

Une expérience simple pour démontrer l'anisotropie chimique des cristaux

Autor(en): **Masson, Henri**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **52 (1972)**

Heft 1

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-40594>

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.

Une expérience simple pour démontrer l'anisotropie chimique des cristaux

Par *Henri Masson* (Lausanne)*)

Avec 1 figure dans le texte

Abstract. Chemical anisotropy of gypsum crystals is revealed by a staining method. The experience is rapid, easy to perform and demonstrative. Under the conditions of this experience, the direction of minimum dissolution is [010].

Résumé. L'anisotropie chimique des cristaux de gypse peut être démontrée par une méthode simple et rapide de coloration. Dans les conditions décrites, la vitesse minimale de dissolution du gypse est selon [010].

But et principe de l'expérience

Le concept d'anisotropie est fondamental en minéralogie. Dans la pratique courante de l'enseignement, les expériences simples destinées à démontrer l'anisotropie des cristaux sont principalement des expériences optiques. Malheureusement les ouvrages de minéralogie ne proposent guère d'expérience rapide et facilement réalisable pour en démontrer d'autres aspects, tels que l'aspect chimique. Nous espérons combler cette lacune en proposant une expérience rapide et très démonstrative, susceptible de révéler l'anisotropie chimique des cristaux à des étudiants pratiquement dépourvus de connaissances préalables en cristallographie. Cette expérience, par sa simplicité, laisse aussi entrevoir des applications aux recherches sur la dissolution des cristaux.

Par *anisotropie chimique* d'un cristal, on entend le fait que les réactions chimiques se déroulent à des vitesses différentes selon des directions non équivalentes (= non liées par un opérateur de symétrie). Deux types fondamentaux d'expériences peuvent mettre ce phénomène en évidence :

a) Des expériences de *croissance* de cristaux : l'anisotropie chimique se traduit par l'inégalité du développement des faces non équivalentes, les faces les

*) Institut de Géologie de l'Université, Palais de Rumine, 1005 Lausanne.

plus développées étant celles dont la croissance est la plus lente. Toute croissance de cristal en milieu libre, homogène et isotrope, constitue donc une démonstration d'anisotropie (voir par ex. BUCKLEY, 1951, chap. 4; KLEBER, 1958, p. 97 suiv.). Mais pratiquement, ces expériences, relativement longues et souvent délicates, se prêtent mal à une démonstration simple et rapide.

b) Des expériences de *dissolution*. Par exemple, une expérience classique consiste à attaquer une sphère monocristalline par un solvant, et à voir s'en dégager un ensemble de faces planes dont le développement relatif est fonction de la vitesse d'attaque selon les différentes directions cristallographiques. Ces expériences, utiles pour étudier la symétrie d'un cristal inconnu, conviennent aussi mal que les précédentes à une démonstration rapide.

Nous proposons dans ce but une autre expérience de dissolution, qui fait ressortir en quelques minutes, et de façon spectaculaire, l'anisotropie chimique des cristaux. Au lieu d'attendre que la corrosion ait modifié la forme de l'objet, on se contente d'une brève attaque, mais en utilisant un réactif qui dépose un précipité sur la surface attaquée; l'épaisseur du précipité est proportionnelle à l'intensité de la réaction. Un colorant organique, mêlé au réactif, est absorbé par le précipité. L'objet attaqué prend alors une teinte d'autant plus vive que le précipité est plus épais, donc la réaction plus intense. Le cristal révèle ainsi son anisotropie chimique par une *répartition inégale des teintes sur les différentes faces*, ce qui, avec certains colorants, ressort de façon très contrastée.

Nous avons obtenu de bons résultats en attaquant des cristaux de gypse par une solution de NaOH colorée par du Jaune de Titane. Le gypse se couvre d'un précipité d'hydrate de calcium qui absorbe le colorant. Certaines faces, fortement attaquées, prennent rapidement une teinte orange sombre, alors que d'autres, réagissant plus lentement, restent jaune-orange clair. Nous allons décrire exactement la procédure utilisée, que nous tirons du travail de FRIEDMAN (1959) sur l'identification des carbonates et des sulfates par coloration sélective.

Procédure expérimentale et résultats

a) Réactif

Dissoudre 0,1 g de Jaune de Titane dans 25 ml d'alcool méthylique. Ajouter 50 ml de NaOH à 5% (obtenu en dissolvant 5 g de NaOH dans 95 cm³ d'eau).

b) Expérience

Immerger un cristal de gypse pendant une à deux minutes dans le réactif bouillant; puis laver soigneusement et délicatement avec de l'eau.

c) Résultat

Le gypse prend une teinte orange, d'autant plus vive que la réaction a été plus intense. Cette intensité varie évidemment avec la durée de l'immersion, avec la température du réactif, et aussi (c'est le point qui nous intéresse ici) d'une face du cristal à l'autre (fig. 1).

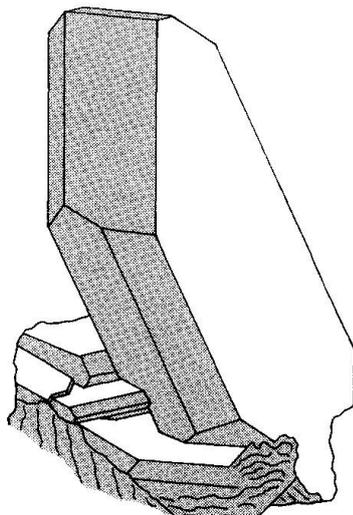


Fig. 1. Cristaux de gypse révélant leur anisotropie chimique par coloration au Jaune de Titane. En blanc: faces $\{010\}$, colorées en jaune-orange clair; en gris: autres faces et parties irrégulièrement cassées, colorées en orange foncé.

Les deux faces $\{010\}$ sont attaquées le plus lentement: elles prennent une teinte jaune-orange clair. Les faces prismatiques (par ex. $\{110\}$, $\{111\}$, etc.) réagissent plus rapidement: dans le même temps, elles acquièrent une couleur orange beaucoup plus vive et plus foncée, qui contraste nettement avec la précédente. Nous n'avons pas remarqué de différence de coloration entre les diverses faces prismatiques.

Dans le détail, la nuance exacte de la couleur orange, ou le temps précis pour obtenir un contraste optimum, peuvent varier d'une expérience à l'autre. Le résultat est souvent moins bon lorsqu'on utilise un cristal pour la deuxième fois. Nous avons également essayé des concentrations différentes de NaOH, mais sans améliorer le résultat, qui semble le meilleur avec une concentration d'environ 5% (nous avons aussi obtenu un excellent contraste en plongeant un cristal pendant 1,5 minutes dans une solution bouillante de NaOH à 7%).

Après séchage, la teinte orange vire lentement au jaune, surtout l'orange clair des faces peu attaquées. Il arrive aussi parfois que le contraste s'atténue (mais on peut le raviver en mouillant le cristal).

d) Discussion. Réciprocité entre croissance et dissolution

On notera que les faces $\{010\}$, les plus lentement dissoutes dans le NaOH, sont aussi les faces les plus développées des cristaux étudiés, donc celles dont la vitesse de croissance était la plus lente. Cet habitus tabulaire est d'ailleurs très courant chez le gypse. On peut être tenté de voir dans ce fait plus qu'une coïncidence fortuite, par exemple la manifestation d'une loi de „réciprocité“, invoquée par bien des auteurs, entre croissance et dissolution des cristaux.

Or les conditions chimiques de l'attaque par le NaOH sont certainement bien différentes de celles qui présidaient à la croissance de nos cristaux, ce qui peut paraître invalider un tel rapprochement; et la discussion de ce problème par BUCKLEY (1951) montre assez avec quelle prudence il convient d'accueillir l'idée d'une loi de réciprocité trop rigide en cristallographie. Pourtant il est assez remarquable que GROSS (1922), bien que travaillant dans des conditions chimiques nettement différentes des nôtres (dissolution du gypse dans des solutions acides ou neutres), ait obtenu sur le gypse un résultat identique au nôtre: „Das Gebiet geringster Lösungsgeschwindigkeiten erstreckt sich um (010)“ (p. 172); et les vitesses de dissolution des faces prismatiques les plus importantes, par ex. (110) et (111), seraient semblables, comme nous l'avons aussi observé.

Ainsi le fait de la *vitesse minimale de dissolution du gypse selon [010]* apparaît comme une propriété de ce minéral valable dans un vaste domaine de conditions chimiques; réciproquement, la fréquence de l'habitus tabulaire $\{010\}$ des cristaux naturels de gypse montre que cette même direction [010] correspond à une vitesse minimale de croissance dans un vaste domaine de conditions naturelles. Quelle que soit la manière dont on l'interprète, cette analogie mérite d'être relevée comme un exemple remarquable de réciprocité entre croissance et dissolution.

Dans le cas du gypse, et contrairement à d'autres minéraux, les manifestations de son anisotropie chimique apparaissent donc fort indépendantes du milieu extérieur. Sans doute sont-elles déterminées essentiellement par la structure de ce minéral, qui est caractérisée par l'existence de couches, parallèles à (010), de molécules d'eau faiblement liées à des couches d'ions SO_4^{--} et Ca^{++} (WOOSTER, 1936). Cette structure intéressante est connue pour expliquer diverses propriétés physiques du gypse; notre expérience révèle de même un lien entre structure et vitesse de réaction chimique.

e) Coloration d'une surface polycristalline

Si on colore selon la procédure décrite une surface polie dans un morceau de gypse (roche), l'anisotropie se traduit par l'intensité variable de la coloration des différents grains, qui sont diversement orientés. Si le grain de la roche est fin, cet effet de „mosaïque“ ressort bien à la loupe binoculaire.

Conclusions

1. Une démonstration simple de l'anisotropie chimique des cristaux est importante pour la formation des étudiants en minéralogie et en géologie. Tout d'abord, la visualisation de ce phénomène, qui contribue directement à déterminer la morphologie des cristaux et établit un lien entre leur structure à l'échelle atomique et leur habitus macroscopique, permet d'appréhender plus concrètement le concept général d'anisotropie. Ayant constaté de visu que la vitesse d'une réaction chimique dépend de la direction cristallographique, l'étudiant comprendra plus facilement que, par exemple, la lumière (ou la chaleur, etc.) chemine elle aussi dans un cristal à des vitesses variables selon la direction.

2. D'autre part, l'anisotropie chimique des cristaux est une cause essentielle des structures orientées des roches métamorphiques nées sous contrainte non uniforme. Ce point capital semble trop fréquemment oublié, ou en tout cas sous-estimé, même par des pétrographes et des tectoniciens chevronnés. Et on ne craindra pas d'insister sur le fait que l'orientation préférentielle, selon certains plans ou certaines lignes particulières, des cristaux nés en milieu solide, constitue une réponse de leur anisotropie propre à l'anisotropie des paramètres physiques tensoriels du milieu (cf. GOGUEL, 1965). Une démonstration simple d'anisotropie chimique peut aider à inculquer ces concepts fondamentaux aux étudiants en pétrographie.

3. Enfin, il paraît possible que des expériences basées sur le principe décrit dans cet article servent également à des fins de recherche, en remplaçant ou en complétant les expériences plus longues de dissolution par les méthodes classiques. On peut songer par exemple à appliquer la méthode de coloration à des sphères monocristallines de diverses substances¹⁾. Le fait que notre méthode rapide ait livré sur le gypse un résultat comparable à celui que GROSS (1922) obtint par les techniques traditionnelles beaucoup plus longues et plus délicates, montre bien son intérêt pratique pour l'étude de l'anisotropie chimique des cristaux.

Remerciements: Nous remercions le Prof. R. Woodtli qui a bien voulu lire ce texte et nous faire d'utiles suggestions.

¹⁾ YOUNG et al. (1956) firent ressortir la symétrie d'une sphère monocristalline de cuivre par une coloration basée sur le principe des franges d'interférence: après oxydation pendant quelques minutes à 250°C, la répartition des teintes d'interférence du film mince d'oxyde de cuivre révèle l'anisotropie de vitesse de réaction selon les diverses directions cristallographiques. Voir aussi BARDOLLE et BOUILLON, 1962, p. 128-133. Nous remercions C.-A. Roulet (EPF-Lausanne, Dept. de Physique) qui attira notre attention sur ce travail.

Références

- BARDOLLE, J. et F. BOUILLON (1962): Films minces formés au cours de l'oxydation superficielle des métaux. *In* J. Bénard: Oxydation des métaux, I. Gauthiers-Villars, Paris. 465 p.
- BUCKLEY, H. E. (1951): Crystal growth. J. Wiley, New York. 571 p.
- FRIEDMAN, G. M. (1959): Identification of carbonate minerals by staining methods. *J. sed. petr.* 29, 87-97.
- GOGUEL, J. (1965): La cause de l'orientation des minéraux dans les roches métamorphiques. *Bull. Soc. géol. France* (7), 7, 747-752.
- GROSS, N. (1922): Die Bezugsfläche der Lösungsgeschwindigkeit für Gips. *Z. Krist.* 57, 145-179.
- KLEBER, W. (1958): Einführung in die Kristallographie. Veb Verlag Technik, Berlin. 332 p.
- WOOSTER, W. A. (1936): On the crystal structure of gypsum, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. *Z. Krist.* 94, 375-396.
- YOUNG, F. W., J. V. CATHCART et A. T. GWATHMEY (1956): The rates of oxydation of several faces of a single crystal of copper as determined with elliptically polarized light. *Acta Metall.* 4, 145-152.

Manuscrit reçu le 10 janvier 1972.