

Sur un choix de cristaux artificiels faciles à étudier sous le microscope polarisant

Autor(en): **Déverin, Louis**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **37 (1957)**

Heft 2

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-29175>

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.

Sur un choix de cristaux artificiels faciles à étudier sous le microscope polarisant

Par *Louis Déverin* (Lausanne)

Zusammenfassung

Es wird eine Reihe von 25 auserlesenen Substanzen angeführt, welche als Mikrokristalle mit schönen Kristallformen leicht gezüchtet werden können. Bequem lassen sich dann optische Bestimmungen an denselben unter dem Polarisationsmikroskop ausführen. Morphologische und physikalische Eigentümlichkeiten jeder Kristallart werden kurz hervorgehoben und praktische Hinweise zur Herstellung der Präparate angegeben.

Introduction

Certains manuels élémentaires de cristallographie engagent leurs lecteurs à examiner des cristaux artificiels sous le microscope, mais les exemples qu'ils proposent ne sont pas toujours heureux, car ils sont pris le plus souvent parmi les substances d'un usage courant dans les laboratoires. Or les produits chimiques usuels fournissent rarement des cristaux se prêtant à une détermination optique complète sans platine de Fédoroff, et leur examen sous le microscope réserve peu de satisfaction aux débutants. Si l'on veut que ceux-ci prennent goût à la cristallographie, il faut leur proposer comme premiers objets d'observation des corps dont la cristallisation produise presque infailliblement des formes géométriques sur lesquelles il soit difficile de se méprendre et dont l'orientation optique soit aisément déterminable.

Une revue méthodique des espèces cristallines connues, suivie de l'examen sous le microscope de quelques centaines d'entre elles, nous a amené à faire une sélection et à ne retenir, pour les mettre dans la collection d'enseignement du laboratoire de minéralogie de l'Université de Lausanne, que les plus intéressantes et les moins difficiles à obtenir. Il nous a paru utile de résumer, à l'usage de ceux qui ont des étudiants

à instruire, les résultats d'une longue expérience. Quelques commentaires suivront la liste des substances choisies. Celle-ci est précédée de quelques recettes pratiques qui, à notre connaissance, ne figurent dans aucun guide de laboratoire. Ces indications faciliteront la tâche des assistants chargés de la confection des préparations microscopiques; les instructions qu'on leur donne ne sont jamais trop précises.

Outillage et montage des préparations

Les solutions saturées des substances à examiner sont contenues dans des tubes à essais de 18 à 20 mm de diamètre. Ceux-ci sont fermés par un bouchon que traverse une pipette plus longue que le tube d'un quart environ. Un support en aluminium garni d'une douzaine de ces

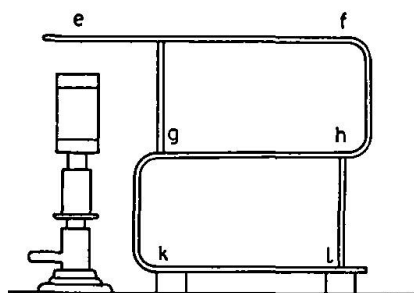


Fig. 1.

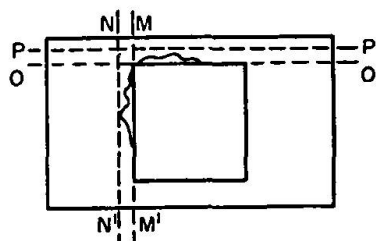


Fig. 2.

tubes est plongé dans l'eau d'un bain-marie dont la température ne doit guère dépasser 50° . Les préparations à étudier sont montées sur des lames de verre ordinaires (format: 28×46 mm), sans cupule. Leur refroidissement se règle sur une platine de Malassez chauffée par un micro-brûleur (fig. 1) à une température atteignant tout au plus 120° C à l'aplomb de la flamme. Les manipulations à exécuter pour le montage des préparations dépendent pour chaque substance des variations de sa solubilité en fonction de la température.

A. Pour les substances dont la solubilité ne change pas beaucoup de chaud à froid, il suffit de mettre une goutte de solution saturée sur une lame porte-objet légèrement tiédie que l'on dépose au niveau g..h ou k..l de la platine chauffante, et de couvrir la goutte d'une lamelle (18×18 mm) dès que les premiers cristaux apparaissent. Une pression exercée sur la lamelle de couverture, écrasant les premiers cristaux

formés, multiplie les germes de cristallisation, ce qui est parfois avantageux.

B. Quand il s'agit de substances notablement plus solubles à chaud qu'à froid, les premiers cristaux formés en bordure de la goutte découverte se redissolvent souvent quand on couvre la préparation. Un petit tour de main pare à cet inconvénient: par un léger effort appliqué sur le couvre-objet, on fait sourdre un peu de solution en marge de celui-ci; c'est là qu'apparaîtront d'autres cristaux qui vont servir à amorcer une nouvelle phase de cristallisation; à cet effet on pousse la lamelle de MM' jusqu'en NN' (fig. 2) — ou bien de OO' en PP' — de façon à replonger les nouveaux venus dans leur eau-mère. Une manœuvre de va-et-vient du bord de la lamelle entre les positions MM' et NN' est encore plus efficace.

Lorsqu'on suit les progrès de la cristallisation dans une préparation en cours de refroidissement placée sous le microscope, il ne faut pas oublier que le contact de la platine de cet instrument accélère beaucoup la chute de température. Pour prévenir les effets d'une cristallisation hâtive, il est donc prudent de couvrir la platine du microscope utilisé par le préparateur d'un disque d'amiante, percé, cela va sans dire, d'un large trou de visée et de 2 petits trous pour sa fixation.

C. Les substances beaucoup plus solubles à chaud qu'à froid forment souvent des solutions sursaturées. Dans le cas des sels doubles, il arrive que la sursaturation n'atteigne que l'un de ses composants, l'autre cristallisant isolément, ce qui est fâcheux lorsque l'intérêt porte précisément sur le sel double. Pour éviter cet ennui, on évapore une petite goutte de solution jusqu'à consistance sirupeuse, on la refroidit, et l'on amorce la cristallisation par une trace de matière solide gardée en réserve. On couvre alors la préparation à qui l'on instille latéralement — par capillarité — une nouvelle goutte de solution saturée, *refroidie au préalable* sous peine de provoquer une redissolution totale. Si la cristallisation tarde à s'étendre autour du point d'amorce, il faut tiédir légèrement la préparation afin de diminuer la viscosité de la solution: à cet effet, on la pose sur la platine chauffante en g ou en h et pendant quelques secondes seulement (une dizaine).

D. Un observateur qui examine une préparation placée sous le microscope pendant quelque 20 minutes consécutives réchauffe son instrument et la préparation aussi. Les cristaux qu'elle contenait se corrodent, perdant la netteté de leurs formes géométriques. Il devient alors nécessaire de „rajeunir“ la préparation en la portant durant quelques courts instants à une température voisine de 40° C, c'est à dire

un peu supérieure à celle du corps humain, et en refroidissant aussitôt après.

E. Une cristallisation lente donne naissance à des individus prenant généralement 2 ou 3 positions privilégiées, car ils reposent sur leurs faces les plus larges. Il est parfois souhaitable d'apporter plus de diversité à leur orientation. On y parvient en pressant du doigt la lamelle couvre-objet contre son support et en lui imprimant un mouvement de rotation afin de pulvériser les cristaux pris entre les 2 lames. A moins qu'un clivage facile n'intervienne pour rétablir la prépondérance des positions privilégiées, on aura ainsi obtenu un assemblage de grains orientés „au hasard“, d'autant mieux que le broyage aura été plus poussé. Après avoir ajouté un peu de solution saturée à la préparation, on la chauffe prudemment de façon à dissoudre une partie de la masse broyée, le tiers, par exemple, avant de refroidir. La dissolution portant principalement sur les particules les plus fines, on restreint assurément les chances de l'orientation au hasard en procédant ainsi, mais en réservant cependant une forte probabilité à la production de cristaux affranchis de l'obligation de n'obéir qu'aux nécessités géométriques.

Conservation des tubes contenant les solutions saturées

Toutes les substances entrant dans la collection présentée plus loin sont solubles dans l'eau. Elles se dissolvent totalement ou partiellement dans leur eau-mère à la chaleur du bain-marie, puis, ramenées à la température ordinaire, recristallisent dans le tube qui les contient sans que, ordinairement, il en résulte aucun dommage pour le récipient, même si les cristaux reformés envahissent le tiers du tube. Mais le borax (n° 21 de la liste), le sel de Seignette (n° 14), ainsi que le sel de cérium (n° 8), exigent des précaution particulières: dès que le volume du sel déposé de la solution refroidie dépasse la capacité de la calotte hémisphérique qui ferme le tube par le bas, celui-ci éclate inévitablement.

Liste des substances choisies

La plupart des substances mises dans la liste sont citées soit dans le grand traité de GROTH [3]¹⁾, soit dans les „Elemente“ [4] du même auteur. Ces citations sont rappelées dans la liste suivante soit par G. suivi des numéros du volume et de la page, soit par G. Elem.

¹⁾ Les numéros entre [] sont ceux de la liste bibliographique placée à la fin.

Système quadratique

1. Sulfate de nickel hexahydraté, $\text{SO}_4\text{Ni} \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ (G. II, 423)
2. Acétate cupricalcique tétrahydraté, $(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_4\text{CuCa} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ (G. III, 77)
3. Hexaméthylènetétramine avec thiocyanate de manganèse tétrahydraté, $2 (\text{CH}_2)_6\text{N}_4 \cdot (\text{SCN})_2\text{Mn} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ (G. V, 857)
4. Succinate de baryum, $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$ (G. III, 267)

Système hexagonal

5. Sulfate d'aluminium et de guanidinium hexahydraté, $(\text{SO}_4)_4\text{Al}_2(\text{CH}_6\text{N}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ (G. III, 567)
6. Iodate et iodure de sodium hydratés, $2 \text{IO}_3\text{Na} \cdot 3 \text{NaI} \cdot 20 \text{H}_2\text{O}$ (G. II, 102)

Système rhomboédrique

7. Métaborate de lithium hydraté, $\text{BO}_2\text{Li} \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ (G. II, 731)
8. Nitrate de cérium et de zinc hydraté, $(\text{NO}_3)_{12}\text{Ce}_2\text{Zn}_3 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$ (G. II, 156)
9. Sulfate de manganèse et de sodium hydraté, $(\text{SO}_4)_7\text{Mn}_4\text{Na}_6 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ (G. II, 493)
10. Molybdate trisodico-lithique hexahydraté, $(\text{MoO}_4)_2\text{Na}_3\text{Li} \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ (G. II, 368)
11. Trimétaphosphate de sodium hexahydraté, $(\text{PO}_3)_3\text{Na}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ [6]
12. Chromate trisodico-lithique hexahydraté, $(\text{CrO}_4)_2\text{Na}_3\text{Li} \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ (G. II, 368)
13. Trioxalatochromiate de magnésium et de sodium hydraté, $[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]\text{MgNa} \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ [3]

Système orthorhombique

14. Tartrate sodico-potassique tétrahydraté (dit „sel de Seignette“ ou „sel de La Rochelle“), $(\text{CHOH})_2(\text{COO})_2\text{KNa} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ (G. III, 332)
15. Phosphate d'urée, $\text{PO}_4\text{H}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (G. III, 540)

16. Gaïacolsulfonate de potassium,
 $(1, 2, 5)\text{-C}_6\text{H}_3(\text{OH})(\text{OCH}_3)\text{SO}_3\text{K}$
17. Thiourée, $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ (G. III, 555)
18. Phtalate monopotassique, $(1, 2)\text{-HOOC-C}_6\text{H}_4\text{-COOK}$ (G. IV, 724)
19. Sulfanilate de sodium dihydraté, $(1, 4)\text{-NH}_2\cdot\text{C}_6\text{H}_4\cdot\text{SO}_3\text{Na}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (G. IV, 335)
20. Sulfonal, $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{SO}_2\text{C}_2\text{H}_5)_2$ (G. Elem., 347)

Système monoclinique

21. Borax, $\text{B}_4\text{O}_7\text{Na}_2\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (G. II, 732)
22. Pyrophosphate de sodium décahydraté (G. II, 792)
23. p-toluènesulfonate de manganèse hexahydraté,
 $(\text{CH}_3\cdot\text{C}_6\text{H}_4\cdot\text{SO}_3)_2\text{Mn}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (G. IV, 420)
24. p-toluènesulfonate de cadmium hexahydraté,
 $(\text{CH}_3\cdot\text{C}_6\text{H}_4\cdot\text{SO}_3)_2\text{Cd}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (G. IV, 422)
25. Chlorure de baryum dihydraté, $\text{BaCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (G. I, 239)

Commentaire

1. $\text{SO}_4\text{Ni}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Stable au dessous de 40°C , la forme quadratique ne se développe bien qu'en solution fortement acide (1 à 2 % de SO_4H_2 libre). Le tube renfermant la provision de sel ne doit donc jamais être mis au bain-marie; la solution saturée sera évaporée à la température ordinaire. Faute d'observer ces prescriptions, on s'expose à voir la préparation envahie par des cristaux monocliniques. Un préparateur expérimenté saura tirer parti de ce contretemps: après avoir chauffé très légèrement la préparation mal réussie, il l'amorcera après refroidissement par une trace de sel quadratique; dès que le germe introduit se révélera viable, il pratiquera la manœuvre B: il verra alors grandir — au contact ou à proximité des cristaux indésirables en voie de résorption — de jolies pyramides quadratiques (111) tronquées par de larges bases (001).

2. Afin d'éviter la séparation d'acétate cuprique monoclinique, que les débutants risquent de confondre avec le sel double quadratique en dépit de son pléochroïsme particulier (vert-bleu), il est bon d'ajouter un excès de sel de calcium à la solution saturée. Les cristaux fibreux

d'acétate calcique qui peuvent se déposer d'une eau-mère fortement concentrée ne détournent pas l'attention des jolis cristaux bleux du sel double. L'habitus de ceux-ci résulte de l'association de 2 prismes quadratiques; les faces du deutéropisme (110) sont souvent séparés de la base (001) par une face de deutéropyramide. Les teintes azurées de ce sel sont affectées d'un léger pléochroïsme: ϵ bleu vif; ω un peu plus clair.

3. La solution du sel décrit par BILLOWS [1] ne doit pas contenir d'hexaméthylènetétramine en excès, car les cristaux cubiques qu'elle forme risquent d'être confondus avec des cristaux quadratiques reposant sur leur face (001); celle-ci est toujours dominante dans le thiocyanate en question, quoi qu'en disent les rapports de seconde main mentionnant des cristaux „aplatis sur (010)“. Les cristaux obtenus par l'évaporation de leur solution à l'air libre n'atteignent pas la perfection réalisable par l'emploi du procédé B.

5. *Sel de guanidinium*. Le montage des préparations se fait par le procédé décrit en A. Les cristaux se présentent en lames hexagonales (0001) bordées par des pans (10 $\bar{1}$ 0); leurs sommets sont parfois tronqués par des minuscules faces de deutéropyramide. Les faces prismatiques peuvent être assez larges pour servir de base à quelques cristaux, qui se présentent alors de profil avec leur biréfringence maxima (0,088), donc dans une position propice à la vérification du signe optique trouvé en lumière convergente.

Dans les préparations vieilles d'une semaine, par exemple, apparaissent des cristaux cubiques d'alun ammoniacal $(\text{SO}_4)_2\text{AlNH}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ provenant de la décomposition de la guanidine. Il est donc prudent de vérifier de semestre en semestre que la solution conservée dans un tube imparfaitement bouché n'a pas subi pareille altération.

6. *Iodo-iodate de sodium*. La solution d'où naissent les cristaux hexagonaux se prépare simplement par dissolution d'iode dans une lessive de soude caustique. Exposée à la lumière, elle jaunit. On la décolore par quelques gouttes de sulfure de sodium dissous, et l'on élimine par filtration le précipité éventuel; les produits accessoires de la réaction mise en jeu — thiosulfate ou tétrathionate — plus solubles que l'iodo-iodate, ne troublent pas la cristallisation de celui-ci tant qu'il prédomine dans la solution.

7. Le *métaborate de lithium* fournit aux physico-chimistes un exemple typique de sel susceptible de prendre plusieurs degrés d'hydratation. Aussi est-il opportun, lorsqu'on veut obtenir uniquement le sel rhomboédrique à $8\text{H}_2\text{O}$, de ne chauffer que très modérément la solution saturée qui sort du bain-marie pour hâter son évaporation. Les cristaux obser-

vables sous le microscope révèlent des formes très simples se prêtant bien à l'analyse morphologique: entre les faces $(\bar{2}11)$ qui délimitent le contour hexagonal et le pinacoïde (111) sur lequel reposent la plupart des cristaux s'insèrent ordinairement les faces du rhomboèdre fondamental (100).

8. Au sel double $(\text{NO}_3)_{12}\text{Ce}_2\text{Mg}_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ dont les caractères sont consignés dans le recueil de GROTH (II, 156), nous avons préféré le sel isomorphe de *zinc*, non décrit jusqu'à ce jour, à cause de sa solubilité moindre. Le sel dont nous disposions avait été préparé à partir d'un oxalate de cérium technique qui devait renfermer toute une kyrielle d'homologues du cérium, notamment du néodyme dont la présence dans la solution s'accusait par une teinte rosée. La solubilité du sel de zinc est encore forte; aussi convient-il de l'amener à cristalliser par le procédé C. Il ne faut pas pousser brutalement la concentration de la première goutte de solution posée sur la lame porte-objet, sinon on risque de voir le nitrate de cérium cristalliser sans formation de sel double. La face (111) est si largement développée que la plupart des cristaux, reposant sur elle, sont constamment à l'extinction.

9. Dans le *sulfate mangano-sodique* la large prédominance des faces (100) laisse ordinairement fort peu de place au pinacoïde (111). C'est pourquoi le caractère uniaxe des cristaux est moins facile à mettre en évidence que dans les cas précédents.

10. Ce *molybdate*, dont les formes sont un peu plus compliquées que celles des corps qui le précèdent dans la liste, cristallise bien dans une solution tiède, doucement amenée à consistance sirupeuse.

11. Ce *métaphosphate* a été obtenu comme produit accessoire de la préparation de l'octométaphosphate cubique de cobalt et de sodium $(\text{PO}_3)_8\text{Co}_3\text{Na}_2$, préparé et étudié par TAMMANN [5] et assimilé au sel sodique auquel cet auteur attribue la formule $(\text{PO}_3)_3\text{Na}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. L'habitus prismatique des cristaux observés est dû à l'importance des faces $(\bar{2}11)$ que tronque une large base (111), tandis que le rhomboèdre (100) est peu développé. L'intérêt principal que présente ce sel, dont le signe optique est négatif, tient au fait que son indice ϵ est sensiblement égal à celui de son eau-mère, tandis que ω lui est bien supérieur, d'où le remarquable changement de relief que l'on observe en faisant tourner un cristal couché sur une face $(\bar{2}11)$; ainsi se manifeste sa haute biréfringence, sans intervention du nicol analyseur. Au surplus, suivant la température qui règne dans la salle où l'on travaille, c'est à dire suivant la concentration de l'eau-mère, on constate que son indice de réfraction est tantôt supérieur, tantôt inférieur à l'indice ϵ du sel immergé. Il est

clair que le métaphosphate en question constitue un matériel de premier choix pour l'observation de la frange de Becke.

12. Le *chromate trisodico-lithique* naît en cristaux fort nets de sa solution évaporée à la température ordinaire. La lenteur de cette évaporation constitue un premier inconvénient, aggravé par un autre: le faible développement de la face (111), dont l'importance est bien moindre que celle des faces $(\bar{2}11)$ et (100). Enfin le sel n'est rhomboédrique qu'à peu près: la croix noire observable en lumière convergente se disloque un peu pendant la rotation. Les essais de rajeunissement des préparations donnent des résultats piteux.

13. Le *trioxalatochromiate* de sodium et de magnésium étudié par L. FROSSARD [2] est cité ici surtout à cause de son pléochroïsme saisissant entre les tons brun-rougeâtre et les bleus smalt. Ce que l'auteur dit des cristaux toujours couchés sur une face de prisme s'applique à ceux qui se développent dans un cristalliseur, mais non pas à ceux que l'obtient par évaporation d'une goutte de leur solution sur une lame de verre: ceux-là se présentent souvent à plat sur une face (0001). Il est indispensable que l'évaporation se fasse à la température ordinaire, ce sel complexe se décomposant dès qu'on le chauffe avec production de croûtes verdâtres.

14. *Sel de Seignette*. Il n'y a pas de substance se prêtant mieux que ce tartrate à la démonstration des propriétés optiques des cristaux orthorhombiques. Des 2 pinacoïdes de la zone [001], l'un, (010), est doué de la biréfringence maxima (0,0054), tandis que l'autre, (100), perpendiculaire à la bissectrice aiguë n_g , ne montre que les gris du premier ordre entre nicols croisés dans les préparations ordinaires, d'épaisseur voisine de 0,05 mm. Les hyperboles provenant de la dislocation de la croix noire, manifestement bordées de teintes de dispersion, indiquent la position du plan des axes optiques avec toute la netteté désirable; ainsi la sortie de la bissectrice obtuse n_p se trouvera sans peine dans la face (001) dont le contour est grossièrement elliptique et qui s'éclaire entre les nicols croisés des jaunes du premier ordre. Il reste à trouver un cristal orienté de façon à montrer la sortie d'un axe optique; on y parvient en examinant une préparation réunissant des cristaux orientés „au hasard“, c'est à dire préalablement soumise au traitement décrit en E.

15. Le *phosphate d'urée* s'obtient aisément par dissolution de l'urée dans l'acide phosphorique sirupeux. Les cristaux, d'allure prismatique, ne possèdent que 2 pinacoïdes: (100) perpendiculaire à n_g et (001) perpendiculaire à n_p ; l'absence du troisième empêche d'observer la section de biréfringence maxima.

16. Après des fouilles infructueuses dans les répertoires, je m'excuse de n'avoir à fournir ici au sujet du *gäiacolsulfonate de potassium*, que les références extraites de mes notes. Ce sel est assez connu pour avoir été admis dans la Pharmacopée helvétique. D'autres avant moi doivent avoir constaté ce qui suit :

L'allure prismatique des cristaux est l'effet de la présence de 2 pinacoïdes : (100), largement développé, est perpendiculaire à n_g , tandis que la face (010), perpendiculaire à n_p , est généralement plus étroite. n_m sort du sommet où convergent des petites faces qui ne peuvent être que (111).

17. Les 2 pinacoïdes associés aux faces prismatiques (110) de la *thioürée* sont (001) et (010); chacun d'eux est normal à une bissectrice; le plan des axes optiques est donc (100), et non pas (001) comme certains répertoires l'indiquent. L'examen des cristaux de thioürée permet d'observer de brillants phénomènes de dispersion.

18. Le *phtalate monopotassique* [6] se présente en cristaux limités par les faces (001), (011), (111), (112), de sorte que la bissectrice obtuse n_g est seule accessible à l'observation courante. En revanche, il se prête fort bien aux premiers exercices où le débutant apprend à mesurer des angles d'extinction et à utiliser les réactifs optiques (gypse R I et mica quart d'onde). En effet, de sa solution concentrée refroidie *rapidement* et soumise aux manipulations décrites sous B, le sel se dépose en cristaux d'orientation uniforme, savoir en lamelles rhomboïdales (001) très nettes, dont les sommets aigus sont souvent tronqués par des faces (011) rudimentaires. Extrêmement minces au début, ces lamelles montrent entre nicols croisés toute la gamme des teintes du premier au troisième ordre; les cristaux de grande taille formés par refroidissement lent offrent couramment des teintes plus élevées, moins propices aux réactions optiques.

19. Des remarques analogues s'appliquent au *sulfanilate de sodium*, ainsi qu'au *tétrachlorophthalate de potassium*, non cité dans la liste précédente à cause de l'incertitude qui règne au sujet de son degré d'hydratation.

20. *Sulfonal*. La large base sur laquelle reposent la plupart des cristaux est la face de biréfringence maxima. C'est la seule qui ne fasse pas partie de la zone prismatique qui comprend, outre (110), une large pinacoïde (100) normal à n_p ; l'étroitesse de l'autre, (010), rend parfois laborieuse la recherche de la bissectrice n_g qui lui est perpendiculaire.

21. Divers manuels représentent des cristaux de *borax* dépourvus de la face (010) sans laquelle une étude complète est impossible par les

moyens ordinaires. En réalité, les solutions saturées de borax „pour l'analyse chimique“, qui sont alcalines, nous ont toujours fourni des cristaux doués de la face parallèle au plan de symétrie. Ainsi constitués, ils se prêtent mieux que la plupart des autres ressortissants monocliniques à un exercice méthodique de détermination des éléments optiques. Les individus les plus fréquents dans les préparations montrent l'extinction droite et une biréfringence assez élevée, voisine de 0,020; ils sont couchés sur leur face (100) d'où la bissectrice obtuse n_g émerge obliquement; ils laissent voir que le plan des axes optiques est transversal à l'allongement [001]. Quand cette constatation est faite, on peut se mettre en quête de cristaux posés sur une face (010), où la biréfringence est bien plus faible (0,003), car elle est perpendiculaire à la bissectrice aiguë n_p . Dès lors la position exacte de l'ellipsoïde des indices dans le cristal se reconnaît sans difficulté.

Les solutions chaudes de borax ne fournissent pas de bons cristaux monocliniques; en effet, au dessus de 60° C, c'est le sel à 5H₂O, dit „octaédrique“ qui prend naissance; il est rhomboédrique, et les produits de son épigénie par le sel à 10H₂O se présentent assez mal. L'évaporation de la solution saturée à la température ordinaire donne quelques bons résultats. Nous préférons évaporer jusqu'à consistance sirupeuse une goutte de solution légèrement tiédie et en amorcer la cristallisation suivant le procédé décrit sous lettre C. Le rajeunissement des préparations est une opération délicate: il faut chauffer modérément au niveau g. h de la platine (fig. 1) de peur d'atteindre la température de 60° fatale au sel monoclinique.

22., 23. et 24. Le *pyrophosphate de sodium* et les *2p-toluènesulfonates* admis dans la liste précédente ont un caractère morphologique commun: le développement prépondérant des faces en zone autour de l'orthodigonale [010]. Dans les 3 sels n_g est voisin de la normale à une large face de cette zone, mais c'est dans le composé de cadmium seulement, où les axes optiques sont contenus dans le plan de symétrie, que les 2 bissectrices de leurs angles sont accessibles à l'observation courante.

25. L'examen du *chlorure de baryum hydraté* est recommandé à cause de la netteté de ses macles polysynthétiques.

Les substances dont il vient d'être question permettent de faire aux étudiants en cristallographie des démonstrations sans accroc. Bien que leur composition chimique s'éloigne souvent de l'ordinaire, il vaut la peine de s'en procurer au moins quelques unes.

Bibliographie

1. BILLOWS (1912): (Sels d'hexaméthylènetétramine). *Z. Krist.* 50 (Auszüge).
2. FROSSARD, L. (1956): Etude du trioxalatochromiate de sodium et de magnésium *Bull. suisse Minéral. et Pétrogr.*, 36, 1—25.
3. GROTH, P. (1906—1918): *Chemische Krystallographie*. 5 Bde., Leipzig.
4. — (1921): *Elemente der physikalischen und chemischen Krystallographie*.
5. TAMMANN, G. (1892): (Polymétaphosphates). *Journ. prakt. Chem.* (2) 45, 469.
6. WIDMER, E. (1930): Das Brechungsvermögen der wasserfreien phthalsäuren Mono-Alkalisalze. *Z. Krist.* 72, 442.