des continents étant dû au sima sous-jacent, le sima (voir fig. 5)

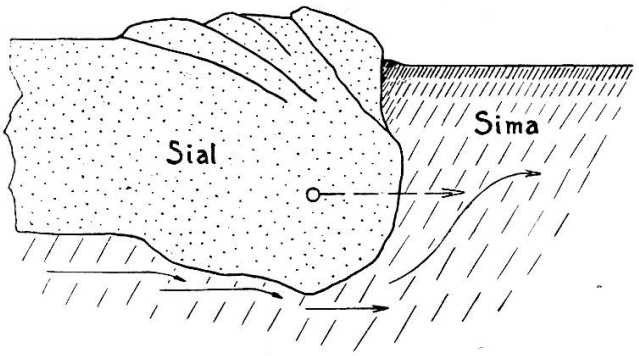

Fig. 5.

superficiel, solidifié en avant du continent oppose une résistance, soit de frottement aux courants du sima profond, soit surtout contre le continent, qui se plie, se casse et donne naissance à une chaîne en plis de fonds (Argand).

La dérive d'un continent produit un vide derrière celui-ci, vide qui peut déterminer la rupture de guirlandes de sial restées collées au sima adjacent; cela n'a lieu que si le continent en dérive ne se continue pas par une lame de sial qu'il étire par son mouvement. Dans ce dernier cas, le sima sous-jacent soulève

la lame par poussée hydrostatique et peut produire des crêtes telles que celle de l'Atlantique. Au sujet de ces guirlandes, il faut mettre au point une question mal comprise par certains auteurs: ce n'est pas du continent que naissent les forces qui le font dériver; il ne fait que réagir quand on le maltraite. Bowie (3) dit: « qu'il y a des îles reposant sur des piédestals formant de hautes crêtes sur les fonds océaniques... N'est-il pas étrange que de faibles masses de sial se séparent de larges masses en dérive et soient laissées en arrière ? Les forces qui agissent sur ces grandes masses devraient être capables de conserver l'unité du sial et empêcher que des fragments soient dispersés sur toute la surface de l'océan ». Bowie confond, en tous cas ne différencie pas, les effets des forces. Des forces capables de faire mouvoir un continent sont certainement capables de le séparer de sa bordure restée collée au sima. Les

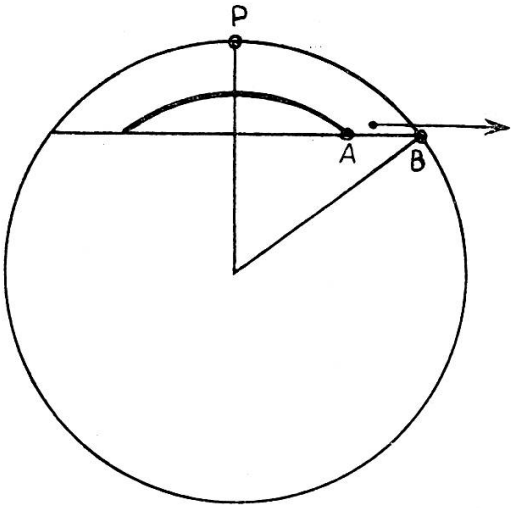

Fig. 6.

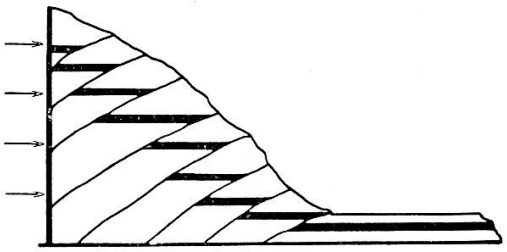

Fig. 7.

cassures des bordures se produisent avant le départ du continent et ne sont pas un effet directement connexe de la dérive.

Les guirlandes d'îles en forme d'arc et les chaînes de montagnes de même forme ont été interprétées par Ph. Lake comme étant dues à des poussées tangentielles (40). La Terre étant sphérique, une tranche se détache, ou mieux des superpositions se forment

(fig. 6 et 7): schématiquement (fig. 6), une calotte de la sphère glisse de côté et produit une protubérance en avant. Lake indique la position des sommets des calottes, qu'il appelle pôles des arcs. Ces pôles se trouveraient en gros sur deux grands cercles pour l'Asie. La fig. 7 montre comment, selon Lake, ces superpositions se forment.

Ce mécanisme suppose que les montagnes sont des plis de fond, difficilement des nappes. L'arc de l'Himalaya est reconnu pour un plissement du type alpin, et Lake se trompe probablement en lui donnant la même structure que les Montagnes Rocheuses. L'idée ne va pas à l'encontre des hypothèses exposées jusqu'ici. Lake pense qu'il s'agirait plutôt d'un mouvement du support que d'un mouvement de la calotte elle-même (« underthrusting » plutôt que « overthrusting »), et qu'il serait une conséquence de la contraction ou de la théorie des cycles de Joly. Cela ne semble pas possible, tandis que si toute une masse était en mouvement, elle pourrait parfaitement créer un tel glissement et exercer une pression répartie le long d'une ligne coïncidant plus ou moins avec sa bordure. Ce pourrait être le cas pour les arcs indiqués par Lake à l'Est de l'Asie.

Toujours en ce qui concerne les arcs de montagnes, Taylor (3) estime qu'ils ne sont pas dûs au flottage, mais au mouvement d'une masse solide et rigide sur une autre, la masse supérieure patinant sur un feuillet intermédiaire rendu visqueux (quoique pratiquement rigide) par les forces de tension horizontale qui lui sont appliquées. Ce feuillet correspondrait au substratum de basalte vitreux dont parle Daly dans son ouvrage: Our Mobile Earth. Nous ne pensons pas que ce mécanisme soit tout à fait approprié au phénomène étudié. En tous cas, si les continents ont parcouru des centaines de kilomètres, des phénomènes intenses de tension devraient se faire sentir, spécialement dans la région d'où ils sont partis. Dans cette région, on devrait retrouver la trace de leur départ, et l'on devrait constater le résultat d'une poussée, à l'avant des continents en dérive. Les figures 8 et 9 sont très suggestives, quant au mouvement des continents, et l'on y voit l'effet de eette poussée dans la formation des chaînes du type alpin.

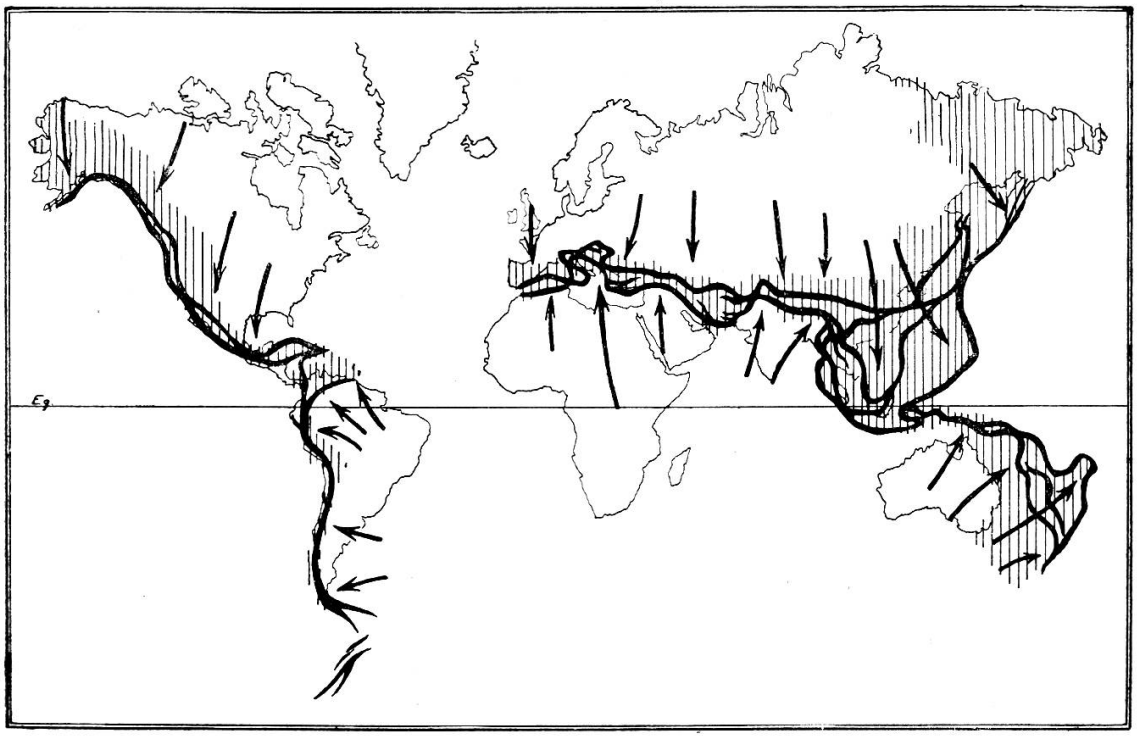

Fig. 8.

Les régions ombrées sont les régions atteintes par les plissements alpins. Les lignes noires mettent en place les principales chaînes de ce type. Les flèches indiquent quel a dû être le mouvement des continents pour déterminer la formation des plissements. Il est essentiel de noter que ces flèches indiquent une rupture, à l'emplacement du pôle Nord, du bloc continental initial, et la séparation de Gondwana en Amérique, Afrique, Madagascar, Inde, Australie. (Cette carte est dessinée d'après les données de R. Staub (11), E. Argand (14), L. Kober (15), F. B. Taylor (3), A. Wegener (2).

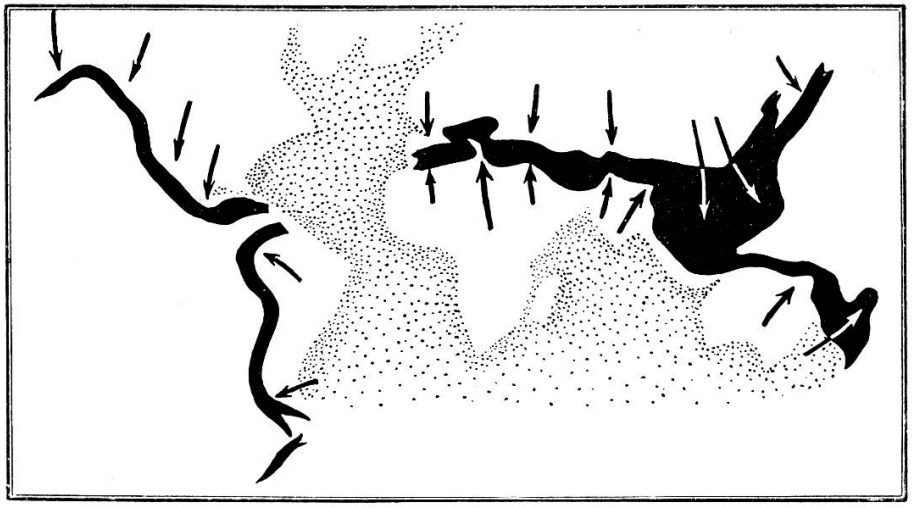

Fig. 9.

Carte schématique de la formation des plissements alpins. A comparer avec la fig. 8. En noir : formations alpines. En pointillé : les bassins de disjonction résultant de la rupture des blocs continentaux et de la dérive des continents.

Conclusion: Ce qu'explique la dérive des continents.

Si les continents étaient à l'origine reliés en un seul bloc, il était possible aux faunes de se répartir uniformément sur ce bloc. La cassure de celui-ci a déterminé l'apparition de fossés marins infranchissables, et, dès ce moment, les faunes ont dû se différencier. La notion de liaison intercontinentale doit être remplacée soit par le fait que la rupture entre les deux lèvres de sial n'avait pas encore eu lieu, soit par le fait que ces deux lèvres se sont rapprochées en se touchant momentanément, permettant ainsi à des faunes de se répartir à nouveau sur un terrain étranger, soit encore par la disparition d'une mer épicontinentale recouvrant partiellement un continent. Ainsi se résout facilement la question importante que pose la paléontologie.

Le paradoxe de la coexistence, au Permo-carbonifère, des glaces en Afrique et de la végétation luxuriante en Europe s'explique si l'on place au pôle Sud l'Afrique australe, soit le centre de la région reconnue glaciale à cette époque; la région des dépôts de charbons actuellement connus se trouve ainsi correspondre approximativement à l'équateur d'alors, ce qui explique la présence possible d'une pareille végétation. La région arctique devait à cette époque être occupée par l'océan, ce qui explique l'absence de toute trace de glaciation correspondante.

Lorsqu'on tente de rapprocher deux continents pour reformer le bloc initial, on est frappé des correspondances tectoniques qui apparaissent: les Appalaches se trouvent faire suite à la chaîne hercynienne européenne; les pampas de l'Argentine et le Sud de l'Afrique se raccordent; la bordure du Brésil et la baie du Congo également. Le continent de Gondwana se reconstruit.

La tectonique, la paléontologie, la climatologie sont en bon accord avec les dérives.

La géophysique et la mécanique sont plus exigeantes, en ce sens qu'il est difficile de justifier en tout point l'existence de ces

dérives. Mais il n'est pas de problème géophysique avec lequel la dérive soit en contradiction. L'hypothèse du déplacement des continents s'affirme de plus en plus, sans être encore satisfaisante en tous ses détails. Elle explique très bien, mieux qu'on ne l'avait jamais fait, de nombreux faits expérimentaux. Si cette hypothèse prévoit des phénomènes encore non observés, et que ces phénomènes se vérifient à l'avenir, elle pourra passer définitivement au rang de théorie.

BIBLIOGRAPHIE

1. E. Suess, *Das Antlitz der Erde* (1885).
2. A. Wegener, *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane.* 4te Ed. Braunschweig, 1929.
3. *Theory of Continental Drift.* A Symposium. The Assoc. of Petroleum Geologists. London, 1928.
4. *Problems of the Earth's Crust.* Geogr. Journ., Vol. LXXVIII, nº 5 et 6.
5. Rudzki, *Physik der Erde.* Leipzig, 1911.
6. H. Jeffreys, *The Earth, its Origin, History and Physical Constitution.* 2nd ed. Cambridge, Univ. Press, 1929.
7. R. Wavre, *Figures planétaires et Géodésie.* Gauthier-Villars, 1932.
8. W. Trabert, *Lehrbuch der Kosmischen Physik.* Leipzig und Berlin, 1911.
9. R. A. Daly, *Our Mobile Earth.* London, 1926.
10. J. Joly, *The Surface History of the Earth.* Oxford, 1925.
11. R. Staub, *Der Bewegungsmechanismus der Erde.* Berlin, 1928.
12. R. Staub, *Der Bau der Alpen.* Beitr. z. geol. Karte der Schweiz. N. F. Heft 52, Bern, 1924.
13. A. Heim, *Bau der Schweizer Alpen.* Neujahrsblatt d. Naturf. Ges. Zürich, 1908, 110. Stück.
14. E. Argand, *La tectonique de l'Asie.* C. R. du XIIIe congrès géologique international, Liége, 1924.
15. L. Kober, *Der Bau der Erde.* Berlin, 1921.
16. G. Kirsch, *Geologie und Radioaktivität.* Wien und Berlin, 1928.
17. A. Heim, *Geologie der Schweiz.* Leipzig, 1919-1922.
18. R. A. Daly, *The Earth's Crust and its Stability; Decrease of the Earth's Rotational Velocity and its geological Effects.* The Amer. Journ. of Sc., vol. 5, May 1923.
19. R. A. Daly, *Nature of Certain Discontinuities in the Earth.* Bull. Seism. Soc. of Amer., 20, nº 2, June 1930.
20. Bailey Willis, *Discoïdal Structure of the Lithosphere.* Bull. Geol. Soc. of Amer., vol. 31, p. 247, 1920.
21. Bailey Willis, *Continental Genesis.* Bull. Geol. Soc. of Amer., vol. 40, p. 281, 1929.

22. A. HOLMES, *Radioactivity and Continental Drift.* Geol. Mag., May 1928, p. 236.
23. A. HOLMES, *Contribution to the Theory of Magmatic Cycles.* Geol. Mag., July 1926, p. 306.
24. A. HOLMES, *A Review of Continental Drift Hypothesis.* The Mining Mag. April to June 1929.
25. A. HEIM, *Das Gewicht der Berge.* Jahrb. d. Schweiz. Alpenklubs, 1919.
26. Th. NIETHAMMER, *Die Schwerebestimmungen der schweizerischen Geodätischen Kommission und ihre Ergebnisse.* Verhandl. d. Schweiz Naturf. Ges., 1921.
27. L.-W. COLLET, *The Alps and Wegener's Theory.* Geogr. Journal, April 1926, p. 301.
28. L.-W. COLLET, *Sur l'âge absolu de la période postglaciaire.* C. R. Soc. Phys. Hist. nat., 40, nº 3, août-déc. 1923.
29. R. WAVRE, *Sur la force qui tendrait à rapprocher un continent de l'équateur.* Arch. des Sc. phys. nat., août 1925.
30. R. BERNER, *Sur la grandeur de la force qui tendrait à rapprocher un continent de l'équateur.* Thèse. Genève, 1925.
31. G. TIERCY, *Une note d'histoire: De l'hypothèse des translations continentales.* C. R. Soc. Phys. Hist. nat., 49, nº 2, avril-juillet 1932.
32. P. DIVE, *Rotations internes des astres fluides.* Thèse. Paris, Blanchard, 1930.
33. P. DIVE, *Viscosité du fluide terrestre dans un modèle réduit.* C. R. Soc. Phys. Hist. nat., 49, p. 247, 1932.
34. P. DIVE, *Les anomalies de la pesanteur et le flottage des continents.* Clermont-Ferrand, 1932.
35. PREY, *Ueber Flutreibung und Kontinentale Verschiebung.* Gerl. Beitr. z. Geophys., 15, Heft 4, S. 401, 1926.
36. MOHOROVIČIĆ, *Ueber Nahbeben und über die Konstitution der Erd- und Mondinnern.*
37. L. J. KRIGE, *Magmatic Cycles, Continental Drift and Ice Ages.* Proc. Geol. Soc. South Africa, 1929.
38. L. J. KRIGE, *On Mountain Building and Continental Sliding.* South Afr. Journ. of Sc. Pretoria, 1926.
39. H. B. BAKER, *The Atlantic Rift and its Meaning* (1933).
40. Ph. LAKE, *Island Arcs and Mountain Building.* Geogr. Journ., vol. LXXVIII, 2, p. 149.
41. Ph. LAKE, *Gutenberg's Fliesstheorie; a Theory of Continental Spreading.* Geol. Mag., vol. LXX, nº 825, March 1933.
42. Major E. A. GLENNIE, *Gravity Anomalies and the Structure of the Earth's Crust.* Survey of India, Geol. Branch Office, 1932.
43. P. TERMIER, *Que faut-il penser de la Terre ?* Rev. de Questions scientifiques, 1926.
44. P. TERMIER, *La dérive des continents.* Bull. Inst. Océanogr., Paris, 1924.
45. P. TERMIER, *Les déformations de la surface terrestre au cours des âges.*
46. NIETHAMMER, Astr. geod. Arbeiten in der Schweiz. Bd. 16, 1921.

47. F. Nölke, *Gibt es eine geologische Universaltheorie* ? Scientia, vol. 13, CCXLIX, Jan. 1933.
48. Schweizerische Bauzeitung. Mitteilungen; Bd. 101, nº 5, S. 62, Februar 1933.
49. Gutenberg, *Fliesstheorie*. Gerl. Beitr. z. Geophys., XVI, 239 et XVIII, 281.
50. M. Milankovitch, *Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire*. Paris, Gauthier-Villars, 1920.
51. M. Milankovitch, *Mathematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen*. Berlin, Borntraeger, 1930.
52. N. Stoyko, *Sur la mesure du temps et les problèmes qui s'y rattachent*. Thèse, Paris, 1931.
53. E. Haug, *Traité de Géologie*. Paris, Armand Colin, 1927.
54. P. Dive, *La dérive des continents et les mouvements intratelluriques*. Paris, Dunod, 1933