Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 46 (1966)

Heft: 2

Artikel: La symétrie comme critère génétique en géochimie et en gîtologie

Autor: Amstutz, G.C.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-36127

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: 15.07.2025

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

La symétrie comme critère génétique en géochimie et en gîtologie*)

Par *G. C. Amstutz* (Heidelberg)**)

Avec 3 figures dans le texte

Summary. It is shown that the study of ore deposits is lacking in many cases a systematic geometric comparison of the ore matter with the geometric properties of the common rock and with known geologic processes. This comparison is actually a study of symmetry. SANDER has long ago emphasized that in petrology there must be symmetry relations between cause and effects. (But economic geology has prefered to stick to its traditional mythic dogmas.) The classical crystallographic system may be used as well as that of symmetry of similarity (re. SHUBNIKOV, 1961). The genetic meaning of this type of mathematical study is briefly illustrated. It is suggested that this will be the next step towards interpretations in ore genesis which are less contradictory, i. e., towards a higher degree of objectivity.

Zusammenfassung. Es wird auf die genetische Bedeutung von Symmetriebetrachtungen hingewiesen, wobei nicht nur die klassische Symmetrie, sondern auch die erst neuerdings von SHUBNIKOV (1961) wieder aufgegriffene und systematisch erfasste Ähnlichkeitssymmetrie herangezogen werden muss.

Während diese mathematische Betrachtungsweise zuerst selbstverständlich und einfach erscheint — ist ja doch die Ähnlichkeitsfeststellung die Voraussetzung von allem naturwissenschaftlichen Arbeiten schlechthin —, ist bei näherem Zusehen ihr Ausschluss aus vielen erzgenetischen Überlegungen schuld an der heute noch weit verbreiteten, an Mythen erinnernden Theorie der späteren mimetischen Imbibition. Es ist wohl kaum möglich, die wahre Genese zu bestimmen ohne Benützung des logischen Weges, d. h. ohne den in allen Naturwissenschaften üblichen Weg des systematischen geometrischen Vergleiches mit bekannten Vorgängen.

La situation dans laquelle on se trouve à présent en discutant la genèse de beaucoup de gîtes métallifères est la suivante: il existe au

---

* Basé sur une communication présentée à Strasbourg, avril 1965, Geol. Vereinigung.

** Adresse: Prof. Dr. G. C. Amstutz, Mineralog.-Petrograph. Institut der Universität, Hauptstrasse 47—51, D-69 Heidelberg.

moins quatre théories génétiques différentes, qui ne s'opposent pas seulement à propos des dépôts de cuivre natif du Michigan, comme nous l'avons déjà montré (fig. 1), mais aussi au sujet de la plupart des gîtes à faible concentration dans les roches éruptives, métamorphiques et sédimentaires. La question essentielle nous paraît être la suivante: quelles sont les méthodes qui nous feront sortir de ces interprétations contradictoires?

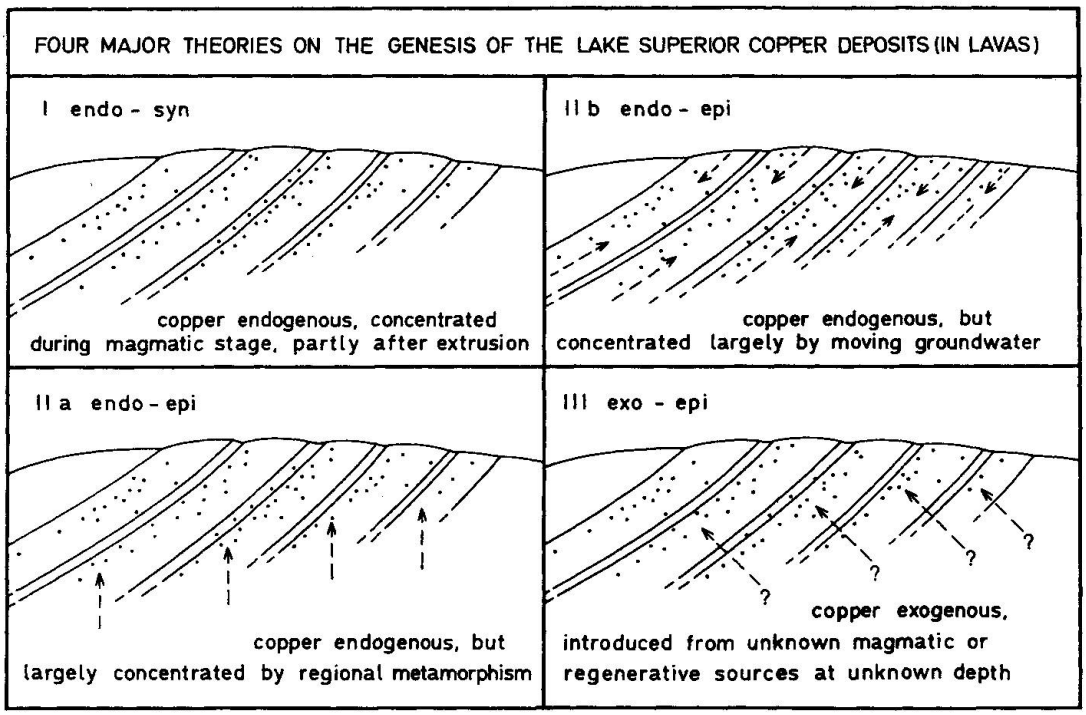

Fig. 1. Les quatre théories de la genèse des gîtes de cuivre natif du Michigan (comparer AMSTUTZ, 1958).

Il y a quelques années, l'auteur a proposé d'appliquer la congruence, c'est-à-dire la coïncidence géométrique, comme critère génétique (1958). La figure 2 montre l'application de ce principe au gisement de cuivre natif du Michigan.

Mais le terme de congruence ou concordance géométrique n'est pas assez exact. Il faut le préciser. Nous proposons donc d'utiliser la terminologie classique de la symétrie et, en particulier, celle de la symétrie de similitude; dans cette voie, nous allons suivre SHUBNIKOV (1960). La théorie de la symétrie de similitude est assez simple: elle comprend les

Observations					Interpretations
Primary lava features (F)	Space of features (S)		Mineralogic composition (M)	Texture or "geometry" (G)	Primary T–P slopes or gradients
F_1 flow lines and layers in lava	ΔS_1	$\cong$	ΔM_1	$\cong$ ΔG_1	Coincidence or congruence of space changes (i. e. geometric changes, i. e. of size, shape, texture, structure, symmetry, etc.) and of compositional, i. e. mineralogical changes $\frac{(\Delta M, \Delta G)}{\Delta s} = \frac{f(\Delta p, \Delta t)}{\Delta s}$
F_2 lava dikelets in lava (2 ore more generations)	ΔS_2	$\cong$	ΔM_2	$\cong$ ΔG_2	
F_3 breccia pieces and matrices (2 or more generations)	ΔS_3	$\cong$	ΔM_3	$\cong$ ΔG_3	
F_4 amygdales and amygdules (sizes and shapes)	ΔS_4	$\cong$	ΔM_4	$\cong$ ΔG_4	
F_5 micro-fabric of lava in general	ΔS_5	$\cong$	ΔM_5	$\cong$ ΔG_5	
F_6 micro-fabric around amygdales and amygdules	ΔS_6	$\cong$	ΔM_6	$\cong$ ΔG_6	
F_7 gravity or geopetal features at all scales	ΔS_7	$\cong$	ΔM_7	$\cong$ ΔG_7	

Fig. 2. Etude de la congruence des unités de texture dans les dépôts de cuivre du Michigan (présentée d'abord dans une communication d'Amstutz et Dorai-Babu, 1961, Geol. Soc. Am., à Denver; résumé publié).

32 classes traditionnelles de symétrie, plus quatre classes nommées K, L, M, N, par Shubnikov.

La classe ou opération K concerne simplement la symétrie de congruence par agrandissement ou réduction. Elle est illustrée par la figure 3 de Shubnikov (1960).

La classe ou opération L (expliquée par les fig. 4 et 5 du même travail) comprend une rotation et une translation.

La classe ou opération M comporte une symétrie suivie d'une translation (fig. 10 et 11, dans SHUBNIKOV).

Les classes K, L, M se réfèrent seulement à deux dimensions, tandis que l'opération suivante, appelée N, comprend aussi la troisième dimension.

En géochimie, c'est la symétrie de la répartition des éléments et des minéraux qui nous intéresse surtout, par exemple celle de la distribution des sulfures dans les gisements stratiformes. L'application systématique de ces opérations de similitude à toute forme géométrique observée dans la nature ou mesurée au laboratoire nous permet de déduire des relations génétiques avec assez de précision.

La liste suivante donne des exemples de domaines ou de propriétés géométriques qui doivent être soumis à une analyse de leur symétrie:

1. Forme géométrique du dépôt et de la roche à grande échelle: 10—100 m.
2. Orientation des grains (minéraux et minerais; „Gefügeanalyse") et des unités géométriques de la roche et du dépôt.
3. Diamètre des grains (minéraux et minerais).
4. Forme des grains (minéraux et minerais).
5. Histogrammes de la répartition des éléments de traces ou de la composition isotopique.
6. Distribution de propriétés physiques.

On voit, d'après cette liste, que naturellement beaucoup de comparaisons simples ont déjà été faites. Elles constituent même les méthodes habituelles de la géochimie et de la „Gefügekunde", mais elles ne sont pas appliquées systématiquement à la gîtologie (terme court utilisé par ROUTHIER, 1963, dans son traité moderne). C'est pour cela, peut-on supposer, que la genèse d'un très grand nombre de gîtes se trouve encore âprement discutée.

Comme exemple, nous citerons les dépôts de sulfure de plomb de la vallée du Mississippi. Les photos et les dessins représentant la répartition de la galène dans ces formations stratifiées nous montrent tous la concordance parfaite de tout un groupe de structures sédimentaires comme des récifs organiques, des chenaux sous-marins d'érosion, des glissements sous-marins, etc. Les diagrammes d'orientation, identiques à ceux de la „Gefügekunde", présentent une similitude presque complète entre eux. La même chose se retrouve à l'échelle des grains: de nouveau la coïncidence, c'est-à-dire la symétrie de similitude, est parfaite. On observe que la distribution des sulfures de fer, de cuivre, de nickel et de plomb est parfaitement identique ou symétrique à celle des couches et des structures géopétales (voir par exemple BUCKLEY, 1909; AMSTUTZ, 1958, 1964, 1966).

Le résultat de cette étude précise en principe l'esquisse publiée en 1958, fondée précisément sur la notion de la congruence. Ces résultats frappants apportent une des bases logiques et solides de la nouvelle théorie qu'on peut appeler „la théorie pétrographique et géochimique de la genèse des gîtes minéraux".

Une représentation simplifiée en est donnée par la fig. 3. Les petits diagrammes dans la colonne centrale, entre les schémas des gisements, ont été empruntés à la publication sur la congruence (1958) mentionnée

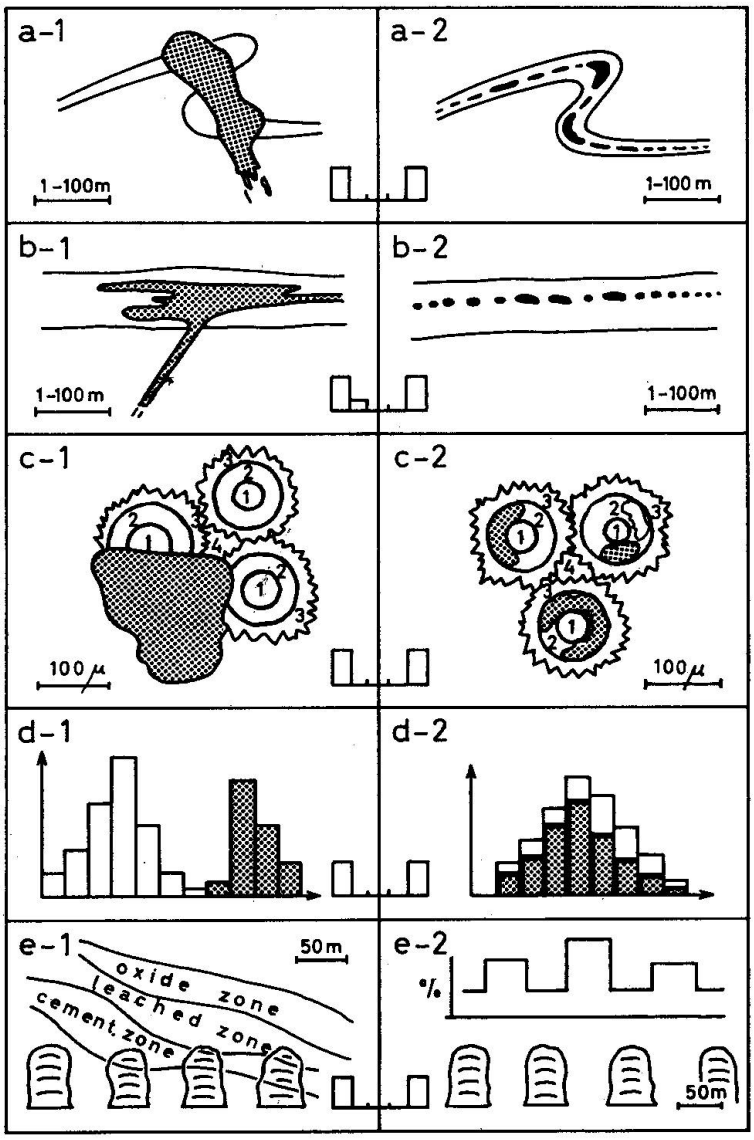

Fig. 3. Exemples de congruence ou de symétrie parfaite (à droite) et de l'absence de cette propriété (à gauche). (D'innombrables exemples pourront être cités; celui de c-2 est pris de Park dans Amstutz et al., 1964; celui de e-2 de Malan, 1964, p. 413.)

plus haut; ils montrent les deux maxima de fréquence des types de congruence et une absence de transition qui ne permet guère de lier génétiquement les deux types de gisements représentés à gauche et à droite. Comme on l'a déjà souligné en 1958, la congruence parfaite dans les schémas de droite (c'est-à-dire a-2 à e-2) indique une formation simultanée de la roche encaissante et du gîte. A gauche, en revanche, l'absence de congruence — ou ce qui est au fond la même chose, l'absence de symétrie — indique que les causes génétiques sont différentes. En effet, beaucoup de phénomènes, on le sait, se succèdent et se superposent dans le temps; la fig. 3 e-1 en fournit un exemple. (Il faut ajouter ici que le métamorphism produit des transitions graduelles, mais qu'ils ne sont jamais complètes.)

Enfin, il nous faut justifier l'hypothèse que la symétrie parfaite est, en règle générale, une preuve de la contemporanéité de formation de la roche encaissante et du gîte et que l'absence de symétrie prouve qu'un apport épigénétique a eu lieu, sous l'effet par exemple de solutions minéralisantes. Cette hypothèse trouve sa justification dans une étude détaillée de la symétrie des mouvements de solutions nettement épigénétiques. L'examen de plus d'une centaine d'exemples a montré que les solutions épigénétiques se déplacent, dans la règle, de manière parfaitement asymétrique, par rapport aux éléments géométriques de la roche. Les surfaces de diffusion recoupent les couches et les autres éléments géométriques préexistants. D'ailleurs, diverses études sur le mouvement de l'eau dans les roches montrent aussi cette différence nette entre la symétrie primaire de la roche (stratification, etc.) et celle de la répartition des diffusions épigénétiques. La même observation a été faite au laboratoire, au cours de l'étude des phénomènes de diffusion dans un grand nombre de roches.

On peut donc dire que le remplacement épigénétique symétrique postulé traditionnellement dans presque tous les traités de gîtologie en usage n'existe pas ou ne représente qu'une curiosité, c'est-à-dire une exception statistique.

L'analyse systématique des observations et des expériences démontre donc que l'application des opérations de la symétrie cristallographique et de la symétrie de similitude comme critères génétiques en géochimie et en gîtologie est tout à fait justifiée.

Il reste naturellement beaucoup à faire, mais le départ est bien pris et des idées valables ont été émises, par exemple par Sander (1948, p. 79), Paterson et Weiss (1961, p. 870/871), Turner et Weiss (1963, p. 384) et par Kirchmayer (1965).

Enfin, les études de typologie de gisements de ROUTHIER (p. ex. 1963), de BERNARD (p. ex. 1961), et de NICOLINI (p. ex. 1962, 1965) et de LOMBARD et NICOLINI (1962) sont, au fond, aussi des études de symétrie et, par l'objectivité de cette méthode, ces auteurs ont introduit une époque nouvelle et très fructueuse de la „gîtologie".

Bibliographie

AMSTUTZ, G. C. (1958): Syngenetic zoning in ore deposits. Proc. Geol. Assoc. Canada 11, p. 95—113.

AMSTUTZ, G. C., RAMDOHR, P., EL BAZ, F. and PARK, W. C. (1964): Diagenetic behaviour of sulphides. In: Sedimentology and ore genesis. Elsevier, Amsterdam, 1964, p. 65—90.

AMSTUTZ, G. C. and BUBENICEK, L., (1966): Diagenesis in sedimentary mineral deposits. In: Diagenesis. Elsevier, Amsterdam.

BERNARD, A. (1961): Contribution à l'étude de la province métallifère sous-cévenole. Science de la Terre VII, Nancy, 285 p. (Thèse de 1959.)

BUCKLEY, E. R. (1909): Geology of the disseminated lead deposits of St. Francois and Washington Counties. Missouri Bureau of Geol. and Mines, Vol. IX, Part. I + II, 259 p.

KIRCHMAYER, M. (1965): Das Symmetrie-Konzept von CURIE 1884 in der Makrogefügekunde. N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 122, p. 343—350.

LOMBARD, J. et NICOLINI, P. (Symposium coordonné par) (1962): Gisements stratiformes de cuivre en Afrique, 1re partie, lithologie, sédimentologie. Assoc. Serv. Géol. Africains, Paris, 212 p.

— (1963): Id., 2e partie, tectonique, id., Paris, 265 p.

MALAN, S. P. (1964): Stromatolites and other algal structures. Econ. Geol. 59, p. 397—415.

NICOLINI, P. (1962): L'utilisation des données sédimentologiques dans l'étude et la recherche des gisements stratiformes. Etablissement des „courbes prévisionelles". Chronique des Mines... No 309, p. 155—167.

— (1965): Types morphologiques et caractères spécifiques des gîtes métallifères dans les séries sédimentaires. (Stratiformes vrais et pénéconcordants.) Chron. Min. Rech. Min. 33, p. 79—83.

PATERSON, M. S. and WEISS, L. E. (1961): Symmetry concepts in the structural analysis of deformed rocks. Geol. Soc. Am. 72, p. 841—882.

ROUTHIER, P. (1963): Les gisements métallifères (Géologie et principes de recherches). Masson, Paris, 1282 p.

SANDER, B. (1948): Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. Teil I und II, Springer, Wien, 215 u. 409 p.

SHUBNIKOV, A. V. (1960): Symmetry of similarity. Soviet physics. Crystallography, Vol. 5, No 4, p. 469—640. (Engl. Übers. 1961.)

TURNER, F. J. and WEISS, L. E. (1963): Structural analysis of metamorphic tectonites. McGraw-Hill, New York, 545 p.

Manuscrit reçu le 31 mars 1966.