

Subductions cisailantes dans les Alpes : leur mécanisme

Autor(en): **Amstutz, André**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences [1948-1980]**

Band (Jahr): **30 (1977)**

Heft 2

PDF erstellt am: **10.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-739816>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

SUBDUCTIONS CISAILLANTES DANS LES ALPES ; LEUR MÉCANISME

PAR

André AMSTUTZ

Le terme subduction est entré dans le langage courant, mais les notions nouvelles qu'il implique n'ont pas encore été bien assimilées. Elles sont donc récapitulées ci-dessous. Tout d'abord, le mécanisme qui transmet vers les hauts de l'écorce terrestre l'énergie des courants subcrustaux, au travers de zones de moins en moins rhéomorphiques, par le jeu de forces mouvantes ou de forces latentes, de tensions, d'effort tranchant. Puis, le déclenchement d'un cisaillement lorsque la résistance cède, et les conséquences prédestinées de la subduction: dépression longitudinale d'un côté, surélévation de l'autre, suivie d'écoulement dans la dépression, amplifiant beaucoup le débet de nappe créé par le cisaillement. Aussi, le laminage-étirement sous la surface de cisaillement, avec schistosité de subduction, et conjointement des compressions et des coupures au-dessus (apparaissant clairement dans les Alpes, mais à rechercher encore dans les autres chaînes comportant des nappes). Enfin, quelques considérations sur le total des contractions de l'écorce terrestre lors de l'orogénèse alpine; approximativement 30%, d'après douze coupes dessinées pour l'Ossola-Tessin et quatorze coupes pour le segment valaisan-valdotain (et non 65-75% comme on l'imagine encore maintenant).

The term subduction is now generally used, but the new notions it implies have not yet been well assimilated. Therefore they are here recapitulated. First, the mechanism that transmits to the upper parts of the earth crust the energy of subcrustal currents, through parts which are less and less rheomorphic, by means of moving forces or latent ones, strains, stresses, shearing effort. Then, the release of a shearing action when resistance snaps, and the preordained consequences of the subduction: depression on one side, rising on the other, with subsequent flow into the depression, greatly amplifying the embryonic nappe created by the shearing. Also, the laminating-stretching under the shearing's surface, with subduction schistosity, and conjointly compression above (appearing very clearly in the Alps, but still to be found in other chains with nappes). Lastly, some considerations on contraction at the time of the Alpine orogenesis; nearly 30%, according to twelve sections for Ossola-Tessin and fourteen for the valaisan-valdotain segment (and not 65-75% as still now imagined).

Pour désigner un phénomène fréquent dans l'orogénèse alpine, j'ai composé pour des publications parues en 1951 et 52 le terme *subduction*. Approuvé par M. Gignoux en 1952, ce terme fut aussi agréé par l'Académie des sciences dans le titre de notes présentées par Pierre Pruvost en 1955 et 57. Depuis lors, les géologues de l'Esso l'ont adopté et montré en même temps leur intérêt pour mon travail dans les Alpes (Bul. geol.Soc.Amer., vol.81, p.3431, 1970). Maintenant, grâce à leur initiative, le terme est généralisé; il est passé dans le langage courant.

Mais, dans l'état actuel de la tectonique, ce qui importe évidemment beaucoup plus que l'adoption d'un néologisme, aussi juste et pratique soit-il, c'est d'assimiler les notions nouvelles qu'il comporte; c'est de bien comprendre le mécanisme qu'il implique, et de coordonner d'une manière complète les divers facteurs intervenant

dans une subduction. Voyons donc ci-dessous comment ces facteurs doivent être logiquement coordonnés, en nous aidant de principes de la mécanique rationnelle et en voyant dans les courants subcrustaux la seule hypothèse raisonnable pour la cause primordiale des orogénèses.

A la base de l'écorce terrestre il existe probablement une zone de transition graduelle* où viscosité et friction transmettent aux masses rocheuses sus-jacentes une partie du mouvement des courants subcrustaux. De ces masses basales, particulièrement rhéomorphiques, ce mouvement, cet entraînement se transmet sans doute de proche en proche jusqu'aux masses sus-jacentes non rhéomorphiques, en créant des tensions si ce n'est des mouvements. Or, sous les orogènes, à tous les stades de leur évolution, la convection des courants qui suivent la sous-face de l'écorce terrestre se fait dans le sens descendant; qu'il s'agisse de courants initiaux provenant de différences d'épaisseur entre avant-pays et arrière-pays, ou de courants en sens inverse engendrés par la formation d'un bourrelet (Rittmann et d'autres l'ont démontré, et autour du Pacifique les séismes le démontrent aussi). Il se crée donc, au-dessus des courants subcrustaux, une multitude de mouvements effectifs ou sinon de tensions, de forces latentes à composantes horizontale et verticale, à peu près parallèles au courant magmatique.

En face de ces forces à direction plus ou moins descendante tendant à modifier l'état structurel préexistant, s'opposent des forces s'appuyant sur l'avant- ou l'arrière-pays, sises hors du champ d'action du courant, et ne comportant donc pas, elles, de composante verticale. Or, lorsque des forces s'opposent non pas en sens strictement inverse mais avec une différence angulaire dans leurs directions, il se crée non pas un simple écrasement, mais ce que l'on dénomme en mécanique rationnelle un *effort tranchant*, une tendance au cisaillement. Il y a donc là un état de choses qui ne peut durer: un ensemble de forces mouvantes dans les parties rhéomorphiques de l'écorce terrestre, et simultanément une accumulation de tensions dans les parties relativement rigides sus-jacentes. Une rupture sous forme de *subduction cisailante* dans les hauts, et conjointement une augmentation rapide des translations quasi-fluidales dans les bas, doivent évidemment s'ensuivre, se déclencher lorsque la résistance de l'écorce terrestre cède à cette accumulation de tensions, dans un laps de temps inférieur au *temps de relaxation*.

Dès lors, voyons ces trois groupes de faits connexes d'une subduction.

1. Une subduction, cisailante dans les hauts de l'écorce terrestre, rhéomorphique dans les bas, produit évidemment une dépression longitudinale d'un côté de la surface plus ou moins inclinée de cisaillement, et de l'autre côté une surélévation, puisque les masses entraînées obliquement en profondeur, sous la surface de cisaillement, augmentent là l'épaisseur de l'écorce terrestre et tendent à soulever les masses se trouvant au-dessus. Cette double cause de dénivellation crée donc, dès la naissance d'une subduction cisailante et au fur et à mesure de sa progression, des écoulements

* Entre roche holocristalline et magma complètement fondu, doivent exister: une roche avec film intergranulaire fondu, roche avec fusion interstitielle, du magma chargé de phénocristaux.

qui allongent, qui amplifient *beaucoup* (sans rétrécissement de l'orogène!) la nappe originelle résultant de la subduction. *Phénomène primordial* pour la subduction cisailante, *phénomène complémentaire et amplificateur* pour les écoulements subséquents, qualifient donc très bien ces diastrophismes. (Fait concomitant: en même temps qu'ils progressent, ces écoulements tendent à rétablir l'équilibre gravifique, isostatique perturbé par la subduction.)

2. Avant qu'un *effort tranchant* atteigne le paroxysme qui déclenche une subduction cisailante, il se fait dans la masse basale surmontant le courant subcrustal une série de mouvements qui se transmettent par friction dans les masses de moins en moins rhéomorphiques sus-jacentes, avec une atténuation des mouvements mais une augmentation des tensions, une augmentation des forces latentes, qui ne créent pas encore de mouvements importants dans les hauts, mais qui transforment cependant les roches et les rendent schisteuses, par des myriades de glissements microscopiques et de recristallisations concomitantes. Ainsi s'opère, à mon sens, le début de ce qui doit être dénommé *schistosité de subduction*, début antérieur au cisaillement. Lors du déclenchement de celui-ci, cette schistosité initiale doit, bien entendu, s'accroître beaucoup; un laminage avec étirement concomitant se produisant alors entre la masse mobile surmontant le courant magmatique et la masse immobile, pesante, surmontant la surface de cisaillement. Pour la masse pesante, maintenue stationnaire par son appui contre l'avant- ou l'arrière-pays, et plus ou moins comparable à un sabot de frein, deux genres de conséquences doivent se manifester à sa base: des coupures de strates par le cisaillement (avec des angles variant de 0 à 90°) et des compressions provoquées par friction et résistance au mouvement sous-jacent (plis ou simple froncement, imbrication). En somme, ce qu'il importe maintenant d'observer en d'innombrables endroits des Alpes.

Cette juxtaposition de laminage-étirement et de compression connexe de part et d'autre de la surface de cisaillement, est un phénomène général dans les Alpes, mais c'est particulièrement dans les nappes simploniques qu'on le voit très clairement. Entre Domodossola, San Lorenzo et Arza notamment, apparaissent admirablement: au-dessous du cisaillement, la schistosité de subduction caractérisant le dos de la N. Monte Leone; et au-dessus, les coupures de strates et les plissements caractérisant la base de la nappe Verosso-Berisal.* De même, dans le Val Diveria et dans le Val d'Antigorio, la schistosité de subduction marquant dans toute son épaisseur la mince nappe Lebendun; et celle de la nappe Antigorio, intense au dos de la nappe mais diminuant graduellement de haut en bas; et encore, la schistosité de subduction de la fenêtre de Verampio. Et les phénomènes du même genre du Val Vigizzo; ceux de la Mesolcina et du Val Calanca, également nets.

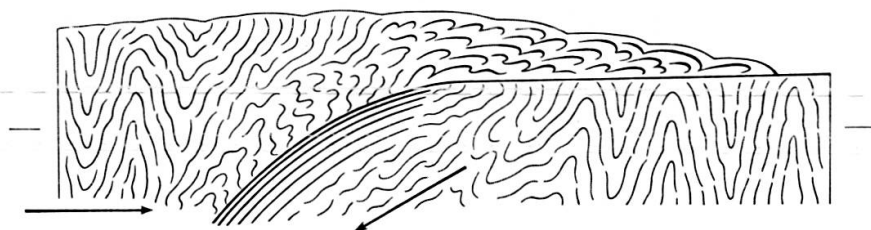
* Près d'Arza notamment, apparaissent de tels plis et froncements, admirablement nets, que j'ai décrits en 1954 et que j'ai montrés peu après à M. Vonderschmitt, président de la Commission géologique suisse. Et en maints autres endroits, de tels plis. Quant aux coupures de strates St-Bernard/Mont-Rose par la première des subductions simploniques, elles apparaissent admirablement dans le Val Bognanco (voir coupe Gondo-Camughera dans *Eclogae geol. Helv.*, vol.64/1, 1971), dans le Val Vigizzo et dans les alentours de Roveredo (voir carte dans *Arch.Sci. (Genève)*, vol.28, 1975).

Mais, si ce corollaire des subductions cisaillantes apparaît clairement dans les Alpes, ne doit-on pas le retrouver dans toutes les chaînes comportant des nappes ? Ce phénomène inhérent à la tectogénèse alpine, n'est-il pas, logiquement, inhérent à toutes les subductions cisaillantes de l'écorce terrestre ? Cette question, je serais heureux que M. Gansser et d'autres connaisseurs de plusieurs chaînes de montagnes veuillent bien l'envisager.

3. Puisque dans les hauts de l'écorce terrestre, une subduction cisaillante crée une dépression d'un côté du cisaillement, une surélévation de l'autre (et en conséquence un écoulement dans la dépression, amplifiant beaucoup la nappe originelle), cette subduction doit forcément produire dans les bas : soit un bourrelet initial et consécutivement un second courant, de sens inverse ; soit une modification d'un bourrelet préexistant, créant *certainement* une variation d'inclinaison de la résultante des forces d'entraînement des courants magmatiques en action sous les deux flancs du bourrelet. Dès lors, ces mouvements et ce bourrelet impliquant évidemment un rétrécissement, une contraction de l'écorce terrestre en cette zone, quel a pu être le total des contractions à la fin des multiples subductions cisaillantes et *subductions souples* dont résulte l'orogène alpin ?

Quelques auteurs, s'attachant à estimer des « serrages » (probablement en déroulant des plis avec un curvimètre), avancent des proportions variant de 65 à 75%. Ont-ils pensé à la profondeur fantastique de bourrelet sialique (160 à 220 km) que ces nombres impliquent ?

Quant à moi, j'ai simplement pensé à toutes les notions exposées ci-dessus, et j'ai dessiné douze coupes rectifiées schématisant l'évolution de l'écorce terrestre dans le segment Ossola-Tessin pendant le cycle alpin, et quatorze coupes dans le segment valaisan-valdotain ; et j'ai compris alors que le domaine alpin a passé transversalement, dans ces segments, d'environ 200 à environ 140 km ; soit une contraction ne dépassant pas ou guère 30%, très différente de ce qui a été imaginé jusqu'à présent.



Une subduction cisaillante dérivant d'un effort tranchant, implique : un laminage-étirement et une «schistosité de subduction» sous la surface de cisaillement, des coupures et des compressions au-dessus, et un écoulement subséquent dans la dépression créée par la subduction.

- AMSTUTZ, A. (1952): *Inversion dans la tectogénèse des Pennides*. CR.Ac.sc. 234, 1895.
 - (1955): *Subductions successives dans l'Ossola*. CR.Ac.sc. 241, 967.
 - (1957): *Subductions et nappes simploniques*. CR.Ac.sc. (Paris) 243, 2531.
 - (1966): *Le domaine alpin s'est-il beaucoup contracté lors de sa tectogénèse?* CR.Ac.sc. 262, 1414.
 RITTMANN, A. (1963): *Les volcans et leur activité* (pages 364, etc.).
 WHITE, ROEDER, NELSON, CROWELL (1970): *Subduction*. Bull. geol. Soc. Amer., 81, 3431.