Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 7 (1893-1897)

Heft: 3-4

Artikel: Notes historiques sur quelques points de géologie mécanique

Autor: Girard, R. de

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-306961

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: 12.07.2025

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

NOTES HISTORIQUES

sur quelques points de géologie mécanique

PAR

le Dr R. DE GIRARD,

Professeur de géologie à l'Université de Fribourg.

Ces notes remontent à dix ans, à l'époque où j'étudiais à Paris. J'avais alors sous la main plusieurs ouvrages qui, depuis, ont disparu de la circulation et qui permettaient des rapprochements intéressants. Je retrouve ces fragments et les publie sans y rien changer.

I. Sur le degré de symétrie des réseaux polyédriques.

Chaque fois que, reprenant les idées d'Elie de Beaumont, de Green et des autres morphologistes, je me suis occupé de la forme des globes planétaires, j'ai insisté sur le fait que l'écrasement de leurs lithosphères ne saurait, en aucun cas, être poussé au-delà d'une limite relativement peu éloignée. Dans l'application à cet écrasement de la théorie polyédriste, il s'agit donc seulement d'inscrire dans le sphéroïde primitif un polyèdre approprié aux nécessités mécaniques qui ont déterminé cet écrasement. Ce polyèdre pourra posséder, dans les commencements surtout, un nombre de faces supérieur à celui de la *forme fondamentale*, dont ce sera une *forme dérivée*. De plus, ses faces pourront être *courbes*, un peu moins que la sphère elle-même; leur position sera donnée par une rotation centripète très faible autour des arcs de grands

cercles qui figureront les arêtes du solide. Il en résultera que, pendant une longue période au moins, le *polyèdre* issu de l'écrasement de la lithosphère *diffèrera très peu* du *sphéroïde* primitif dans lequel il restera inscrit.

Peu à peu, par les progrès de la concentration du noyau, le polyèdre d'écrasement ira en se simplifiant : le nombre de ses faces diminuera, tandis que chacune d'elle grandira et s'aplanira ; en un mot, la *symétrie* de ce solide *ira en s'appauvrissant :* il *tendra vers la forme fondamentale* de son système cristallographique. *A travers toutes ces transformations,* cependant, la *propriété mécanique fondamentale* du polyèdre, cette propriété essentielle qui « *l'a fait choisir* » pour représenter à *chaque instant* la figure de la lithosphère écrasée, cette propriété *sera conservée.*

C'est là un point très important et qu'il s'agit de rendre bien clair : Je dis qu'à *quelque moment* qu'on le considère, le polyèdre choisi devra satisfaire à la condition géométrique ou mécanique fondamentale *qui est la raison d'être de son choix.* Voici ce que cela veut dire :

A chaque instant de l'existence planétaire de l'astre correspond une *certaine valeur,* définie et unique, *de l'écrasement* lithosphérique. *A chaque valeur de l'écrasement* correspond aussi *un certain degré,* défini et unique, *de richesse dans la symétrie* du polyèdre d'écrasement [1]).

Cela posé, si nous considérons *à un instant quelconque* la *série des polyèdres dérivés* inscriptibles dont le *degré de symétrie* correspond à la *valeur actuelle* de l'écrasement, *celui* qui dérive de la forme fondamentale « *choisie* » pour polyèdre d'écrasement *devra être,* parmi tous les

---

[1]) D'où le phénomène des « *Echos* » d'Elie de Beaumont se produisant pour réaliser *partout* le « *réseau instantané.* »

polyèdres inscriptibles *présents,* celui qui remplira *le mieux* la condition géométrique fondamentale qui doit *déterminer dans « le choix »* du polyèdre lithosphérique.

A cette condition, et *quelle que soit la distance* qui sépare la déformation *réalisée au moment considéré* de la déformation *idéale et complète,* le *polyèdre lithosphérique instantané* sera bien le polyèdre *nécessaire et suffisant* pour satisfaire à la loi mécanique de l'écrasement.

Ce polyèdre sera la « *forme désirée* » et « *inévitable* » ; *l'ensemble de ses arêtes* constituera en réalité *le réseau des lignes de moindre résistance* de la lithosphère à *l'instant considéré* : « *Réseau instantané.* »

On voit donc que *la condition d'aptitude* du polyèdre lithosphérique à remplir son rôle mécanique ne *dépend pas de son degré de symétrie,* c'est-à-dire de sa distance à la forme fondamentale, mais uniquement de la loi constitutive de la famille de solides à laquelle il appartient, loi qui régit, à des degrés divers, les propriétés géométriques et mécaniques de la forme fondamentale aussi bien que de tous ses dérivés.

Quelqu'élevé que soit ce degré, quelque faible que soit la déformation *réalisée à un moment donné, le polyèdre instantané* n'en est *pas moins entièrement défini, nécessaire et seul possible à ce moment-là.*

Des considérations qui précèdent, il résulte *deux choses :*

D'abord, que la recherche du *polyèdre lithosphérique* terrestre *n'est pas une recherche vaine,* et que son importance *n'est nullement diminuée* par le fait que la *plasticité permanente du noyau* central *resserre,* comme l'on sait, entre des limites très étroites la *déformation* polyèdrique *possible.* En d'autres termes : *Si faible que doive rester* cette déformation, elle n'en constitue *pas moins* le phénomène fondamental de la vie du globe et il y a un intérêt scientifique majeur à en découvrir la loi.

En second lieu, et c'est là surtout que j'en veux venir : l'*école sphériste* [1]) n'a *aucun motif* pour *dédaigner* les recherches entreprises en vue de déterminer le *polyèdre lithosphérique* terrestre. En effet, *d'une part*, la *faiblesse forcée* de la déformation lithosphérique, c'est-à-dire *de l'atténuation portée à la forme sphéroïdale*, n'*enlève rien à l'importance mécanique* et géologique de cette déformation, — *d'autre part*, la faiblesse forcée de cette déformation *empêche* d'invoquer *contre sa réalité* les analogies astronomiques et les présomptions sphéristes qui en découlent.

En effet, la déformation polyédrique du globe est nécessairement renfermée entre des limites si étroites que l'aspect de notre planète, pour un observateur placé à la distance où nous le sommes des autres astres, ne saurait en être sensiblement modifié.

II. Sur les systèmes équivalents, antagonistes et compensateurs.

Par *systèmes équivalents*, j'entends, en général, deux systèmes de dislocations capables de réaliser, aussi bien l'un que l'autre, une déformation donnée, exigée par les nécessités orogéniques du temps et du lieu considérés.

Par exemple, supposons qu'il s'agisse d'augmenter la surface totale occupée par une masse rocheuse de façon que deux points, situés d'abord à la distance A B, soient finalement distants de A′ B′.

Il suffira pour cela d'augmenter la distance A B d'une quantité égale à A′ B′ — A B = a.

Or il y a deux manières de réaliser cet allongement de A B : On pourra faire naître, perpendiculairement à

---

[1]) Voyez la signification de ce terme et des autres semblables dans mes *Etudes synthétiques sur la forme de la Terre* (*Le Globe*, organe de la société de géographie de Genève, tome 37e).

A B, une grande fente F, dont la largeur soit précisément égale à a. Ou bien, on pourra créer, toujours perpendiculairement à A B, une série de petites fentes telles que f, soumises à la seule condition que la somme de leurs largeurs vaille a.

Nous avons donc ici deux systèmes de fentes : l'un constitué par la grande fissure F seule ; l'autre formé par l'ensemble des petites fentes f, qui tous deux réalisent la déformation demandée : l'allongement a de A B.

Dans ce cas, nous disons que les systèmes de fentes F et f sont *équivalents.*

Prenons maintenant un exemple tiré des phénomènes de plissements, afin de bien montrer que nos définitions s'appliquent toujours aux deux groupes de dislocations.

Reprenons la surface rocheuse de tout à l'heure et supposons qu'il s'agisse, cette fois-ci, non plus de l'agrandir mais de la diminuer ; et cela de façon à réduire la distance A B à la valeur A′ B′. Faisons la réduction a = A B — A′ B′.

Ce résultat pourra encore être obtenu de deux manières : Ou bien à l'aide d'une grande ride R, qu'on fera naître perpendiculairement à A B et à laquelle on donnera une amplitude telle que la largeur de la bande rocheuse absorbée par le plissement soit précisément égale à a [1] ; ou bien par une série de petites rides telles que r, pourvu que la somme des largeurs des bandes rocheuses absorbées par ces plissements vaille encore a.

Les deux systèmes de rides, R et r sont donc des *systèmes équivalents* puisqu'ils réalisent tous deux la même déformation : le raccourcissement a de la longueur A B.

---

[1]) C'est-à-dire telle que, par l'effet du plissement, la projection horizontale de la largeur de cette bande ait diminué de la valeur a.

Inversement, il y a des systèmes de dislocations que j'appelle *antagonistes,* dont le propre est de se neutraliser deux à deux, de sorte que la déformation qui résulte du jeu de deux de ces systèmes est nulle.

Par exemple, s'il se produit (simultanément ou successivement) un système de rides et un système de fentes, parallèles entre eux et de même intensité, la dimension transversale à ces systèmes ne sera pas modifiée ; le raccourcissement que les rides tendraient à lui infliger sera compensé par l'allongement dû aux fentes.

Ce système de rides et ce système de fentes sont donc *antagonistes* ou *compensateurs.*

Ici se place une remarque importante : Si les deux systèmes en présence sont de nature différente, c'est-à-dire si l'un est un système de plis et l'autre un système de fentes, pour que ces deux systèmes puissent se compenser réciproquement, il faut qu'ils soient de même intensité, cela va sans dire, mais en outre il faut qu'ils soient *parallèles entre eux.* En effet, la déformation produite par chaque système porte sur la dimension transversale à la direction moyenne du système. Il faut donc que cette dimension transversale soit la même pour les deux systèmes, afin que les déformations se neutralisent. Or cette condition n'est remplie que si les deux systèmes sont parallèles entre eux.

Telle est la condition d'antagonisme pour des systèmes de dislocations de nature différente, contenus dans un plan.

Si, par contre, ces systèmes sont placés sur la surface d'une sphère, la condition d'antagonisme est plus compliquée. Les deux systèmes devront alors être dirigés tous deux selon les méridiens, ou tous deux selon les parallèles de la sphère. Il y aura lieu, alors, de considérer le grand cercle moyen de chaque système qui

prendra le nom de *grand cercle de comparaison* du système.

Si les deux systèmes en présence sont de même nature, c'est-à-dire tous deux des systèmes de plis ou tous deux des systèmes de fentes, leur action combinée ne sera plus nulle et la déformation résultante aura toujours une certaine valeur.

Par exemple, l'effet de deux systèmes de plis sera toujours une diminution de surface ; celui de deux systèmes de fentes en sera toujours une augmentation.

Si les deux systèmes sont parallèles, leur action s'ajoutera pour modifier la dimension transversale commune.

Il y a cependant un cas où deux systèmes de même nature pourront être *compensateurs,* c'est le cas où ces systèmes seront dirigés à angle droit l'un sur l'autre. Ils forment alors ce que Elie de Beaumont appelait un *trait carré.*

Mais la compensation que ces deux systèmes pourront exercer l'un envers l'autre sera d'une nature spéciale. Il ne pourra plus être question de conserver à la surface son étendue primitive ; elle sera nécessairement augmentée ou diminuée selon que les systèmes seront des fentes ou des plis.

La compensation aura alors pour effet de transformer la figure sur laquelle agissent les systèmes en une *figure semblable.* Par exemple, une sphère déformée par deux systèmes compensateurs changera de rayon tout en demeurant finalement une sphère. Le renflement ou l'aplatissement produit d'abord par l'un des systèmes aura été compensé ensuite, grâce à l'autre, par un renflement ou un aplatissement équivalent, selon le diamètre perpendiculaire.

Ces considérations fort simples trouvent leur applica-

tion dans l'étude de la forme des planètes et dans la critique des théories opposées que j'ai appelées *sphériste* et *polyédriste* [1]).

III. Sur l'application aux fractures de la notion des « systèmes de montagnes » d'Elie de Beaumont.

On a signalé à plus d'une reprise la dépendance où sont les failles par rapport au système orogénique dominant dans la région.

Cette dépendance est facile à comprendre, dans le cas général, si l'on se rappelle que le *principe de direction*, dérivant du groupement de toutes les dislocations d'une région autour du *grand cercle de comparaison* du fuseau qui embrasse cette région, est la loi orogénique la plus générale.

Mais on peut aller plus loin et montrer la réalité en même temps que la nécessité de cette dépendance dans les deux groupes entre lesquels se partagent toutes les dislocations, au point de vue de leur direction : les *dislocations illimitées ou linéaires* et les *dislocations localisées ou circulaires*.

Pour ce qui regarde le premier groupe, je vais reprendre mon assimilation d'une chaîne de montagnes à un faisceau de lames flexibles.

J'ai fait voir déjà comment l'action des massifs anciens résistants, en forçant le faisceau à se courber, détermine l'écartement des lames ou plis qui le composent et fait naître un système de fractures parallèles à la courbe moyenne du faisceau. Ici donc la subordination est évidente entre la direction des fractures et celle du faisceau ou système de montagnes dont elles dépendent.

---

[1]) Le Globe, *loc. cit.*

Dans le second cas, les fractures forment un réseau polygonal sur les limites d'une aire d'affaissement. Cette aire d'effondrement correspond à un voussoir de la lithosphère animé d'un mouvement centripète individuel, limité, selon la remarque d'Elie de Beaumont [1], par un certain nombre de grands cercles du réseau général et fractionné, en outre, par d'autres cercles, dérivant comme les premiers, bien qu'à un titre secondaire, de la symétrie orogénique générale que nous savons être tétraédrique.

Ici encore, et quel que soit d'ailleurs le degré jusqu'où la fissuration aura été poussée dans chaque voussoir individuel, le système des fractures résultantes nous apparaît comme nécessairement subordonné aux mouvements généraux de la région et rien ne s'oppose à ce qu'une aire d'affaissement formant une *unité orogénique* complète prenne le nom de *système de montagnes* au même titre qu'un système de rides. L'un et l'autre ne sont pour nous que des manifestations, souvent équivalentes, d'un *état orogénique localisé*, ce qui correspond adéquatement à l'idée qu'Elie de Beaumont se faisait d'un *système de montagnes*.

Dans les deux cas, cette subordination de la direction des fractures à la direction moyenne du système orographique dont elles dépendent peut être troublée par des causes perturbatrices locales. Elle ne disparaît pas pour autant et si l'ensemble d'une faille cesse de présenter cette direction idéale, elle se retrouve au moins dans les parties les plus béantes de la fissure.

C'est ce qui résulte d'une remarque que Moissenet avait déduite de ses études sur les filons de Cornouaiilles

---

[1]) Notice sur les systèmes de montagnes, p. 1258.

et qu'il énonce comme suit [1] : « *Les parties riches des filons sont souvent orientées selon la direction du système stratigraphique* (pour nous « *orographique* ») *auquel se rapporte la fracture initiale du filon, dans la région soumise à l'observation.* »

Il y a, dans ce fait, une indication extrêmement intéressante sur les rapports existant entre les forces orogéniques actives et les résistances passives que leur imposent souvent les conditions locales. On voit, en effet, que ces résistances sont capables de dévier souvent beaucoup le sens dans lequel les forces orogéniques, livrées à elles-mêmes, tendraient à développer les dislocations qu'elles produisent. Néanmoins, c'est toujours dans le sens primitif, idéal, le plus approprié au but, que se produisent les plus grandes déformations, témoin l'exemple actuel où les parties d'un filon qui sont le plus voisines de la direction idéale sont aussi les plus riches, c'est-à-dire les plus larges, c'est-à-dire encore celles où l'effort de fendillement a pu atteindre son maximum.

On pourrait facilement trouver dans les dislocations du genre *plissement* des exemples frappants de l'application de ce principe qui est général, mais nous n'en finirions pas si nous voulions scruter à fond toutes les questions qui se présentent sur notre chemin.

IV. Sur le système des « Echos » d'Elie de Beaumont.

Après avoir fait remarquer la dépendance nécessaire de la direction des fractures relativement à celle du système de montagnes dont elles dépendent, Elie de Beaumont ajoutait que l'influence directrice d'un système de montagnes peut se faire sentir jusque dans des ré-

---

[1]) Parties riches des filons, p. 26.

gions extrêmement éloignées de celle qu'il occupe. On sait, en effet, qu'il rapportait à un seul et même système toutes les dislocations parallèles disséminées à la surface de la terre, quelqu'éloignées qu'elles fussent. Il considérait alors un champ de fractures présentant plusieurs directions de filons comme ayant subi le contrecoup de la formation de tous les systèmes de montagnes correspondants, quelqu'éloignés qu'ils fussent, je le répète, de ce champ de fractures.

Plusieurs géologues ont voulu voir dans cette conception une des nombreuses exagérations auxquelles le *principe de direction*, soutenu envers et contre tout, a conduit son illustre auteur.

Pour nous, nous nous garderons de jeter à la légère une telle accusation à un génie sans l'impulsion duquel la géologie mécanique serait peut-être encore à naître, et nous voyons dans cette idée d'Elie de Beaumont l'expression d'une loi certaine et primordiale, qu'il avait comprise comme lui seul était capable de le faire; seulement nous croyons que l'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes* a mal rendu sa pensée.

Aussi nous suffira-t-il d'en modifier très peu la forme pour la mettre d'accord avec l'ensemble de nos idées modernes. Il nous suffira de dire que les systèmes de fractures entrecroisées que présentent la plupart des champs de filons sont des systèmes *réciproquement compensateurs* dont la production a pu avoir un but orogénique *prochain* ou *éloigné.*

Le *but prochain* d'un tel système consiste, comme nous l'avons dit ailleurs, à concentrer sur un espace limité tout l'effet d'une impulsion orogénique donnée en l'empêchant de se propager au-delà. Nous pensons que tel a dû être le cas le plus fréquent.

Mais il y a aussi le *but éloigné* qui consiste à rassem-

bler, sur un espace limité, deux ou plusieurs systèmes compensateurs dont le but est d'équilibrer des déformations qui peuvent avoir une amplitude et un développement considérables et se faire sentir jusque dans des régions très éloignées du champ de fractures considéré. Il y a moyen de donner à ces systèmes compensateurs des dimensions telles que leur action soit la même, qu'ils soient concentrés dans la même région ou au contraire disséminés sur de beaucoup plus grands espaces. C'est une question de concentration ou de répartition uniforme de l'énergie, dans le genre de ce qui se passe pour les fractures ramifiées ou groupées en faisceaux parallèles.

Or, nous pensons que c'est la réalisation de ce *but éloigné* qu'Elie de Beaumont avait en vue. En effet, il avait parfaitement compris que l'une des propriétés caractéristiques des *systèmes de montagnes*, ou des fuseaux disloqués, ce qui est synonyme, était la tendance à la compensation réciproque, lorsqu'il disait [1] :

« Dans un refroidissement longtemps continué, comme celui du sphéroïde terrestre, le phénomène de la formation d'une ride ou d'un système de rides par l'écrasement transversal d'un fuseau a dû se répéter un grand nombre de fois ; mais comme chaque fois qu'il s'est produit, *il a laissé au sphéroïde un certain allongement,* très petit à la vérité, *dans le sens du diamètre qui joint les deux pointes du fuseau, les positions des fuseaux qui ont été comprimés successivement ont dû être en rapport* (de compensation) *les unes avec les autres.* »

C'est absolument ma théorie des systèmes compensateurs, lorsque, parlant de la compensation par *systèmes de plissements,* je faisais voir que ces systèmes, ne

---

[1]) *Notice,* page 1245.

pouvant se croiser comme les systèmes de fentes, ont dû se produire successivement.

Pour justifier l'emploi de cette citation relative aux plissements, ici où il est question des fractures, il suffit de rappeler à tous ceux qui ont lu la *Notice sur les systèmes de montagnes* qu'Elie de Beaumont, attribuant, comme nous, les deux genres de dislocations au même groupe d'actions, les comprend sans cesse ensemble et étend toujours, implicitement, toutes ses conclusions aux deux groupes sans distinction.