Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Band: 52 (1918-1919)

Heft: 197

Artikel: Contribution à l'étude des macles des feldspaths au moyen de la méthode de Fedoroff

Autor: Carrasco, Elvira

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-270210

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: 09.01.2026

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

Contribution à l'étude des macles des feldspaths au moyen de la méthode de Fedoroff

PAR

Elvira CARRASCO.

INTRODUCTION

Le sujet qui fait l'objet de ce travail est un des plus fouillés de la minéralogie, sujet vaste puisqu'il traite d'un groupe de minéraux parmi les plus importants, et riche de moyens d'investigation grâce aux méthodes de détermination de Michel-Lévy, et surtout grâce au principe génial de la méthode de Fedoroff qui découvre à nos yeux des horizons nouveaux.

De nombreux chercheurs, de vocation ou d'occasion, ont exploré ce champ d'étude avec plus ou moins de compétence et de succès ; la liste de leurs noms part des premières années où s'établit la minéralogie en tant que science pour arriver à l'heure actuelle. Cette production bibliographique abondante présente deux maxima caractéristiques correspondant à l'introduction dans la science : 1° d'un principe fécond tel que la loi de Tschermak sur l'isomorphisme des feldspaths tricliniques, principe contrôlé et discuté par Michel-Lévy et son école ;

2° d'une méthode de détermination remarquable dans sa simplicité : la méthode universelle de Fedoroff.

Cette dernière a fourni matière à des mémoires divers que j'aurai soin de citer en temps et lieu, mémoires de valeur très inégale du reste.

Moi-même, me basant sur l'élégante précision de la méthode de Fedoroff, j'ai tenté d'apporter ma modeste contribution à l'étude déjà si approfondie des macles des plagioclases.

Avant de présenter l'analyse détaillée de mes recherches, il me semble bon de donner une vue d'ensemble sommaire sur le groupe des feldspaths et sur les conceptions émises dans la théorie des macles, conceptions qui pourraient expliquer quelques-unes des particularités observées au cours de mon travail ; l'exposé de l'ana-

lyse qui suivra en sera moins fastidieux et sa compréhension plus aisée, j'ose l'espérer du moins.

Je remercie très vivement mon professeur, M. Henri Sigg, de l'intérêt soutenu qu'il a pris à mon travail ; ses encouragements stimulants m'ont permis de mener à bonne fin une étude ardue et rendue lassante par la fatigue visuelle qui résulte d'une observation microscopique minutieuse telle que celle qui est à la base des méthodes optiques de détermination.

* * *

La liste bibliographique traitant du sujet à l'étude étant trop considérable pour la donner *in extenso*, je ne citerai que les ouvrages auxquels il sera fait une allusion directe, soit par citation littérale de phrases originales, soit par mention de faits particuliers. Ces œuvres seront représentées par un nombre renvoyant à la liste bibliographique ; au bas de la page, j'indiquerai seulement le volume (ou l'année) et la page de la citation. Comme appendice, je me bornerai à signaler les principales publications relatives à la méthode de Fedoroff.

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I

DES FELDSPATHS

§ 1. Définition du groupe des feldspaths.

Les feldspaths constituent l'un des éléments essentiels de la plupart des roches éruptives et métamorphiques ; on les rencontre aussi dans quelques roches sédimentaires. Par ce fait d'abord, ensuite parce qu'ils offrent un intérêt particulier au point de vue de la théorie de l'isomorphisme et des formes-limites, c'est un groupe naturel d'une très grande importance dont les propriétés physiques et chimiques sont peu différentes et varient progressivement.

§ 2. Composition chimique. — Classification.

Au point de vue chimique, on les désigne sous le terme général de polysilicates et ils peuvent être considérés plus particulièrement

comme des silicates d'aluminium, de potassium, de sodium ou de calcium, rarement alliés au baryum ou au magnésium.

On les sépare en deux catégories principales :

1° *Feldspaths monocliniques ;*

2° *Feldspaths tricliniques.*

Malgré cette différence cristallographique, l'air de famille reste très marqué entre ces deux groupes que l'on subdivise en se basant sur la composition chimique dont les variations se répercutent sur les diverses propriétés physiques.

1° *Feldspaths monocliniques*[1].

Orthose	$K\,Al\,Si^3\,O^8$
Hyalophane	$(K^2, Ba)\,Al^2\,Si^4\,O^{12}$.

2° *Feldspaths tricliniques.*

F. sodopotassiques (pseudo-monocliniques)	Microcline	$K\,Al\,Si^3\,O^8$.
	Anorthose.....	$(Na, K)\,Al\,Si^3\,O^8$.
F. calcosodiques (plagioclases)	Albite	$Na\,Al\,Si^3\,O^8$.
	Oligoclase. .	$m\,Na\,Al\,Si^3\,O^8 + n\,Ca\,Al^2\,Si^2\,O^8$.
	Andésine . .	
	Labrador . .	
	Bytownite .	
	Anorthite . .	$Ca\,Al^2\,Si^2\,O^8$.

* * *

Une caractéristique intéressante des orthoses, au point de vue chimique, dit Ph. Barbier[2], est qu'elles renferment toujours soit du lithium, soit du rubidium, ou même les deux éléments simultanément. Elles offrent des macles variées que nous étudierons à propos des plagioclases. Différents auteurs y ont signalé des « faces vicinales » (faces cristallines) ayant des indices très élevés, entre autres : (500, 527, 0), ($\overline{110}$, 110, 1). Nous mentionnons ce dernier fait, car le sujet des faces vicinales reviendra souvent sous notre plume au cours de la dissertation.

Notre étude ayant porté plus spécialement sur les plagioclases, nous passons sans autre sur le groupe des feldspaths monocliniques, quitte à y revenir occasionellement à propos des macles.

Disons des feldspaths sodopotassiques qu'ils ont en général des

[1] (44) p. 23.

[2] (19) p. 166.

propriétés analogues à celles des feldspaths potassiques. L'anorthose, qui contient quelquefois de la chaux, est caractérisée par la présence du sodium. Ph. Barbier fait remarquer qu'à l'inverse de l'orthose, le microcline ne renferme ni lithium, ni rubidium, ou s'il en contient, c'est en quantités inappréciables même au spectroscope. Au reste, au microscope, il est aisé de différencier le microcline au quadrillage particulier présenté par la rencontre de deux systèmes de macles polysynthétiques, celui de l'albite et celui de la péricline que nous étudierons plus loin.

CHAPITRE II

DES PLAGIOCLASES EN PARTICULIER

1. Définition. — Loi de Tschermak.

Les plagioclases sont des minéraux à propriétés chimiques et physiques très voisines et variant progressivement. De leur étude et de celle des deux termes extrêmes de cette série, l'albite et l'anorthite, M. Tschermak, en 1864, conclut à l'*isomorphisme des plagioclases* et considéra les termes intermédiaires comme formés par des mélanges isomorphes en toute proportion d'albite et d'anorthite ; leur forme cristalline est intermédiaire entre celle des termes extrêmes, et leur composition chimique, de même, peut être correctement représentée par une formule de la forme :

$$m^1 \, Ab + m^2 \, An,$$

Ab étant une moélcule d'albite et An une d'anorthite.

Au reste, pour que l'isomorphisme existe il n'est pas nécessaire que les propriétés cristallographiques et optiques des cristaux mixtes soient comprises entre les propriétés des corps mélangés. M. J. Herbette[1], de même que G. Friedel[2] et d'autres, signalent ce fait que la syncristallisation isomorphe peut exister entre deux corps non rigoureusement identiques de forme et de volume ; ils peuvent même appartenir à des systèmes cristallins différents. Dans ces mélanges cristallins isomorphes, des portions infiniment petites des réseaux des corps composants se juxtaposeraient tout en conservant chacune, sans altération sensible, ses propriétés optiques. C'est ce qui semble résulter de l'application des formules de Mallard à des données d'expérience.

---

[1] (17) p. 188.

[2] (6) p. 182

Ainsi, dans l'idée de Tschermak, le mélange pouvant s'effectuer en toutes proportions entre l'albite et l'anorthite, les espèces intermédiaires que l'on rencontre plus fréquemment dans les plagioclases seraient moins des types nettement définis que des combinaisons plus stables, autour desquelles d'autres peuvent se grouper. La série serait par suite considérée comme rigoureusement continue et le fait d'y établir un certain nombre de coupures constituerait une division arbitraire.

* * *

Mallard[1] établit des formules relatives aux propriétés optiques des mélanges isomorphes ; il les appliqua aux plagioclases et l'observation les confirma d'une manière sinon rigoureuse, du moins satisfaisante.

D'autres minéralogistes s'intéressèrent vivement à cette théorie ; les uns l'acceptaient sans réserve, d'autres, au contraire, n'y voyaient que l'expression schématique, pour ainsi dire, du fait réel. D'importants travaux de MM. Des Cloizeaux, Max Schuster, Fouqué, Michel-Lévy, Wallerant[2], etc., publiés sur ce sujet, enrichirent la science minéralogique, non seulement d'arguments théoriques divers, mais aussi et surtout, il le fallait dans ce cas, de nombreuses observations contrôlant la loi de Tschermak. Parmi eux, il convient de citer tout particulièrement Fouqué[3] qui, se basant sur les résultats de ses recherches sur les plagioclases des roches volcaniques d'Auvergne, proposa une autre interprétation : entre l'albite et l'anorthite existeraient quelques espèces intermédiaires à composition définie qui, en se mélangeant, formeraient des composés intermédiaires entre elles.

Par une longue série d'expériences, MM. Fouqué et Michel-Lévy[4] obtinrent artificiellement des plagioclases intermédiaires entre l'albite et l'anorthite, soit l'oligoclase et le labrador, dont la teneur en soude et en chaux était conforme à la théorie de Tschermak ; pour d'autres mélanges de composition intermédiaire, les constantes optiques, en particulier les maxima des angles d'extinctions, ne concordaient pas avec les valeurs prévues par la théorie de l'isomorphisme des feldspaths tricliniques. D'où ces auteurs conclurent qu'entre l'albite et l'anorthite il n'y a que deux feldspaths, oligo-

---

[1] (23) p. 277.

[2] Voir les premiers bulletins de la Société française de Minéralogie et ailleurs dans la liste bibliographique.

[3] (14) p. 607

[4] (9) p. 63.

clase et labrador, à propriétés optiques constantes, si l'on se borne à considérer les microlithes.

Fedoroff[1], de son côté et par une voie théorique, arrive à des conclusions analogues ; pour lui les membres de la série des plagioclases ne représentent pas une simple série isomorphe ; on peut y séparer des types fondamentaux qui sont[2] : l'albite, l'oligoclase, le labrador et l'anorthite ; ces propositions se confirmèrent par les solutions de ses nombreuses analyses qui, bien qu'elles s'étagent un peu sur toute la série, se groupent visiblement autour de certains types.

Un autre fait duquel la loi de Tschermak ne tient pas compte est la présence de potassium, parfois en proportions notables dans la plupart des plagioclases[3]. A cet égard, dit Miers, on peut supposer que l'orthose monoclinique s'associe isomorphiquement aux plagioclases tricliniques, ou bien, qu'étant dimorphe, le feldspath potassique présente une modification triclinique qui peut se mélanger avec les autres plagioclases. C'est ce que M. Sabot[4] croit découvrir et expliquer en introduisant dans la discussion de l'isomorphisme des plagioclases le terme d'orthose « labile », ou orthose triclinique, opposé à celui d'orthose « stabile » ou orthose monoclinique.

Que la potasse révélée dans les analyses des plagioclases appartienne à un feldspath « labile », « stabile », ou... mobile, tant que des analyses microchimiques ou autres n'en auront pas déterminé avec précision le système cristallographique, on ne pourra faire au sujet de son rôle que des hypothèses qui deviendront certainement très intéressantes le jour où elles seront vérifiées.

En outre, ce qui ôte un peu de sa rigueur à la loi de Tschermak, c'est que les types albite et anorthite, représentés par Ab et An dans l'expression de cette loi, sont des types théoriques, car presque toutes les analyses d'albite révèlent des traces de potasse et, surtout, l'anorthite exempte de soude est très rare. Voici ce que nous relevons dans les analyses données par Hintze[5] :

Sur 103 analyses d'albite aucune ne fournit la composition théorique ; 21 seulement ne contiennent pas de chaux ; sur ces 21, 8 ne révèlent pas la potasse et les autres signalent des traces de Fe, Mg, Fl, Li ou Mn.

Pour l'anorthite, 82 analyses suggèrent des remarques analogues.

---

[1] (29) p. 632, 638.

[2] (31) p. 249.

[3] (29) p. 605 ; (44) p. 128 ; (42) p. 558.

[4] (51).

[5] (43) p. 1470 ; 1550.

Seules, 16 d'entre elles n'accusent pas de soude ; 24, pas de potasse ; on n'en compte que 13 sans soude et sans potasse, mais avec traces de Fe et de Mg. De celles qui ne contiennent pas d'alcali, aucune n'est exactement ramenée à 100 ; de même pour les analyses d'albite ne contenant pas de chaux.

A l'appui de la théorie de Tschermak, il convient d'avancer la liaison intime entre les différents termes de la série qui apparaît fréquemment dans les feldspaths zonés. Ceux-ci sont formés par la juxtaposition de bandes concentriques dont la composition chimique, révélée par les propriétés optiques, peut varier soit progressivement, permettant ainsi le passage graduel d'un terme basique, central parfois, à un terme acide périphérique, soit brusquement, mettant en contact direct une zone acide et une zone nettement basique [1].

Ces zones successives, passant insensiblement l'une dans l'autre, d'un plagioclase basique à un autre acide, sont-elles produites par la variation graduelle du mélange isomorphe tel que le veut Tschermak? ou bien sont-ce des microlithes submicroscopiques de plagioclases intermédiaires à composition bien définie, oligoclase et labrador, par exemple, s'associant, avec la même orientation ou maclés, de façon si intime qu'on ne puisse les distinguer au microscope ? Il est impossible avec les moyens d'investigation actuels, pourtant très perfectionnés, de lever l'incertitude sur ce point.

Citons, pour terminer, ces mots de Lacroix[2], qui résument bien la question :

« ... Les récents mémoires de M. Michel-Lévy[3] conduisent à cette conclusion que, pratiquement, les résultats obtenus présentent, avec le calcul, un accord satisfaisant, bien que certains faits » (éclairement commun des feldspaths zonés coïncidant avec les directions d'extinction simultanée) « prouvent que, comme la plupart des lois physiques, la loi de Tschermak n'a pas une rigueur mathématique.

» Quel que soit du reste le point de vue auquel on se place, que l'on admette la continuité absolue dans la série des plagioclases ou qu'au contraire on accepte l'existence de types définis, intermédiaires entre l'albite et l'anorthite, il est nécessaire, pour la facilité des descriptions, d'établir parmi les plagioclases un certain nombre de coupures. »

---

[1] (18) p. 94 et suivantes.

[2] (44) p. 128.

[3] (41).

CHAPITRE III

DES MACLES EN GÉNÉRAL.

Nous nous proposons maintenant de donner un aperçu de la théorie des macles pour introduire et discuter le sujet des macles des plagioclases.

§ 1. Définition de la macle.

Diverses théories ont été émises par des minéralogistes de valeur tels que, entre autres, Mallard, Wallerant, Friedel, Fedoroff, Viola, etc. Bien que partant de points de vue différents et concevant la matière cristalline chacun sous un aspect particulier, ces auteurs arrivent cependant à une conclusion commune : la symétrie ou la pseudo-symétrie des réseaux des individus maclés par rapport à certains éléments cristallographiques.

« Une macle, dit G. Friedel[1], est un édifice hétérogène formé de l'association de deux ou plusieurs cristaux homogènes, de même nature, orientés suivant des lois déterminées. » Pour que cette définition puisse s'appliquer aux feldspaths, nous ne devons pas comprendre le terme homogène dans un sens absolu ; car des plagioclases zonés, formés par conséquent de couches concentriques de composition parfois bien différente, se rencontrent fréquemment maclés.

Pour Wallerant[2], c'est un « groupement de deux cristaux symétriques par rapport à un plan, quelle que soit la surface d'accolement », et il se maintient dans la généralité de cette définition, s'opposant à la distinction que Friedel établit dans ses macles.

Celui-ci[3], en effet, interprétant les idées de Mallard, pose : «Les orientations de deux cristaux maclés sont toujours symétriques l'une de l'autre par rapport à un *plan réticulaire* simple du réseau, ou tournées l'une par rapport à l'autre de $\frac{2\pi}{n}$ autour d'une *rangée* ($n = 2, 3, 4, 6$), ou symétriques par rapport à un point. » Pour préciser, il appelle « *plan de macle, axe de macle, centre de macle,* les éléments réticulaires par rapport auxquels les deux cristaux

[1] (6) p. 132 ; p. 135

[2] (5) p. 54.

[3] (6) p. 132 ; p. 135.

sont symétriques, non seulement quant à leur réseau, mais quant à toutes leurs propriétés physiques. »

La notion de symétrie est donc à la base de la définition de la macle, et un réseau peut se déduire de l'autre aussi bien par rapport au plan de macle que par rotation de 180° autour de la normale au plan de macle, fonctionnant comme axe binaire du groupement. Cette perpendiculaire, en général, *n'est pas une rangée*, donc n'est pas axe de macle au sens défini ci-dessus. Et Friedel ajoute que c'est masquer « le rôle essentiel des éléments réticulaires dans le phénomène » que d'introduire, dans sa définition, la normale au plan de macle qui n'est en somme qu'une directive géométrique ne représentant rien de particulier dans le réseau... » « De même, dit-il, quand il existe un axe de macle, il n'y a aucun intérêt à considérer les plans par rapport auxquels les réseaux sont symétriques... lorsque ces plans ne sont pas des plans réticulaires » ; le rôle essentiel revient ici à la rangée qui est l'élément directeur.

Cette séparation des macles en deux catégories, établies également par Mallard[1], me semble répondre à l'observation des faits : dans le premier cas, le plan de macle est presque toujours droit ou très voisin de l'être. Les deux cristaux sont simplement juxtaposés suivant un plan : c'est la « *macle* » proprement dite. Dans le second cas, il est généralement gauche, donnant lieu à des pénétrations ; la symétrie paraît alors dépendre uniquement de l'axe de macle ; Mallard désigne les associations de ce genre : *groupements par pénétration*.

Etudions ces deux modes de groupements l'un après l'autre.

§ 2. Des groupements par juxtaposition ou « macles ».

Pour définir la « macle », il suffira d'indiquer la face d'association. Celle-ci doit satisfaire à certaines conditions : elle ne peut pas être un plan réticulaire quelconque[2]. D'après Bravais[3], une face quelconque du cristal peut devenir plan d'hémitropie ; mais, comme le plan d'hémitropie a existé comme face limite à une époque quelconque de la cristallisation, et comme tous les plans réticulaires n'ont pas la même chance d'être face limite, « il s'ensuit que le plan d'hémitropie sera presque toujours une face de notation simple, appartenant à une forme normale, ou à une forme parallèle, rarement à une forme oblique ».

[1] (12) p. 452.

[2] (5) p. 36.

[3] (4) p. 132, p. 134.

Donc, un plan de macle doit avoir une grande densité réticulaire ou être parmi les plans du cristal qui ont la plus grande densité réticulaire.

Soret[1] est moins absolu. Il dit que « le plan de macle est le plus souvent une face possible du cristal » ; parfois il « est perpendiculaire à une arête possible du cristal, sans être lui-même une face possible ». Par exemple, pensons nous, lorsque la juxtaposition se fait sur une face vicinale de la face théorique, cette vicinale peut être normale à une arête possible. Il nous est arrivé de trouver des plans de macle oscillant autour du plan g^1 (010), plan de macle théorique pour la loi de l'albite, parfois perpendiculaire à l'arête ph^1 [010]. Une autre possibilité pour la surface de juxtaposition est d'être à la fois normale à une face possible et parallèle à une face possible.

Pour les macles par juxtaposition ou macles par hémitropie normale des Plagioclases que Friedel range dans les macles par pseudo-mériédrie, la continuation du réseau d'un cristal à l'autre n'est plus qu'approchée[2] ; de sorte que, pour que cette continuation approchée s'effectue « au moins pour les premiers nœuds voisins de la surface séparative, ce qui suffit évidemment pour déterminer la macle, en donnant naissance à l'orientation du cristal 2, il faut que la surface séparative soit plane et parallèle au plan de macle. Tel est le cas en effet chaque fois qu'il y a un plan de macle qui n'est rigoureusement normal à aucune rangée. »

§ 3. Groupements par pénétrations.

Ces macles, sur lesquelles Bravais[3] attire l'attention à propos de la macle de Carlsbad de l'orthose, étaient primitivement considérées comme des hémitropies normales, d'une nature particulière.

L'axe de macle, avons-nous dit, doit être une rangée ; mais toutes les rangées ne pourront pas devenir axes de macle. Celles qui joueront ce rôle en premier lieu seront, pour des axes pairs de macle, binaires si l'on veut, les axes de pseudo-symétrie du réseau, h^1g^1 [001] par exemple, chez les plagioclases. Aucun plan réticulaire ne leur est alors exactement normal, mais il y en a un qui est quasi-normal et qui est plan de pseudo-symétrie du réseau. Ou bien la rangée doit être perpendiculaire à une face d'indice simple ou

[1] (4) p. 132, p. 134.

[2] (6) p. 165.

[3] (2) p. 264 ; (7) p. 10 ; (1) p. 347.

contenue dans l'une d'elles, il faut qu'elle soit parallèle ou normale à une arête d'indice simple, ou encore qu'elle bissecte l'angle que font entre elles ces arêtes.

Friedel[1] démontre que, dans ce cas, « la surface d'accolement pourra n'être pas plane, mais sera astreinte à passer par une droite parallèle à l'axe de macle. Ce sera dans le cas le plus général une surface cylindrique. Rien ne s'oppose d'ailleurs à ce qu'elle soit plane comme cas particulier, mais elle peut n'être pas plane, et, si elle est plane, elle peut n'être pas un plan réticulaire. »

L'orientation du second individu pouvant se déduire de celle du premier par rotation de 180° autour d'une droite contenue dans la surface de contact, ces macles sont désignées habituellement sous le nom d'« hémitropies parallèles ».

§ 4. Surface de séparation.

Dans les deux genres de groupements, hémitropies normales et parallèles, on peut remarquer que les conditions d'équilibre du cristal sont différentes lorsque celui-ci est à l'état d'embryon ou lorsqu'il est largement formé. Par suite, certaines macles, répondant à certaines conditions, pourront se produire à l'état embryonnaire ; mais dès que le cristal a acquis une certaine taille, les conditions d'équilibre ayant aussi changé, la macle ne peut plus se former. Alors, les deux individus maclés pendant la première phase continueront à s'accroître chacun de son côté, en gardant son orientation propre, mais en quelque sorte indépendamment l'un de l'autre. Dans ce cas, la surface de séparation est plane seulement dans la partie de première formation ; ailleurs elle peut être irrégulière, en sorte que la cohésion peut être aussi imparfaite que celle qui existe entre deux cristaux contigus quelconques.

Le changement des conditions d'équilibre liées à l'accroissement n'a aucune influence sur l'orientation d'autres macles qui peuvent, par suite, se former à n'importe quelle période de croissance, le nombre des individus maclés pouvant être quelconque : ces macles sont *répétées* ou dites *polysynthétiques*. Exemple : macles de l'albite, de la péricline, etc.

Pour de telles macles, les deux orientations peuvent assurer également la cohésion et l'équilibre cristallins à n'importe quelle phase de croissance. Par suite « la règle relative au plan d'accolement droit se vérifie en fait, sans restriction ».

---

[1] (6) p. 169.

§ 5. Résumé.

En résumé donc, dans les macles par pseudo-mériédrie de Friedel, quand il y a un plan de macle, cas des hémitropies normales ou des « macles » de Mallard, la surface d'accolement est plane et parallèle au plan de macle : exactement si la macle est répétée (polysynthétique), grossièrement, en général, si la macle n'est pas répétée.

S'il y a un axe de macle, macles par hémitropie parallèle ou par pénétration, la surface d'accolement passe par cet axe, mais peut n'être pas plane, et, si elle est plane, peut n'être pas un plan réticulaire.

Comme exemple du premier cas, citons la macle de l'albite répétée; le plan de macle g^1 (010) est plan de pseudo-symétrie du réseau. L'accolement est plan et parallèle à g^1 (010).

Dans le second cas, nous pouvons citer[1] la macle de la péricline, répétée, où l'axe de macle est [010], axe pseudo-binaire du réseau. La surface d'accolement passe par l'axe, est plane ou à peu près plane, mais n'est pas un plan réticulaire. Ces deux macles sont assez semblables pour l'orientation des cristaux, mais très différentes par la position de la surface d'accolement qui est telle que l'exige la théorie.

Wallerant[2] n'est pas d'accord sur ce point avec Friedel et objecte que « dans bien des groupements par pénétration les cristaux sont accolés suivant des plans et symétriques par rapport à ces plans, tandis que dans la macle proprement dite, très fréquemment il y a pénétration des deux cristaux ». Nous avons vu que Friedel prévient cet argument en distinguant la formation des macles embryonnaires et celle des grands cristaux.

§ 6. Production des macles : conditions géométriques.

Et maintenant, pour que géométriquement la macle puisse se produire, il faut et il suffit[3] que dans le réseau il se trouve des plans réticulaires et des rangées simples normaux ou quasi-normaux. Dans ce cas, la coïncidence du réseau du premier cristal étant presque rigoureuse au voisinage de la surface séparative, l'équilibre de macle est suffisant pour que le phénomène se produise. Il va sans dire qu'il convient de fixer une limite à l'approximation de cette nor-

[1] (6) p. 170.

[2] (5) p. 29.

[3] (6) p. 203.

malité, limite qui ne peut se déterminer qu'expérimentalement par l'observation de la tolérance existant dans les macles. Si cette tolérance est faible, il y a aussi peu de probabilité de rencontrer une rangée très simple parmi les rangées qui sont presque normales ; aussi, « la rencontre constante de ces rangées très simples parmi les rangées quasi-normales constitue une loi remarquable ». Dans le cas de la macle de l'albite et de la péricline, cette tolérance est de 3° à 4°.

D'autres auteurs, tels que C. Viola[1], insistent sur le fait que l'important pour déterminer la macle est que les directions développées en prédominance dans les cristaux s'associent par recouvrement donnant lieu aux diverses macles. Tantôt c'est un même plan dont les éléments homologues se recouvrent parfaitement et devient commun, donc plan de macle (hémitropie normale) ; tantôt c'est une zone seule (hémitropie parallèle), ou une arête seule (macle complexe Albite-Carlsbad, par exemple).

§ 7. Relativité de la loi de macle.

La loi de macle est-elle absolue ? Non. Lorsqu'on dit que la macle est caractérisée par une orientation déterminée des cristaux constituants, cela ne doit pas s'entendre au sens géométrique, car les mesures faites sur ces groupements apparemment parfaits, décèlent en réalité une relativité notable dans la position théorique. Par exemple, dans la macle de l'albite, Des Cloizeaux[2] a constaté que les faces g^1 (010) des deux cristaux, au lieu d'être parallèles, peuvent faire entre elles un angle variable qui va jusqu'à 1° 40′.

Fedoroff[3] et Viola[4] appuient de même sur cette approximation qui est souvent liée à la présence des faces vicinales[5]. Beckenkamp[6] signale aussi des macles sur des faces vicinales.

Nous ne voulons pas dire par là que les macles sur faces d'indices simples ne soient pas la règle, bien au contraire, mais cette loi n'est pas toujours absolument respectée dans la nature, et les faces vicinales sont là pour prouver que, lorsqu'une mesure de macle ne concorde pas tout à fait avec les valeurs théoriques, il ne faut pas *a priori* attribuer ces écarts à des erreurs d'observation ou à des

---

[1] (37) p. 67 et suivantes.
[2] (3) p. 320.
[3] (27) p. 390.
[4] (36) p. 234 ; (37) p. 67.
[5] (39) p. 110.
[6] (28) p. 583.

impuretés, mais aussi parfois à la macle sur une face vicinale (lorsqu'il s'agit d'hémitropie normale). Nous discuterons ce point au cours de l'analyse de notre travail et signalerons en fin les conclusions auxquelles nous a conduit cette étude.

A ce propos, Friedel[1] remarque : « Ces légères variations, assez rarement aussi grandes que dans l'albite, mais souvent bien supérieures aux erreurs de mesure cependant, nous apparaissent comme tout à fait accidentelles. Nous ne pouvons songer actuellement à leur trouver une loi... mais il serait fort intéressant de mesurer l'amplitude de ces variations dans chaque cas. Ces variations accidentelles ou considérées comme telles actuellement, dépassent dès maintenant les erreurs expérimentales. Ce sera l'œuvre de l'avenir de trouver, si possible, autre chose que du hasard dans les écarts constatés entre les lois moyennes et les mesures. »

§ 8. Causes produisant les macles.

Pour provoquer la formation de la macle, différentes causes physico-chimiques peuvent intervenir, entre autres la viscosité du bain magmatique[2]. Les particules, éléments initials de la cristallisation, ne pouvant tourner librement par suite de la résistance du liquide visqueux, ne pourront choisir, à l'exclusion de l'orientation de la substance déposée, que la position dont elles sont le plus voisines; si c'est l'orientation symétrique de la première, il y aura macle.

Mallard[3] admet que le mélange des substances isomorphes influe aussi sur la production des groupements cristallins, de même que le refroidissement de certains minéraux chauffés à haute température.

Nous l'avons dit, pour Viola[4] les feldspaths seraient formés par la juxtaposition de microlithes, et leurs macles prendraient naissance par association, suivant leur direction la plus développée, de microlites ayant un habitus déterminé.

Ce qu'il faut remarquer également, c'est que les groupements sont d'autant plus fréquents que la symétrie propre des éléments composants est plus défectueuse.

D'autres macles, enfin, peuvent se former par voie mécanique,

---

[1] (16) p. 134.

[2] (45) p. 327.

[3] (13) p. 59.

[4] (37) p. 80.

comme Reusch les a réalisées dans son expérience sur la calcite. Nous pouvons signaler à ce sujet l'opinion de Fedoroff[1] qui considère la macle du péricline comme pouvant se produire par pression.

* * *

§ 9. Des faces vicinales.

Puisque nous avons fait allusion aux faces vicinales, ouvrons une courte parenthèse pour en dire quelques mots avant de passer à l'étude des macles des plagioclases.

Les faces qui se forment le plus fréquemment et avec le plus de probabilité chez les cristaux sont les faces d'indices simples ou à grande densité réticulaire. Pourtant cette condition de grande densité réticulaire n'est pas seule en jeu. Les conditions de la cristallisation influent aussi, bien que d'une façon moins marquée, sur la production des faces d'un cristal, et l'action du milieu ambiant se fait surtout sentir pour les formes secondaires. On peut en saisir l'effet en considérant les cristaux de même espèce, mais d'origine différente, chez lesquels le développement relatif des diverses formes simples est différent aussi.

Cette influence du milieu, si elle n'est pas assez notable pour masquer l'importance de la densité réticulaire, est intéressante en ce sens qu'elle fait ressortir certaines particularités de la formation des cristaux, particularités qui passeraient inaperçues si le cristal revêtait toujours la forme idéale satisfaisant à la loi des densités réticulaires.

En effet, dans ces cristallisations apparaissent des faces secondaires, d'indices plus ou moins compliqués et surtout des faces voisines de celles d'indices simples et appelées pour cette raison « *faces vicinales*[2] ». La présence et la fréquence de ces « vicinales » est rendue de jour en jour plus manifeste par le perfectionnement des appareils optiques ; et l'on arrive à se demander si la face d'indice simple n'est pas en réalité une résultante de faces vicinales infiniment petites et en nombre considérable que nos moyens d'investigation actuels ne nous permettent pas de déceler dans tous les cas (*Zeitschrift für Kristallographie und Mineralogie*, Band 40, S. 377). Les faces vicinales existent sur quelques individus de toutes

[1] (27) p. 393.

[2] (16) p. 6, 8.

les substances[1]. Beckenkamp[2] les considère comme des plans limitant les couches de molécules déposées pour former une face importante du cristal ; leur apparition est liée à celle de la face dont elles sont voisines.

Sta-Kreutz[3] les sépare en deux catégories : 1° celles qui sont dues à des troubles dans la construction intérieure du cristal, troubles provenant de l'inhomogénéité ; 2° celles des cristallisations homogènes, non troublées. Elles seraient alors des apparitions de croissance destinées à disparaître. Max Schuster[4] de même, qui leur attribue une grande importance, n'y voit pas une anomalie mais une production, du reste superficielle, très régulière dans la formation du cristal.

Elles ne sont pas distribuées au hasard, mais de préférence autour de certaines positions des faces, appartenant à certaines zones[5], fréquemment même[6] ayant un indice commun.

Leurs indices sont en général très élevés ; par exemple, dans l'orthose et le microcline, on a signalé entre autres : (500, 527, 0), ($\overline{110}$, 110, 1), ($\overline{15}$, 0, 13)[7].

Différents auteurs[8] attribuent la production des faces vicinales aux courants de concentration qui affluent sur le cristal en formation, et ils remarquent que leur position dépend des facteurs suivants : 1° de l'intensité du courant de concentration ; 2° de la direction de ce dernier par rapport à la face considérée ; 3° de la forme de la face.

Nous avons déjà cité plus haut le fait que des macles ont été déterminées sur des faces vicinales. Fedoroff[9], dans ses études sur les feldspaths d'après sa méthode, signale aussi le cas où, dans la macle de l'albite, le plan de macle ne coïncide pas exactement avec le plan g^1 (010). Nous-même avons remarqué ce dernier fait au cours de nos déterminations.

---

[1] (16) p. 15.

[2] (16) p. 11.

[3] (39) p. 110.

[4] (16) p. 9.

[5] (16) p. 53.

[6] (16) p. 8.

[7] (43) p. 1336

[8] (34) p. 461.

[9] (29) p. 604.

CHAPITRE IV

MACLES DES PLAGIOCLASES

Revenons maintenant à nos plagioclases pour en étudier les macles. Celles-ci sont les mêmes que celles des orthoclases, sauf que le système triclinique des premiers permet une plus grande variété d'associations. Nous pourrions les séparer en macles par hémitropie normale et en macles par hémitropie parallèle. Il me semble plus normal de les grouper par faces d'association, en nous approchant ainsi de la classification de C. Viola[1] qui estime, nous l'avons déjà dit précédemment, que l'élément jouant le rôle important dans les groupements est celui qui est le plus développé, soit une arête, soit une zone, soit une face. Pour lui, l'« habitus » est donc en relation étroite avec le genre de macle.

L'auteur arrive à la conclusion que dans les plagioclases, il peut exister sept sortes de macles qui ont la face g^1 (010) commune, et en outre :

1° Toutes les arêtes de la face (010) sont communes : albite ;
2° La zone [001] est commune : loi de Carlsbad de 1re espèce ;
3° L'arête [001] est commune ; loi de Carlsbad de 2me espèce ;
4° La zone [100] est commune ;
5° L'arête [100] est commune ;
6° Les arêtes [100] et [001] se recouvrent.
7° L'arête [100] d'un individu recouvre l'arête [00$\bar{1}$] de l'autre et, retournée, l'arête [001] de l'un recouvre l'arête [$\bar{1}$00] de l'autre.

Les cinq premières associations sont plus vraisemblables que les deux dernières ; pourtant les lois 4, 5, 6, 7 sont plus répandues qu'on ne le croit, dit Viola ; 4 et 5 plus que 6 et 7.

§ 1. Macles ayant la face g^1 (010) commune.

1° En outre, elles ont toutes les arêtes de g^1 (010) communes.

Macle de l'albite.

C'est une des macles les plus fréquentes ; la face g^1 (010) et l'arête [001] développées en prédominance caractérisent son habitus[2] ; presque toujours polysynthétique. Comme nous l'avons signalé antérieurement, Des Cloizeaux[3] a constaté qu'en général

[1] (36) p. 234.
[2] (37) p. 77.
[3] (3) p. 320.

les plans g^1 (010) des deux individus ne sont pas confondus, mais font un petit angle variant de 0°40′ à 1°40′. Cette macle est considérée et définie presque toujours comme une hémitropie normale autour de la perpendiculaire à g^1 (010).

2° La zone [001] est commune : loi de Carlsbad de 1re espèce ou *Macle de Carlsbad proprement dite.*

Définie habituellement comme hémitropie parallèle autour de [001]. Elle est également très fréquente, souvent aussi à interpénétrations ; elle n'est pas répétée. C. Viola remarque qu'elle se produit toujours et seulement lorsqu'elle présente le même habitus que celui de l'albite. Le plan d'association est généralement g^1 (010) ou une face de la zone commune [001][1], (h^1 (100) pour l'orthose); parfois perpendiculaire à g^1 (010)[2], ou à l'axe de macle.

3° *L'arête* [001] *est commune.*

Elle peut être considérée comme une hémitropie parallèle autour de la perpendiculaire à [001], dans g^1 (010) et est la macle désignée par Fedoroff sous le nom de : *complexe albite-Carlsbad.* Cette normale à [001], dit Friedel[3] « n'est pas une rangée et il est bien probable que le véritable axe de macle est la rangée [201] qui, dans l'anorthite fait un angle de 0°15′ avec la normale à [001] située dans g^1 (010), et dans l'albite 0°22′ ». Signalée par Hintze[4], elle a été rencontrée par Fedoroff qui en décrit quatre exemples. Il l'explique en supposant qu'une lamelle embryonnaire II liée avec I suivant l'albite, avec III suivant Carlsbad, est restée à l'état de germe de cristal entouré par la croissance rapide de I et III, sans pouvoir elle-même croître. Autrement dit, cette macle est dépendante et résultante des macles de l'albite et de Carlsbad. Nous verrons dans l'analyse de notre étude microscopique *qu'il peut se présenter des cas où elle est une macle indépendante, au même titre que les autres.*

Citons la macle du *Roc Tourné*[5] trouvée seulement en France, dans l'albite de certains gisements et qu'on considère comme une double macle de l'albite avec interpénétrations irrégulières suivant face d'accolement théorique voisine de h^1 (100). Puisque c'est une

---

[1] (51) p. 73.

[2] (44) p. 26, 153, 181.

[3] (6) p. 475.

[4] (43) p. 1448, 1512, 1533.

[5] (5) fig. 23 ; (44) p. 28.

macle à interpénétrations, on pourrait l'expliquer, il nous semble, comme formée par deux couples suivant l'albite maclés l'un par rapport à l'autre autour du complexe albite-Carlsbad ; ou encore comme deux macles suivant Carlsbad, 1-4, 2-3, avec plan d'accolement presque normal à g^1 (010) ; ces deux macles étant complétées chacune par une macle de l'albite, on aurait ainsi le groupement schématique donné par Michel-Lévy dans ses *Déterminations des Feldspaths* (fig. 1, p. 21), schéma qui représenterait ici, non seulement les propriétés optiques, mais la position relative cristallographique.

1	2
3	4

4° *La zone* [100] *est commune.*

Peut être définie comme une hémitropie parallèle autour de l'arête pg^1 [100], et, par analogie avec le macle d'Ala qui se forme sur la face p (001) avec le même axe de rotation, nous appellerons celle-ci, par extension, *Ala sur* g^1 (010). Elle n'est pas fréquente, et a été signalée seulement quelquefois[1].

5° *L'arête* [100] *est seule commune.*

Comme la macle n° 3, elle peut être expliquée par une rotation autour de la normale à [100] dans g^1 (010) : c'est la macle *complexe albite-Ala.* W.-W. Nikitin en a étudié un échantillon[2].

6° *Les arêtes* [100] *et* [001] *se recouvrent.*

Viola l'appelle : *Loi de Strathblauer n° I.* Peut être envisagée comme résultant d'une rotation autour d'un axe normal à a^1 ($\bar{1}01$) qui bissecte l'angle aigu des arêtes [100] et [001][3]. C'est une macle rare, car il est exceptionnel de rencontrer l'habitus correspondant, Strathblauer habitus, où [100] et [001] soient également développées.

7° *L'arête* [100] *d'un individu recouvre l'arête* [00$\bar{1}$] *de l'autre.*

Loi de Strathblauer n° II. Ici l'axe de rotation bissecte l'angle obtus des arêtes [001] et[100]. Aussi rare que la précédente.

§ 2. Macles ayant la face p (001) commune.

Et en outre :

1° *Toutes les arêtes de cette face sont communes.* Elle est désignée habituellement sous le nom de *macle de Manebach ou de Four-la-*

[1] (51) p. 73 ; (52) p. 370 ; (54) p. 1.

[2] (38) p. 300.

[3] (37) p. 79.

Brouque[1] et rentre dans la catégorie des hémitropies normales, par rotation autour de la normale à p. (001).

2° *La zone* [010] *est commune.*

C'est la *macle du Péricline*, hémitropie parallèle autour de ph[1] [010], plan d'association variant dans la zone [010] avec le pour cent (%) d'anorthite; elle est polysynthétique, à fines lamelles, généralement visibles seulement au microscope ; les cristaux d'albite la présentent à l'état macroscopique.

Cette macle semble liée à un habitus que Viola[2] appelle « habitus du Péricline », caractérisé par la prédominance de la face (001) aux dépens des autres éléments principaux ; les faces (010) et (110) sont également développées et a[1] ($\bar{1}01$) se forme nettement. « Les arêtes [100] et [010] sont presque égales ; la dernière est déterminée par ($\bar{1}01$) et par l'existence de nombreuses stries ; elle a donc dans les unions du cristal la préférence sur les autres arêtes. La concrescence que l'on peut attendre ici est déterminée par le parallélisme de (001) et [010]. »

Pour Fedoroff[3], cette macle, à l'exclusion des autres macles des plagioclases, peut se produire par pression.

3° *L'arête* [010] *est commune.*

Désignée par Viola[4] sous le nom de *Loi de Scopi*. Nous l'expliquons par rotation autour de la normale à l'arête [010], dans p (001), et par suite cette macle peut s'appeler : *complexe Manebach-Péricline*[5]. Elle semble liée à l'habitus du Péricline.

4° *Zone* [100] *commune.*

C'est la macle d'Ala[6] ou de l'Esterel hémitropie parallèle autour de pg[1] [100].

5° *L'arête* [100] *seule est commune.*

C'est une hémitropie parallèle autour de la normale à [100] contenue dans p (001) ; signalée à deux reprises, entre autres par W. W. Nikitin[7]. Ce serait le *complexe Ala-Manebach.*

---

[1] (37) p. 79 ; (44) p. 27.
[2] (37) p. 78.
[3] (27) p. 393.
[4] (32) p. 305.
[5] (55) p. 1 ; (37) p. 78.
[6] (55).
[7] (38) p. 300 ; (55) p. 3.

* * *

§ 3. Macle de Baveno.

Une autre macle des Feldspaths bien connue est la

Macle de Baveno.

On a l'habitude de la considérer comme une hémitropie autour de la normale à i ½ (021) avec plan d'association confondu avec i ½ (021). Or, Viola[1], après une étude approfondie sur ces macles, arrive à la conclusion que la définition ci-dessus n'explique pas complètement le phénomène principal mais le masque plutôt.

Ayant nous-même, dans une de nos sections analysées, constaté les mêmes particularités que Viola sans avoir obtenu ni la face (021) ni sa normale, nous allons détailler un peu ce que cet auteur a observé.

Pour l'orthose, la macle de Baveno peut être définie p(001) sur g^1 (010)[2]. En effet, l'étude de la surface de contact, irrégulière, parfois écailleuse, montre que par places g^1(010) et p(001) alternent, réunis par une face à peu près à 45°. Dans l'adulaire, de même, lorsque le plan de macle présente une face se rapprochant de (021) ou $(0\bar{2}1)$, cette dernière est associée à des segments (001) et (010). Et l'auteur constate que cette macle est liée à un habitus déterminé qu'il nomme « habitus de Baveno[3] », caractérisé en première ligne par la direction [100] fortement développée, en deuxième ligne par les faces (010) et (001) se recouvrant identiquement ou réciproquement. Après l'union des individus maclés, ceux-ci continuent à croître avec les faces de liaison p(001) et g^1(010). Puis Viola ajoute : « ... Si cela est vrai, que les individus s'unissent toujours suivant leurs éléments prédominants, nous pouvons attendre que le recouvrement de ces éléments ne soit pas toujours absolu... comme cela se vérifie, en fait, dans les meilleures macles que nous possédons. » Nous devons remarquer que dans la macle de Baveno que nous avons étudiée, cette relativité du parallélisme de [100] et des faces p (001) et g^1 (010) était manifeste.

Cette macle n'est pas fréquente ; car, dit Viola[4], « les principales associations des plagioclases se produisent en fait suivant le clivage (001) ou (010) ; et un parfait équilibre entre ces deux lieux, comme

---

[1] (37) p. 73.

[2] (11) p. 68 ; p. 72, 73.

[3] (37) p. 68, p. 72, 73.

[4] (37) p. 77.

c'est le cas dans l'habitus de Baveno, ne se trouve presque jamais ; de telle sorte que la macle suivant la loi de Baveno est un phénomène très rare et digne d'un musée. »

§ 4. Autres macles.

D'autres macles peuvent se produire par association de faces différentes, telle que celle que F. Gonnard[1] a observée sur l'orthose. Pour les autres groupements des plagioclases, moins fréquents, nous renvoyons à Wallerant[2] et à Hintze[3].

Signalons pourtant encore que la méthode de Fedoroff permet de reconnaître assez facilement les nouvelles macles. L'auteur[4] lui-même en a découvert une formée de quatre individus, maclés en croix, et tels que :

Macle de Bogoslowsk $\left\{ \begin{array}{l} A_{1\text{-}4} = A_{2\text{-}3} \perp \text{à } (142) \\ A_{1\text{-}2} = A_{3\text{-}4} \perp \text{à } (32\bar{3}) \\ A_{1\text{-}3} = A_{2\text{-}4}\ [3\bar{2}2] \end{array} \right\}$ A = axe de macle.

* * *

§ 5. Remarques.

Il va sans dire que toutes les macles ne se produisent pas avec la même fréquence. Viola[5], par ses considérations sur les habitus, peut conclure que la loi de Baveno est dépendante de l'habitus de Baveno, celle de Manebach de l'habitus de Baveno et de celui du péricline ; celle de l'albite aussi de deux habitus : les habitus de Carlsbad et microlithique. Par suite, la macle de Manebach se produira plus souvent que celles de Baveno et du péricline, lesquelles sont liées seulement à un habitus ; de même celle de l'albite est plus probable que celle de Carlsbad ; celle-ci et les macles du genre Carlsbad (macle Complexe-albite-Carlsbad), la macle de Scopi (Complexe-Manebach-péricline) et les autres associations sont plus problématiques.

Particularité intéressante à noter : les plus fines lamelles suivant la loi de l'albite, s'observent chez les plagioclases dont la syngonie se rapproche le plus de la syngonie monoclinique, soit entre 20 et 30% An., et cela parce que la position d'équilibre de la molécule,

---

[1] (11) p. 307.
[2] (5).
[3] (43) p. 1342.
[4] (27) p. 364.
[5] (37) p. 79.

obtenue par rotation de 180° autour de la ⊥ à (010), est aussi stable que la position initiale. L'échange fréquent, mais fortuit, de ces deux orientations est par suite le plus vraisemblable pour ce membre de la série. Pour les autres macles, l'orientation de l'individu 2 est beaucoup moins stable que celle de 1 ; par suite, un accident particulier doit intervenir pour produire le phénomène de macle[1].

Les macles que nous avons citées ne se produisent pas toujours seules ; fréquemment elles s'associent et forment parfois des groupes complexes composés de cinq, sept, même neuf individus différemment orientés. Dans l'exposé de nos analyses ressortiront les groupements les plus fréquents.

§ 6. Différence de % d'An. des individus maclés.

Nous devons maintenant dire quelques mots sur la composition des individus maclés. Celle-ci[2] est, dans la majeure partie des cas, la même pour les deux individus ; cependant, elle présente parfois, non seulement de légères différences, mais des écarts notables que l'on peut mettre en évidence grâce surtout à la méthode de Fedoroff[3], et tels que l'inégalité entre les constantes des deux individus peut être très marquée ; par exemple, changement de signe dans l'angle des axes optiques. Fedoroff a observé un cas où pour l'un des individus 2 V = + 82° et pour l'autre − 86° ½.

Ces généralités établies, nous allons donner en quelques pages le principe des méthodes de détermination de Michel-Lévy et de Fedoroff.

IIme PARTIE

MÉTHODES DE DÉTERMINATION

Les méthodes les plus pratiques pour la détermination des feldspaths sont celles de Michel-Lévy et de Fedoroff ; aussi ne mentionnerons-nous que ces dernières. Pour l'historique des autres procédés nous renvoyons à l'*Etude sur la détermination des feldspaths dans les plaques minces*, 1894, Paris ; 1er fascicule, où Michel-Lévy en fait une étude descriptive et critique.

---

[1] (27) p. 393.

[2] (10) p. 233.

[3] (14) p. 283 ; (29) p. 605, 626, 646, 648.

CHAPITRE PREMIER

MÉTHODE DE MICHEL-LÉVY

Michel-Lévy utilise les angles d'extinction sur des sections optiquement ou cristallographiquement orientées. Les types qui lui ont servi à établir ses formules ont été étudiés par Des Cloizeaux ou Fouqué, ou contrôlés par l'auteur sur ses feldspaths produits artificiellement[1]. Au moyen de ses formules mathématiques[2] destinées à connaître les angles d'extinction sur une face quelconque, l'auteur a pu obtenir une série de courbes qui doivent donner le pour cent (%) d'anorthite lorsqu'on connaît ces angles et l'orientation de la section. Pour serrer le problème et lever l'incertitude en cas d'ambiguité, Michel-Lévy étudie aussi l'angle d'extinction sur l'individu 1′ associé à 1 suivant la loi de l'albite, et lorsque la section 1 est orientée. Les sections en zones sont également examinées et donnent des renseignements précieux surtout sur les microlithes. L'auteur tire parti aussi des positions d'éclairement commun pour les zones des feldspaths.

L'inconvénient que présente cette méthode réside dans la difficulté qu'il y a de fixer exactement : 1° la position d'extinction, difficulté qui s'atténue plus ou moins avec la pratique ; 2° le degré d'erreur dans l'orientation de la section ; 3° finalement, dans la chance plus ou moins grande qu'il y a de trouver des sections bien orientées dans des coupes où les cristaux ont des orientations diverses.

Mais cette méthode présente le grand avantage de pouvoir être rapide entre les mains d'un opérateur expérimenté, car elle ne nécessite pas d'accessoires optiques longs à régler ou exigeant des mesures de correction. Elle est indispensable, à mon sens, lorsqu'il s'agit de déterminer les plagioclases dans des roches où ceux-ci sont seuls à l'état microlithique, trop petits pour se prêter à l'étude suivant la méthode de Fedoroff.

Pour plus de détails sur cette méthode, consulter la bibliographie[3].

Michel-Lévy avait établi ses courbes pour la macle de l'albite seule ; les extinctions pour la macle de Carlsbad peuvent se déduire de ses épures du 1er fascicule. Ces macles étant les plus fréquentes, il semblait qu'elles pouvaient suffire à la détermination des feld-

---

[1] (21) (22).

[2] (40) p. 11.

[3] (41), (22′), (53), (10), (15), (15′).

spaths. Il n'en fut pas ainsi, et Duparc et Pearce[1], en 1901, fixèrent les angles d'extinction pour la macle du péricline. Récemment nous avons eu l'occasion d'établir cette constante pour les autres macles se produisant sur la face p (001)[2]. Ces dernières valeurs, bien qu'étant loin de présenter l'utilité de celles relatives aux macles sur g^1 (010), plus fréquentes, peuvent rendre occasionnellement service lorsque les premières restent sans résultat.

CHAPITRE II

MÉTHODE DE FEDOROFF

§ 1. Historique de la méthode.

Telle que nous la connaissons aujourd'hui, cette méthode n'est que le perfectionnement de géniales conceptions émises, en langue russe, par l'auteur déjà en 1889 et traduites en allemand en 1893[3]. L'année suivante paraissait la deuxième partie de ce travail[4]. Enfin, en 1895, 1896 et 1898[5], Fedoroff parachève sa méthode et l'applique spécialement aux feldspaths dont il fait une étude critique tant au point de vue de la composition chimique que des données optiques.

En m'occupant de cette méthode, je ne l'étudierai que relativement aux feldspaths, sans m'occuper des services qu'elle rend dans la détermination des autres minéraux.

§ 2. Principe de la méthode.

A l'inverse de Michel-Lévy, qui se sert des sections optiquement ou cristallographiquement orientées, Fedoroff en utilise une quelconque. La coupe qui la contient, fixée dans une platine mobile à la cardan, peut être traversée dans une direction quelconque par le pinceau lumineux issu du polariseur ; autrement dit, grâce à ce procédé génial il devient possible d'étudier au microscope, sur une section taillée au hasard, les propriétés que présente le minéral suivant toutes les directions de l'espace, théoriquement du moins,

[1] (22').

[2] (53), (54), (55), (56).

[3] (24) p. 574.

[4] (25) p. 244.

[5] (26) p. 225 ; (27) p. 339 ; (29) p. 604.

car en pratique le châssis contenant la préparation et les accessoires optiques de la platine universelle ne permettent un examen précis que dans certaines limites d'inclinaison de la platine. Nonobstant, il est possible, en général, d'amener suivant l'axe du microscope une direction particulièrement intéressante, soit les indices de l'ellipsoïde, soit les axes optiques, soit des plans de macle ou de clivage, etc., etc.

Cette méthode tient compte aussi de l'extinction ; mais, au lieu d'en reporter la valeur sur des courbes établies d'avance en fonction du % d'An. comme procède Michel-Lévy, Fedoroff l'utilise comme phénomène lui indiquant qu'une section particulièrement intéressante, par exemple une des sections principales de l'ellipsoïde optique, présente une position déterminée qui peut être reportée sur le canevas stéréographique au moyen des deux coordonnées (longitude et latitude, par rapport à des repères fixés d'avance) de son pôle. De la sorte, il est possible de fixer la position relative des éléments des ellipsoïdes maclés, du plan et de l'axe de macle, des clivages, etc. Sur l'épure stéréographique obtenue, l'on peut aisément se rendre compte de la situation des ellipsoïdes par rapport aux éléments cristallographiques, puis mesurer les angles faits par les indices principaux avec tel élément cristallographique, plan et axe de macle. Ces angles reportés sur des courbes tracées à l'avance en fonction du pour cent (%) d'An., fixent en définitive le % An. et la macle du feldspath à l'étude. L'épure stéréographique fournit aussi parfois la valeur de l'angle des axes optiques 2 V.

Par conséquent, la sûreté du diagnostic dépend essentiellement de la précision de l'extinction, car c'est elle qui permet de fixer la position de l'ellipsoïde. Cette extinction est-elle toujours parfaite et les anomalies du canevas de travail ou des solutions proviennent-elles alors uniquement de la maladresse de l'opérateur ? Pas toujours.

§ 3. — **Irrégularités.**

Avant d'examiner quelles en sont les causes, voyons de quelle nature peuvent être ces irrégularités.

1° L'axe de macle, qui s'obtient sur le canevas en traçant les grands cercles qui passent par les indices homologues des deux ellipsoïdes maclés, au lieu d'être un point, est représenté par un triangle de grandeur variable, trop grand parfois pour être considéré comme bon ; si le triangle est petit, d'un centimètre de côté environ, l'épure est satisfaisante à son égard ; plus petit, de 2 à 4 mm. de côté au plus, nous l'estimons très bonne.

2° L'axe de macle ne tombe ni dans le plan de macle, ni sur le pôle du plan de macle.

3° Les coordonnées du pôle du plan de macle par rapport au indices des deux individus maclés ne sont pas égales.

Et maintenant quelles peuvent être les causes de ces anomalies ?

§ 4. *A*. Extinction très nette.

Chaque individu présente une composition chimique homogène ; son % d'An. est constant sur toute la plage à l'étude et l'équilibre moléculaire interne n'a pas été détruit par la pression ou par des tensions intérieures. Alors, si l'axe de macle n'est pas représenté sur le canevas par un point ou par un triangle très petit pouvant être assimilé à un point, deux explications de ce fait sont possibles.

1° L'opérateur n'a pas déterminé exactement les extinctions et cela déplace de telle sorte sur le canevas la position des individus maclés qu'ils ne sont plus tout à fait symétriques par rapport à l'axe de macle, condition qui définit la macle ; (l'axe de macle n'étant pas considéré ici exclusivement comme une rangée, mais aussi comme direction géométrique normale au plan de macle.)

Ces erreurs de travail sont nettement visibles si l'on contrôle l'angle des indices principaux d'un même ellipsoïde. Ils sont de 90° dans les conditions sus-indiquées d'homogénéité et d'équilibre interne. S'ils diffèrent de 3° à 4° au moins de 90°, c'est que le travail n'est pas fait avec assez d'exactitude. On ne peut alors tirer des conclusions rigoureuses du canevas de travail.

Mais ce cas 1° est pratiquement éliminé, car dès que la position de deux des indices est obtenue sur le canevas, on vérifie s'ils sont à 90° l'un de l'autre et, dans le cas contraire, on reprend l'étude de l'extinction jusqu'à obtention de la perpendicularité ; alors seulement on poursuit la détermination.

Lors donc que ces angles sont égaux à 90° — à un ou deux degrés près — l'exactitude du travail est satisfaisante. Alors l'anomalie du triangle représentant l'axe de macle est due :

2° Au fait que les ellipsoïdes des deux individus pseudo-maclés ne sont pas tout à fait symétriques par rapport à cet axe, parce que la macle n'est pas rigoureuse, soit par suite d'une légère différence de % d'An. entre les deux individus, soit parce que les plans qui s'associent ne sont pas les mêmes.

3° L'axe de macle, ou plutôt le pseudo-axe de macle, est représenté sur le canevas de travail par un triangle si grand, qu'il ne peut plus être attribué à la maladresse de l'opérateur. Alors une autre explication s'impose : le pseudo-axe en question n'est pas axe de macle rigoureux, il est simplement une ligne par rapport à laquelle les ellipsoïdes sont plus ou moins symétriques. Le cas peut se présenter

lorsque nous avons en présence trois individus maclés. On sait[1] que, dans ce cas, la position de l'individu 3 relativement à l'individu 1 lui est symétrique par rapport à une droite normale au plan des axes de macle 1-2 et 2-3, à la condition *sine qua non* que ces axes soient perpendiculaires l'un sur l'autre. A mesure que l'angle de ces deux droites s'éloigne de 90°, la dissymétrie de position de 3 par rapport à 1 s'accuse autour de l'axe 1-3, et le triangle relatif à cet axe 1-3 augmente de surface sur le canevas.

Inversement, si, pour un axe de macle, nous obtenons un grand triangle et pour les deux autres des triangles très petits, voire même des points, nous en conclurons que ces derniers axes ne sont pas perpendiculaires l'un sur l'autre. Nous aurons l'occasion dans la suite de cet exposé de présenter des cas de ce genre.

Si nous avons simplement deux individus en présence, apparemment maclés, la grande dimension du triangle de l'axe indique que les ellipsoïdes ne sont guère situés symétriquement par rapport à cet axe, autrement dit qu'il n'y a pas *macle*, mais seul accolement, suivant un plan plus ou moins net, dû à la pression ou à la cristallisation d'un feldspath secondaire dans les fentes de clivage d'un feldspath primaire[2]. J'ai observé le cas dans un schiste où deux individus s'étaient joints suivant un plan si net qu'ils semblaient apparemment maclés. L'étude optique me montra qu'il n'y avait pas macle, mais simple soudure due peut-être et probablement à la pression.

Autre cause qui donne à l'axe de macle une grande surface : les deux individus présentent un % d'An. différent. Dans ce cas, il y a macle approximative cristallographiquement, mais non optiquement. Les coordonnées du pôle P par rapport aux deux individus sont ici très différentes.

§ 5. *B*. Extinction peu nette, floue ou roulante.

Cela est dû soit à un % d'An. variable dans le même individu (produit, par exemple, lorsqu'il y a eu corrosion d'un feldspath basique par courant acide donnant lieu à des pseudo-morphoses en feldspath acide[3], soit à une destruction de l'équilibre interne par la pression[4]. Il s'ensuit une variation dans la position de l'ellipsoïde,

---

[1] (12) p. 457 ; (52).

[2] (38) p. 300.

[3] (33) p. 127.

[4] (30) p. 579.

et par suite il n'y a plus une seule direction pour chacun des indices principaux mais plusieurs. Ce flottement se répercute sur l'axe de macle qui est représenté sur le canevas par une grande surface triangulaire.

Il y a donc lieu de tenir compte de ce dernier fait dans l'interprétation des solutions sur les courbes. Ici l'incertitude de l'extinction s'ajoute aux irrégularités étudiées dans *A*) et aux erreurs de l'opérateur.

La détermination exacte de la hauteur du plan de macle est difficile à obtenir à 1° ou 2° près ; elle peut produire des différences assez sensibles entre les coordonnées de P par rapport aux deux individus. Mais il est possible dans la discussion de ces écarts d'en déceler la cause.

§ 6. Cause de certains écarts.

Par conséquent, en discutant les résultats de nos analyses, nous tiendrons compte de toutes ces particularités et nous constaterons que, malgré les causes d'incertitude d'extinction dues à la plage elle-même ou à l'opérateur, la méthode de Fedoroff permet à un manipulateur expérimenté d'obtenir des résultats d'une précision parfois rigoureuse.

C'est en nous basant sur cette précison que, ayant obtenu à maintes reprises des points ne tombant pas sur les courbes de détermination, nous avons envisagé la possibilité des macles sur des faces vicinales de celles qui jouent habituellement le rôle de plan de macle et nous avons cherché sur une quarantaine d'exemples à serrer de si près le problème que la question puisse se trancher d'une façon certaine.

Nous verrons, à la suite de l'exposé de nos recherches, les conclusions auxquelles elles nous ont conduite et ce qu'il y a lieu de penser sur le but que nous nous proposions d'atteindre.

§ 7. Diagrammes de Fedoroff.

Disons quelques mots encore des principes qui ont guidé Fedoroff dans le tracé de ses courbes. Il affirme[1] que pour atteindre ce but il convient d'effectuer de nombreuses mesures approximatives et d'en prendre la moyenne, plutôt que d'en utiliser quelques-unes très exactes dont l'exactitude du reste conduit souvent à une fiction et cela par suite des raisons suivantes :

---

[1] (29) p. 604.

1° La série des plagioclases n'est pas une série unique aussi stricte que la loi de Tschermak le veut ; dans leur composition entrent différents mélanges, entre autres la potasse, dont l'analyse chimique ne peut toujours donner la teneur exacte et qui modifient les propriétés optiques théoriques du mélange.

2° Le matériel des coupes minces n'est pas toujours très limpide et suffisamment homogène pour servir de base à des déterminations types ; les zones et la différence essentielle des deux individus cristallisés gênent souvent beaucoup l'étude de la macle.

Cependant, ces inconvénients peuvent être éliminés en partie par des analyses nombreuses approchées. Parmi plusieurs centaines de déterminations, Fedoroff n'en utilisa que quelques dizaines contenant l'orientation optique complète des deux individus d'une macle. Il obtint ainsi une série de points distants parfois de 7° ; mais en appliquant le principe des moyennes il arriva à tracer ses courbes exactes à 1° ou 2° près. Il semble, dit-il, qu'on doive renoncer à une plus grande exactitude[1]. C'est surtout sur les membres acides de la série que portèrent ses observations ; au sujet des termes basiques, il règne encore quelque incertitude.

Puis par un moyen tout théorique[2], il parvint à tracer les courbes ⊥ (010) et [001], qui fournirent des données relatives à la direction d'extinction sur les faces g^1 (010) et p (001) coïncidant approximativement avec celles que Fouqué et Max Schuster avaient établies expérimentalement. Une coïncidence exacte ne peut être atteinte, comme l'a déjà fait remarquer Fouqué, les coordonnées cristallographiques de g^1 (010) et p (001) n'étant pas déterminées rigoureusement.

L'auteur remarque ensuite que, par exemple, dans la pratique, le pôle du plan de macle de l'albite ne tombe pas toujours sur le diamètre normal au plan de macle théorique ; quelquefois il se présente des écarts notables qui peuvent provenir : 1° de l'inexactitude de la détermination optique ; 2° de la non coïncidence du plan de macle avec le plan g^1 (010) ; 3° de la différence de composition chimique entre les individus maclés.

Dans l'analyse qui suivra, nous aurons l'occasion de présenter des exemples de ces trois cas.

Disons d'emblée que dans nos recherches nous avons considéré les courbes de Fedoroff exactes à 1° ou 2° près, comme lui-même l'évalue. Lorsque nos solutions s'écartaient de plus de 3° du lieu théorique, nous avons admis après discussion et seulement si cel

[1] (29) p. 631.

[2] (29) p. 637.

écart ne provenait pas de causes justifiables, que le plan de macle était vicinal du plan d'association théorique.

Nous avons presque toujours indiqué approximativement à combien de degrés du lieu théorique tombaient les solutions, et pour en obtenir le % d'An., nous avons mené du point trouvé la perpendiculaire sur la courbe, bien que cela soit arbitraire, car cela dépend de la zone dont la vicinale fait partie, zone qu'il est du reste impossible de connaître uniquement par un point.

§ 8. Remarques.

Les angles mesurés sur le canevas stéréographique de travail, ont été reportés sur les derniers diagrammes de Fedoroff, qui nous ont servi dans la majeure partie des cas à résoudre le problème. La courbe du plan d'association de la macle du péricline n'a pas été donnée par Fedoroff, aussi avons-nous eu recours pour les solutions concernant cette association aux courbes dessinées par M. Sabot dans son *Etude sur les feldspaths*, couronnée du prix Davy (Comptes-rendus des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle ; vol. 35, n° 3, 1918, p. 72) et par MM. H. Sigg et G. Favre[1]. Les solutions obtenues sur les courbes de M. Sabot seront suivies de la lettre (S), celles données par les courbes de H. Sigg et G. Favre, par les lettres (S. F.).

Nous avons aussi utilisé pour interpréter la valeur de l'angle des axes optiques la courbe 2 V (fascicule II : *Etude sur les feldspaths*)[2] de Michel-Lévy, sur le tracé de laquelle Fedoroff[3] n'est pas tout à fait d'accord et qui a, du reste, été discutée théoriquement par d'autres auteurs. Comme nous le verrons, elle ne répond pas toujours aux données d'expériences.

Ces préliminaires établis, nous allons passer à l'exposé de nos analyses. Pour la plupart d'entre elles, nous avons fait au moins cinq lectures de coordonnées des indices ; lorsque les écarts entre ces lectures étaient de plusieurs degrés, nous avons augmenté le nombre des mesures, diminué à trois ou quatre lorsqu'elles concordaient.

Le pôle du plan de macle sera désigné par la lettre $\underline{P}$. Au lieu d'écrire : coordonnées de $\underline{P}$ par rapport à l'individu 1, nous abrège-

---

[1] (52).

[2] (41).

[3] (41) 1er fascicule ; planche VIII.

rons en $\underline{P_1}$ ou $\underline{P_2}$, etc. ; si ces coordonnées représentent la moyenne par rapport aux deux individus, nous écrirons $\underline{P}$, tout court.

Si l'axe de macle A est représenté par un triangle $\leqslant$ de 2 à 4 mm. de côté, nous le considérons comme très bon ; s'il est $\leqslant$ à 1 cm., nous dirons qu'il est bon ; assez bon ou mauvais pour des dimensions plus grandes.

IIIme PARTIE

ANALYSE DES DÉTERMINATIONS

Troctolite — Oural du Nord (Pawdinskaya Datcha).

1. — *a*) Section à contours arrondis, maclée, 3 individus ; lamelles 2 et 3 finement répétées ; individu 3 transversal aux deux autres ; les surfaces de contact subissent par places de légers gauchissements.

Analyse de l'association 1-2 :

L'axe $A_{1\text{-}2}$, bon, tombe sur $P_{1\text{-}2}$: hémitropie normale. Coordonnées de $P_{1\text{-}2}$ sont presque égales.

	Ng.	Nm.	Np.	Solutions.
Pôle du plan de macle $= P_{1\text{-}2}$	47°5	60°5	55°	$\perp$ (010) 91 % An.
Pôle de l'axe de macle $= A_{1\text{-}2}$	47°5	60°5	55°	

Diagnostic : *Macle de l'Albite.*

Analyse de l'association 1-3 :

L'axe $A_{1\text{-}3}$, très bon, tombe dans le plan 1-3 : hémitropie parallèle. Coordonnées de $P_{1\text{-}3}$ presque égales.

	Ng	Nm	Np	Solutions.
$P_{1\text{-}3}$	41°	60°	65°25	3° de $\perp \pi$ 90 % An. sur $\perp \pi$ (S) près de 90 % An.
$A_{1\text{-}3}$	49°	60°	54	sur [010] 87 % An.

Diagnostic : Macle du Péricline.

Dans ce dernier cas, nous avons une légère différence de % An. entre la solution du plan π et celle de son axe ; cela est dû à l'incertitude qui règne sur le tracé de la courbe $\perp \pi$ et au fait que sur celle-ci les intervalles entre 75 et 100 % An. étant très petits, il est impossible de fixer exactement le % An. pour un point tombant dans cet intervalle.

Angle des axes optiques :

$$2\,V_1 = -83^\circ\,;$$
$$2\,V_2 = -83^\circ\,;$$
$$2\,V_3 = -80^\circ.$$

Le signe négatif de l'angle confirme 92% An. (Michel-Lévy = M. L.).

Nous avons donc les macles suivantes :

Diagnostic : 1-2 : *Hémitropie normale suivant l'Albite* 91% *An.*
1-3 : *Hémitropie parallèle suivant le Péricline* 88,5% *An.*

* * *

2. — *b*) Section maclée, analogue à la précédente ; 3 individus ; lamelles 2 et 3 finement répétées ; individu 3 transversal aux deux autres ; très léger gauchissement des surfaces de contact. Les individus 2 et 3 ont été difficiles à étudier.

Analyse de l'association 1-2 *:*

L'axe $A_{1\text{-}2}$, très bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np	Solutions.
$P_{1\text{-}2}$	41°	61°75	62°5	sur ⊥ π 100% An. (S. F.).
				2°g. de ⊥ π 93% An. (S.) (2° g. = 2° à gauche ; 2° d. = 2° à droite)
$A_{1\text{-}2}$	49°	63°5	53	2°g de [010] 93% An.

Diagnostic : Macle du Péricline.

Analyse de l'association 1-3 *:*

L'axe $A_{1\text{-}3}$, très bon, tombe près de $P_{1\text{-}3}$: hémitropie normale. Coordonnées de P présentent des différences sensibles.

(P_1 = coordonnées du pôle $P_{1\text{-}3}$ par rapport à l'individu 1.)

	Ng		Nm		Np.		Solutions.
P_1	50°	45°	63°	66°5	53°	55°...	sur ⊥ (010) 95-100% An.
							4° g. ⊥ (010) 96% An.
P_3	40°5		70°		57°		10° g. ⊥ (010) 87% An.
$A_{1\text{-}3}$	45°5		66°5		55°5		4° g. ⊥ (010) 96% An.

Discussion :

Examinant le canevas de travail nous constatons :

1° Les axes sont des points : épure suffisamment bonne pour tirer des conclusions strictes ;

2° Les pôles $P_{1\text{-}2}$ et $P_{1\text{-}3}$ tombent respectivement et exactement dans les plans l'un de l'autre ; donc ces deux plans font entre eux

un angle de 90°, et de ce fait nous ne pouvons pas avoir les macles rigoureuses de l'Albite et du Péricline ;

3° L'axe $A_{1\text{-}2}$ tombe exactement dans le plan $_{1\text{-}2}$ et sur $P_{1\text{-}3}$; l'axe $A_{1\text{-}3}$ tombe à 3° de $P_{1\text{-}3}$, en dehors du plan $_{1\text{-}2}$;

4° Les coordonnées de $P_{1\text{-}3}$ présentent des différences de 9°5 (Ng), 7° (Nm), 4° (Np), qui ne peuvent provenir que du minéral lui-même et non du travail très exact.

Les coordonnées de P_1 donnent un point sur ⊥ (010) entre 95 et 100% An ; celles de P_3 donnent un point à 10°g ⊥ (010) à 87% An. environ.

D'autre part, l'axe $A_{1\text{-}3}$ ne coïncidant pas sur l'épure avec $P_{1\text{-}3}$, j'en conclus que le plan d'accolement $_{1\text{-}3}$ n'est pas le plan de symétrie optique des individus 1 et 3 ; cela est dû probablement à un % An. de 3 inférieur à celui de 1.

De ce qui précède nous déduisons pour 1-3 : association suivant la loi de l'albite, avec composition des deux individus différente.

Diagnostic : 1-3 *macle de l'Albite :* 1 = 95% An. environ.
3 = 87% An. environ.
1-2 *macle voisine de la Péricline* 93% An environ.

Angle des axes optiques :

$2\,V_1 = -83°$ 89% (M. L.)
$2\,V_2 = -78°$ 95% (M. L.)
$2\,V_3 = -84°$ 88% (M. L.)

* * *

(S.) 11. **Gabbro** — Caroline du Nord (Aval de Whitney).

Coupe très fraîche, structure ophitique ; feldspaths en longues baguettes maclées ; augite ; un peu d'olivine, magnétite.

3. — *a*) Section à contours assez nets, maclée, 2 individus bien représentés ; quelques lamelles 1 dans 2.

L'axe $A_{1\text{-}2}$, bon, tombe sur le pôle $P_{1\text{-}2}$: hémitropie normale.

	Ng	Nm	Np	Solutions.
$P_{1\text{-}2}$	42°	60°	62°	⊥ (010) 71% An.
$A_{1\text{-}2}$	42°	59°5	60°	

Diagnostic : Macle de l'Albite.

Angle des axes optiques : $2\,V_2 = +86°$ 74% An. (M. L.).

Remarque : La section contient encore 2 fines lamelles transversales qui auraient probablement donné la macle du Péricline, comme dans les exemples suivants.

4. — *b*) Plage limpide à contours nets par places, résorbés ailleurs ; 2 individus maclés, polysynthétiques. Canevas très bon ;

l'axe $A_{1\text{-}2}$, un point, tombe à 2° du pôle $P_{1\text{-}2}$: hémitropie normale.

	Ng	Nm	Np	Solutions.
$P_{1\text{-}2}$	41°	63°	64°5	⊥ (010) 70 % An.
$A_{1\text{-}2}$	41°	62°5	64°5	

Angle des axes optiques = $2V_1$ = + 80° (65 % An. (M. L.).

Diagnostic : Macle de l'Albite 70 % *An.*

* * *

5. — *c*) Section à contours assez nets, limpide, maclée, deux individus ; l'individu 2 se présente sous forme d'une assez large bande intercalée dans 1 ; il contient quelques très fines lamelles que nous n'avons pu identifier. L'étude ultérieure nous a fait déduire, et remarquer ensuite sur la coupe, la présence d'un individu 3, à peine développé sur une partie seulement du contact entre 1 et 2. Canevas très bon ; l'axe $A_{1\text{-}2}$ tombe dans le plan : hémitropie parallèle ; coordonnées de $P_{1\text{-}2}$ égales.

	Ng	Nm	Np	Solutions.
$P_{1\text{-}2}$	46°	61°	60°	⊥ (010) 79 % An. ⊥ (001) 66 % An. ⊥ (110) 82 % An.
$A_{1\text{-}2}$	66°5	30°	74°	$\frac{\perp [001]}{(010)}$ 82 % An. = axe complexe Albite-Carlsbad.

Discussion : Les coordonnées de $P_{1\text{-}2}$ nous donnent trois possibilités dont une seule, la première, concorde avec la solution de l'axe. Dans ce cas, l'individu 3 serait associé à 1 suivant la loi de l'Albite, à 2 suivant celle de Carlsbad ou l'inverse; c'est ce qui amènerait 2 à être maclé avec 1 suivant l'axe complexe. Dans le cas particulier cet axe ne paraît être qu'un *axe résultant*, par suite de la présence de la lamelle 3, bien que celle-ci ne sépare pas complètement 2 de 1 sur toute leur longueur. La macle a probablement été amorcée entre 1 et 3 suivant la loi de l'Albite (ou Carlsbad) et ensuite ou simultanément entre 3 et 2 suivant Carlsbad (ou l'Albite); puis 3 a cessé de croître, et seules les lamelles 2 et 1 ont continué à grandir et sont venues en contact en gardant leur orientation relative primitive.

Ainsi, chaque fois que deux individus seront maclés suivant l'axe complexe Albite-Carlsbad et qu'il sera possible de déceler une troisième lamelle entre eux, si petite soit-elle, nous conclurons que cette dernière a déterminé la macle complexe.

Si cette lamelle 3 n'est pas décelable, nous devrons admettre

que, dans ce cas, l'axe complexe joue le rôle d'*axe réel*, ce qui du reste a déjà été prévu et observé[1].

En résumé, notre exemple représente une macle résultante.

Diagnostic : suivant la loi *complexe Albite-Carlsbad.* 80% An.

* * *

(Lab.) 1. — **Gabbro** — Oural (Pawda).

Coupe analogue à la précédente, les pyroxènes sont plus petits.

6. — *a*) Section maclée, 4 individus parallèles à lamelles peu ou pas répétées ; l'individu 4, mal développé, n'a pas été bien étudié ; 3, faiblement zoné, trop peu pour permettre l'étude des zones *a* et *b*.

Canevas de travail très bon pour 1-2, bon pour 1-3, mauvais pour 3-4.

Analyse de l'association 1-2.

L'axe A_{1-2}, parfait, coïncide avec le pôle P_{1-2} : hémitropie normale.

	Ng	Nm	Np	Solution.
P_{1-2}	36°5	60°5	70°	⊥ (010) 62 % An.
A_{1-2}	37°	61°	70°	

Diagnostic : Macle de l'albite.

Analyse de l'association 1-3.

Les lamelles 1 et 3 sont en contact sauf à une petite place où une fine lamelle 2 les sépare.

L'axe A_{1-3}, assez bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np	
P_{1-3}	37°75	62°	71°	voisin de ⊥ (010) 63% An.
A_{1-3}	72°5	33°	63°5	$\frac{\perp [001]}{(010)}$ = compl. Ab-C. 65% An.

Diagnostic : Macle complexe Albite-Carlsbad.

Analyse de l'association 2-3.

Nous l'avons dit, le contact entre 2 et 3 ne s'établit que par une petite lamelle, très courte.

	Ng	Nm	Np	
P_{2-3}	37°75	60°	67°75	1° g. ⊥ (010) 63% An.
A_{2-3}	57°5	76°	35°5	1° dr. [001] 64% An.

Diagnostic : Macle de Carslbad.

---

[1] C. Viola : Beitrag zur Zwillingsbildung. *(Zeitschrift für Kristal. und Mineralogie,* vol. 36, p. 234.

Analyse de l'association 3-4.

	Ng	Nm	Np		
P_{3-4}	36°	61°5	69°75	⊥ (010) 62 %A
A_{3-4}	35°5	61°5	69°	

Diagnostic : Macle de l'albite.

Discussion : Les solutions tombent à 1° près sur les courbes correspondantes. En résumé nous avons les associations suivantes :

1-2 : macle de l'albite 62% An.
2-3 : macle de Carlsbad 63,5% An.
1-3 : macle complexe ab-C. 64% An.
3-4 : macle de l'Albite 62% An.
d'où 1-4 : macle de Carlsbad.
et 2-4 : macle complexe ab-C.

Ces deux dernières associations déduites sont confirmées par les solutions sur les diagrammes. Ici encore, l'axe complexe apparaît subordonné aux axes de l'Albite et de Carlsbad.

* * *

7. — *b*) Section à contours assez nets, limpide, maclée ; deux individus formant chacun 2 lamelles assez larges. — Canevas de travail bon ; l'axe A_{1-2} tombe à 3° du pôle P_{1-2} : hémitropie normale. Les coordonnées de P_{1-2} présentent des différences de 7°(Ng), 1°5 (Nm), 7°5 (Np).

	Ng	Nm	Np	
$P_{(1-2)}$ moyenne	33°5	63°	72°	2°5 de ⊥ (010) 57 % An.
A_{1-2}	33°	63°5	72°	

Diagnostic : Macle de l'albite.

Discussion : Le point d'intersection des coordonnées est parfait, mais tombe cependant à 2° ou 3° de la courbe ⊥ (010). — De plus, l'étude des différences entre les coordonnées de P_1 et P_2 montre un phénomène identique à celui que nous avons déjà vu : soit un % d'An. différent pour chaque individu.

En effet : P_1 fournit une solution à 3° ⊥ (010) 64 % An.
P_2 fournit une solution à 3° ⊥ (010) 52 % An.

Ces deux points se trouvent du même côté de la courbe. Etant donnée l'exactitude du canevas de travail et l'écart si net de 3° des solutions, nous devons diagnostiquer le plan d'association comme appartenant à une vicinale de g^1 (010) ; en outre le % d'An- des deux individus maclés est différent.

* * *

(Lab.) 2039. — **Gabbro** — Oural (Pawda).

Coupe formée de grandes plages de feldspaths maclés et de pyroxène ; un peu de magnétite ; le tout légèrement altéré.

8. — *a*) Section informe, maclée ; trois individus à lamelles répétées ; individu 3, transversal aux deux autres, très fin, difficile à étudier.

Analyse de l'association 1-2.

L'axe A_{1-2}, très bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle. Coordonnées de P_{1-2} sont égales.

	Ng	Nm	Np		
P_{1-2}	39°	62°	64°	.....sur ⊥ π (S.) 94 % An.	2°5 ⊥ (010) 68 % An.
A_{1-2}	52°	57°	55°	2° [010] 83 % An.	2° ⊥ [100] / (100) 67 % An.
				1re solution.	*2me solution.*

Analyse de l'association 1-3.

Les lamelles 3 étant fines et difficiles à étudier, l'épure est moins bonne pour cette association que pour la précédente ; il faudra en tenir compte dans la discussion. L'axe A_{1-3}, assez bon, tombe près de P_{1-3} : hémitropie normale.

	Ng	Nm	Np		
P_{1-3}	47°	62°	56°5	sur ⊥ (010) 89° An.	2° ⊥ (001) 68 % An.
A_{1-3}	46°	62°5	56°		
				1re solution.	*2me solution.*

Nous pourrions être embarrassés de choisir entre les deux solutions ; les deuxièmes concordent pour le % An. ; mais elles sont en dehors des courbes ; les premières tombent sur les courbes et leur % An. est confirmé par l'angle $2\ V_2 = -\ 81\ \%$ (91 % M. L.).

D'autre part, l'association Albite-Péricline est plus probable que l'association Manebach-Complexe Albite-Ala ; du reste, dans un exemple suivant, pris dans la même coupe nous diagnostiquerons plus sûrement la première de ces associations. Nous annonçons donc :

Diagnostic : 1-2 : *macle de la Péricline* 88 % An. environ.
1-3 : *macle de l'Albite* 89 % An.

* * *

9. — *b*) Section maclée, analogue à la précédente, trois individus ; lamelles 1 et 2 souvent répétées. Ici encore, les lamelles 3, transversales aux deux autres, sont très fines et, par suite de l'in-

fluence des lamelles de recouvrement, l'étude en est faussée ; de même, les lamelles 2, très finement serrées dans l'individu 1 gênent son étude. — Malgré ces causes d'erreur, le canevas de travail est bon.

Analyse de l'association 1-2.

L'axe $A_{1\text{-}2}$ est bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np			
$P_{1\text{-}2}$	39°5	61°	66°	sur ⊥ π (S.) 93 % An.	2° de ⊥ (010) 67 % An.	
$A_{1\text{-}2}$	52°	58°5	55°5	1°5 [010] 86 % An.	2° de ⊥ [100] / (100) = Complexe Ab. Ala 67 % An.	
				1re solution.	*2me solution.*	

Analyse de l'Association 1-3.

L'axe $A_{1\text{-}}$, bon, tombe sur $P_{1\text{-}3}$: hémitropie normale.

	Ng	Nm	Np		
$P_{1\text{-}3}$	46°	62°	53°	voisin ⊥ (010) 94 % An.	0°5 ⊥ (001) 70 % An.
$A_{1\text{-}3}$	47°5	62°5	53°	*1re solution.*	*2me solution.*

Angle des axes optiques : $2\,V_1 = -\,81°5$ (91 % An. M. L.).

Discussion : La discussion serait analogue à la précédente ; ici encore le signe de l'angle des axes optiques, négatif, tranche la question en faveur des associations :

Diagnostic : 1-2 : *macle de la Péricline* 90 % An.
1-3 : *macle de l'Albite* 93 % An.

* * *

10. — *c*) Section informe, limpide, maclée, deux individus à lamelles répétées assez larges ; le plan de séparation subit un gauchissement marqué. — L'épure est excellente ; l'axe, un point, tombe dans le plan : hémitropie parallèle. Coordonnées de $P_{1\text{-}2}$ égales.

	Ng	Nm	Np		
$P_{1\text{-}2}$	37°	64°	64°	1° dr. de ⊥ π (S.) 100 % An.	5° g. ⊥ (010) 67 % An
$A_{1\text{-}2}$	53°	58°5	53°	2° dr. de [010] 92 % An.	5° g. ⊥ [100] / (010) 68 % An.
				1re solution.	*2me solution.*

Discussion : Analogue aux précédentes ; ici encore l'angle $2\,V_1 = -\,75°$ (99 % An, M. L.) prouve que nous sommes en présence de la *macle de la Péricline.* Au reste, les extinctions, mesurées sur l'épure d'après la méthode graphique de Michel-Lévy, donnent : SNg : + 42° ; SNm : — 26° ; SNp : — 34°5, concordant avec les angles d'extinction de la macle de la Péricline donnés par Pearce.

* * *

11. — *d*) Section maclée, deux individus ; lamelles 2 finement répétées dans 1. $A_{1\text{-}2}$, bon, tombe sur $P_{1\text{-}2}$: hémitropie normale. Les coordonnées de $P_{1\text{-}2}$ présentent quelques degrés d'écart.

	Ng	Nm	Np		
				1° dr. $\frac{\perp [100]}{(010)}$	73 % An.
$P_{1\text{-}2}$	46°	62°5	54°		
$A_{1\text{-}2}$	47°	62°5	54°	1°5 g. ⊥(110)	72 % An.
				1°5 g. ⊥ (010)	92,5 % An.
				3° g. ⊥ (001)	67 % An.

L'épure ne nous fournit pas d'axe optique qui puisse nous guider dans le choix de ces solutions ; mais nous donnerons la préférence à la troisième solution, dont le % An. concorde avec celui des sections précédentes appartenant à la même coupe. Nous avons donc :

Diagnostic : Macle de l'Albite 92,5% An.

* * *

12. — *e*) Section limpide, maclée, 3 individus ; 2 et 3 sont ici représentés de nouveau par de fines lamelles difficiles à étudier. Le plan 1-2 est presque normal à celui de la préparation ; par contre, le plan 1-3 est très incliné, 40° environ et par suite difficile à repérer exactement.

Analyse de l'association 1-2.

L'axe $A_{1\text{-}2}$ est bon, tombe sur $P_{1\text{-}2}$: hémitropie normale.

	Ng	Nm	Np			
$P_{1\text{-}2}$	46°	67°	54°	$\frac{\perp [100]}{(010)}$ 76 % An.	4°g. ⊥ (010) 95 % An.	4°g ⊥ (001) 74 % An.
$A_{1\text{-}2}$	46°	66°5	54°			
				1re solution.	*2me solution.*	*3me solution.*

Analyse de l'association 1-3.

L'axe $A_{1\text{-}3}$, bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np		
$P_{1\text{-}3}$	42°,5	58°	65°,5	1°5 dr. ⊥ (010) 68 % An.	1°g. ⊥ π (S) 80 % An
$A_{1\text{-}3}$	49°	64°	53°	2°g. $\frac{\perp [100]}{(010)}$ 73 % An.	4°g. [010] 94 % An.
				1re solution.	*2me solution.*

Discussion : Les solutions vraisemblables et compatibles sont les secondes, donnant pour 1-2 la macle de l'Albite, pour 1-3 la

macle de la Péricline ; l'incertitude qui règne au sujet du tracé exact de la courbe $\perp \pi$ (courbes Sigg et Fabre, Sabot), explique le % An. différent de l'axe et du plan pour l'association 1-3, fait que nous avons déjà signalé. — Ici nous n'insistons pas sur l'approximation des solutions, vu que le plan 1-3 était difficile à repérer.

Diagnostic : Nous avons donc : pour 1-2 : *macle de l'Albite* 95%
1-3 : *macle de la Péricline* 94%
environ.

* * *

13. — *f*) Section informe, limpide, maclée, deux individus ; lamelles de l'individu 2 très finement répétées dans 1. — Plan de macle presque normal au plan de la préparation, ce qui nous fait supposer, par analogie avec l'analyse précédente, que ce sera le plan g^1 (010) ; gauchissement de la surface de contact.

L'axe, très bon, tombe à 10° du pôle : hémitropie normale ; coordonnées de P_{1-2} présentent quelques degrés d'écart.

	Ng	Nm	Np	
P_{1-2}	49°5	60°5	55°	voisin de $\perp$ (010) 92% An.
A_{1-2}	50°	60°	55°5	

$2\,V_1 = -74°$ (100% An. M. L.).

Ici nous ne prétendons pas avoir une macle sur une vicinale de g^1 (010) parce que l'individu 2 difficile à étudier ne permet pas une critique serrée.

Diagnostic : Macle de l'Albite 92% An.

* * *

(Lab.) 90. — **Gabbro** — Oural (Pawda).

La coupe est fraîche, présente de larges plages de feldspaths maclés limpides, du pyroxène et un peu de magnétite.

14. — *a*) Section à contours assez nets, maclée, deux individus largement représentés.

Le plan de macle n'est pas droit, ce qui explique pourquoi sur l'épure l'axe A_{1-2} tombe à 4-5° du pôle P_{1-2} du plan de macle donné par de petites lamelles hémitropes. Par rapport à ce pôle, la symétrie des ellipsoïdes n'est pas réalisée.

Trois interprétations de ce fait sont possibles. Le plan de macle n'étant pas droit, ou bien :

1° Il y a une direction de gauchissement pour laquelle la symétrie optique est réalisée : les deux individus maclés ont le même % d'An.

2° Si cette symétrie n'est pas réalisée et que les coordonnées de

P_1 et P_2 donnent, pour la même direction de gauchissement un même plan : le % An. des deux individus est différent.

3° Lorsqu'aucune des directions de gauchissement ne donne le même plan pour les deux individus, ni la symétrie optique, alors, non seulement le % An. est différent, mais les deux individus n'ont pas la même face commune : la macle n'est qu'approchée ou qu'apparente.

Dans le cas particulier, nous avons probablement affaire à la première possibilité, et ceci pour les raisons suivantes:

Nous avons étudié deux directions du plan de contact ; l'une, donnée par de fines lamelles hémitropes ; nous appellerons son pôle P ; l'autre, donnée par une direction de gauchissement entre deux larges lamelles 2 et 1 : son pôle sera P'. — Puis nous avons pris les coordonnées $P_{1\text{-}2}$ et $P'_{1\text{-}2}$, et avons constaté que celles de $P'_{1\text{-}2}$ étaient plus approximativement égales que celles de $P_{1\text{-}2}$.

	Ng	Diff.	Nm	Diff.	Np	Diff.	
P_1	47°	3°5	69°	9°5	50°	.....6° ⊥ (001) 78 % An. 11°5	10° ⊥ (010) 100 % An.
P_2	43°5		59°5		61°5	.....2°5 ⊥ (001) 65 % An	⊥ (010) 74 % An.
P'_1	46°	1°,5	66°	3°	54°	.....4° ⊥ (001) 72 % An 4°	4° ⊥ (010) 92 % An.
P'_2	44°5		63°		58°	.....6°5 ⊥ (001) 69 % An.	1°5 ⊥ (010) 92 % An.

On voit par ce tableau que le plan de macle est plus symétrique dans la deuxième position (P') que dans la première (P), et en approfondissant l'étude du plan de macle nous aurions trouvé une troisième position pour laquelle les ellipsoïdes auraient été symétriques; nous serions tombé alors exactement sur la courbe ⊥ (010). N'ayant pas à notre disposition les coordonnées pour une autre position du plan de macle, nous avons eu recours à l'axe pour déterminer et la macle et le % An. ; au reste la moyenne des coordonnées des plans concorde avec les coordonnées de l'axe.

	Ng	Nm	Np		
$A_{1\text{-}2}$	45°	64°	56°	..... 1°5g. ⊥ (001) 70 % An.	3°g. ⊥ (010) 89 % An.

Ici il pourrait y avoir de nouveau incertitude entre les deux solutions avec préférence pour la première ; mais l'angle

$$2V_2 = -86° \ (85\% \text{ M. L.}),$$

nous confirme la deuxième solution :

Diagnostic : Macle de l'Albite 89 % An., avec plan d'accolement légèrement gauche.

Nous aurons à analyser dans la suite quelques exemples où un cas analogue d'oscillation du plan de macle sera manifeste. Notons

donc déjà ici le fait que la surface d'accolement, même pour un réseau plan de grand indice, présente parfois un gauchissement de quelques degrés.

* * *

15. — *b*) Section limpide, maclée, deux individus largement représentés, contenant réciproquement de très fines lamelles l'un de l'autre.

L'axe, très bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np		
$P_{1\text{-}2}$	27°5	62°	68°	..... 2°g. $\perp$ (010) 64 %	sur $\perp$ π (S. F) 91 % An
$A_{1\text{-}2}$	52°	60°	54°	..... 1° dr. $\perp$ [100] / (010) 63 %	1°5 dr. [010] 89 % An.
				1re solution.	*2me solution.*

Le signe négatif de l'angle des axes optiques :

$$2\,V_1 = -\,78^{\circ}5\ (94\,\%)\ \text{An.}$$
$$2\,V_2 = -\,80^{\circ}5\ (92\,\%)\ \text{An.}$$

indique que nous avons un plagioclase supérieur à 80 % An. et élimine les premières solutions.

Diagnostic : Macle de la Péricline 90 % An.

* * *

16. — *c*) Section à contours assez nets, résorbés par places ; maclée, deux individus largement représentés avec fines lamelles de l'un dans l'autre. Le plan de macle n'est pas tout à fait droit ; à une place gauchit de 1°5.

Axe bon, dans le plan : hémitropie parallèle ; coordonnées de $P_{1\text{-}2}$ ne sont pas tout à fait égales, probablement par suite du gauchissement.

	Ng	**Nm**	**Np**			
$P_{1\text{-}2}$	44°	62°5	63°	..2°5 dr. $\perp$ (001) 66 % An	sur $\perp$ (010) 74 % An	sur $\perp$ π (S.F.) 75-100 % An.
$P_{1\text{-}2}$	49°	57°	57°	...1° dr. $\perp$ [100] / (001) 79 % An	1° dr. $\perp$ [100] / (010) 67 % An	1° dr. [010] 78 % An.
				1re solution.	*2me solution,*	*3me solution.*

La première solution est moins vraisemblable que les autres vu qu'elle fait intervenir l'axe complexe Ala-Manebach bien qu'aucune lamelle intermédiaire expliquant cette relation n'ait pu être décelée ; en outre, le signe négatif de $2\,V_1 = -\,81^{\circ}5$ (90 % An. M. L.) élimine cette possibilité. De même pour la seconde ; reste alors la troisième avec un % An. de 78 à 80 environ.

Diagnostic : Macle de la Péricline 80 % An. environ.

* * *

17. — *d*) Section très fraîche, maclée ; deux individus bien développés avec quelques lamelles répétées ; plan de macle droit.

L'axe très bon, tombe à 6°5 de P_{1-2} : hémitropie normale ; coordonnées de P_{1-2} présentent des différences.

	Ng		Nm		Np	
P_1	42°	44°5	70°	63°5	55°	58° .....0°5g. ⊥ (001) 79 % An.
P_2	47°		57°		61°5	0°5g. ⊥ (001) 62,5 % An.
A_{1-2}	44°5		63°		57°5	.....sur ⊥ (001) 69 % An | 2° ⊥ (010) 86 % An.

Discussion : Nous avons la même alternative que précédemment.

1° ou bien les deux individus ont même % An. et le plan de macle n'est pas plan de symétrie optique ;

2° ou bien le % An. des deux individus est différent, le plan restant le même pour les deux.

C'est cette dernière hypothèse qui se confirme dans le cas particulier. Nous avons ici une preuve du fait que deux individus maclés peuvent présenter un % An. différent.

En résumé, le canevas de travail, excellent, donne une hémitropie normale avec axe à 6°5 du pôle. Les ellipsoïdes 1 et 2 ne sont pas symétriques l'un de l'autre par rapport au plan de macle. Cette dissymétrie est due au fait que les % d'An. des deux individus maclés sont différents.

Diagnostic : Macle de Manebach : 1 = 79 % An.
2 = 62,5 % An.

* * *

(Lab.) 56. **Plagioclasite** ? — Coupe formée de plagioclases, les uns très décomposés et méconnaissables ; les autres, limpides, commencent à être attaqués.

18. — *a*) Section fraîche, maclée, deux individus à lamelles répétées pénétrant en coin les unes dans les autres, en sorte que la surface de séparation présente des inflexions marquées se traduisant sur l'épure par plusieurs positions du pôle P_{1-2} qui oscille entre deux points limites distants de 6° à 7°. Le pôle qui correspond au plan de macle de fines lamelles sera P ; celui qui est à 6° de ce dernier sera P'. L'axe, très bon, tombe sur P'. Nous sommes ici en présence d'un cas analogue au précédent, avec la même alternative.

	Ng	Nm	Np	
P_1	42°	63°	62°	3° ⊥ (010) 91 % An.
P_2	35°	62°	70°	3° ⊥ (010) 60 % An.
P'_1	39°	62°	66°5	2°5 ⊥ (010) 67 % An.
P'_2	37°5	62°	66°	
A_{1-2}	38°	62°	66°	

Le plan de macle donné par les fines lamelles n'est pas plan de symétrie optique ; par contre la direction de gauchissement dont le pôle coïncide avec l'axe, fournit une symétrie optique satisfaisante et un % An. égal.

Par conséquent, dans le cas présent, les deux individus ont le même % An. et le plan de macle principal (parallèle aux fines lamelles) n'est pas plan de symétrie optique ; le plan qui réalise cette symétrie tombe à 3° de la face g^1 (010).

Diagnostic : Macle de l'Albite 67% An.

* * *

19. — *b*) Section fraîche, trois individus bien développés avec de fines lamelles des uns dans les autres. Le plan 1-2 est droit ; le plan 1-3 fait 1° avec le précédent ; le plan 2-3 gauchit de 3° environ.

Analyse de l'association 1-2.

L'axe A_{1-2} est bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np	
P_{1-2}	42°	64°	58°	4° g. ⊥ (010) 80% An.
A_{1-2}	72°5	26°5	72°5	4°5 g. ⊥ [001] / (010) 76% An.

Analyse de l'association 2-3.

L'axe A_{2-3}, bon, tombe près de P_{2-3} : hémitropie normale ; les coordonnées de P_{2-3} présentent quelques degrés d'écart.

	Ng	Nm	Np	
P_{2-3}	40°5	62°	63°	1°5 g. ⊥ (010) 70% An.
A_{2-3}	40°	62°	63°	

Le fait que la moyenne des coordonnées fournit le plan g^1 (010) prouve que le plan de contact $_{2-3}$ n'est pas plan de symétrie optique, mais un plan voisin de g^1 (010). La macle 2-3 a donc pour face d'association une vicinale de g^1 (010), mais le plan de symétrie optique reste le plan g^1 (010).

Analyse de l'association 1-3.

L'axe A_{1-3} est mauvais sur l'épure, il tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np	
A_{1-3}	56°5	80°	34°	1°5 dr. de [001] 70% An.

Nous constatons ici que l'axe complexe Albite-Carlsbad peut jouer le rôle d'axe réel, car nous n'avons pas observé de lamelle 3 intermédiaire entre 1 et 2 ; peut-être existe-t-elle à l'état submicroscopique : c'est une hypothèse invérifiable.

Diagnostic :

En résumé : 1-2 : *macle suivant le complexe Albite-Carlsbad* 67% An.
1-3 : *macle de Carlsbad* 70% An.
2-3 : *macle de l'Albite* 70% An.

* * *

E. C. 1291. — **Andésite à Augite** — (Hummerich, Nassau).

Roche à deux temps ; phénocristaux : feldspaths en grandes sections allongées, zonées, à macles polysynthétiques ; pyroxènes bien formés ; magnétite ; pâte microlithique : feldspaths et petits cristaux de pyroxène avec magnétite. Le tout est très frais.

20. — *a*) Section allongée, limitée par des faces nettes, zonée ; présente deux groupes de macles associés suivant une surface de séparation droite, jalonnée par des produits de décomposition. Chaque groupe se compose de cinq individus se faisant pour ainsi dire pendant de groupe à groupe. En tout neuf individus différents.

1er groupe : individus $\begin{matrix} 3 & & 5 \\ 1, & 2, & 4 \end{matrix}$ (3 est transversal à 1, 5 est transversal à 4) ; lamelle 2 très petite.

2me groupe : $\begin{matrix} & 8 & \\ 7 & & 9 \\ 6, & & 2 \end{matrix}$.

Sur l'épure la symétrie des deux groupes l'un par rapport à l'autre ressort très nettement.

Le plan 1-2 est presque normal au plan de l'épure ; de part et d'autre du centre de celle-ci, à 87° et 85° du pôle du plan précédent sont les pôles $P_{6\text{-}7}$ et $P_{4\text{-}5}$.

De même les directions *n* (données par la valeur de la coordonnée *n*) des pôles $P_{2\text{-}9}$ et $P_{6\text{-}8}$ sont symétriques par rapport à celle du pôle $P_{1\text{-}3}$ lequel est à 90° de $P_{1\text{-}2}$, approximativement. Les directions *n* des pôles $P_{2\text{-}7}$ et $P_{1\text{-}5}$ sont aussi sensiblement symétriques par rapport à celle de $P_{1\text{-}2}$. (Les plans 2-9, 6-8, 1-3, 2-7, 1-5 sont très petits et il n'a pas été possible de déterminer leur hauteur *h*.)

Nous avons construit sur l'épure les 23 axes représentant toutes les combinaisons des individus diagnosticables ; quelques axes sont très bons, représentés par des points, d'autres par de petits et grands triangles. Ils se groupent de la façon suivante dans des régions déterminées de l'épure.

$A_{1\text{-}2}$ $A_{1\text{-}7}$ $A_{2\text{-}5}$ $A_{4\text{-}6}$ $A_{5\text{-}7}$ se superposent approximativement dans le plan 1-2.

De même : $A_{1\text{-}6}$ $A_{2\text{-}4}$ $A_{4\text{-}7}$ $A_{5\text{-}6}$
$A_{1\text{-}4}$ $A_{2\text{-}6}$ $P_{1\text{-}2}$ $P_{1\text{-}4}$
$A_{6\text{-}7}$ dans son plan, près de $P_{1\text{-}2}$
$A_{4\text{-}5}$ dans son plan, près de $P_{1\text{-}2}$
$A_{2\text{-}7}$ et $A_{1\text{-}5}$; ces deux derniers axes forment des

triangles en dehors des plans considérés ; nous verrons plus loin qu'ils ne sont pas axes de macle.

Examinons maintenant : 1° les associations de chaque groupe ; 2° l'association d'un groupe par rapport à l'autre.

1° *Associations du premier groupe.*

Analyse de l'association 1-2.

L'individu 1, bien développé, pénètre en coins dans 4 ; sur un petit intervalle, le contact entre 1 et 4 est interrompu par une très fine lamelle 2 qui ne peut être étudiée.

L'individu 2 est représenté par la lamelle sus-indiquée, et, à l'autre bord de la section, dans le deuxième groupe, faisant pendant à 1, par une lamelle assez développée en contact avec 6 et y pénétrant également en coin.

Ces deux individus, 1 et 2, se formant dans la zone *b* de 4 et de 6, c'est à celle-ci que se rapporte le % An.

$A_{1\text{-}2}$, assez bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle ; les coordonnées de $P_{1\text{-}2}$ présentent quelques degrés d'écart.

	Ng	Nm	Np	
$P_{1\text{-}2}$	29°5	60°5	87°5	7° dr. ⊥ (010) 45,5 % An.
$A_{1\text{-}2}$	65°	46°	54°	3°5 dr. [001] 42,5 % An.

Etant donnée la difficulté d'étude présentée par ces minces lamelles 2, il a dû se glisser des erreurs qui expliquent la différence des coordonnées de $P_{1\text{-}2}$ et la solution à 7° de g^1 (010). Malgré cet écart, nous diagnostiquons la *macle de Carlsbad à* 43 % An. environ.

Dans le deuxième groupe, nous ne trouvons pas de macle suivant cette loi.

Analyse de l'association 1-3.

L'individu 3, représenté par de trop fines lamelles contenues dans 1, n'a pu être étudié ; nous avons seulement déterminé la valeur *n* du pôle $P_{1\text{-}3}$; cette valeur, nous l'avons déjà dit, est à 90° de celle du pôle $P_{1\text{-}2}$. Le plan 1-3 est alors soit le plan π et la relation 1-3 serait celle du Péricline, soit le plan p(001), et nous aurions la macle de Manebach. La question ne peut être tranchée.

Analyse de l'association 1-4.

L'individu 4 est le mieux représenté de ce premier groupe ; il offre deux zones *a* et *b* qui se poursuivent dans l'individu 6 du deuxième groupe. Il contient des lamelles 1, et, transversalement, des lamelles 5 ; ces dernières, quoique très fines, ont permis de déterminer approximativement la position de l'ellipsoïde,

Les individus 1 et 4 sont en contact par la zone b ; la lamelle 2 qui les sépare à une petite place, paraît de formation secondaire.

	Ng	Nm	Np	
$P_{(1\text{-}4)b}$	30°	63°5	83°	1° dr. ⊥ (010) 47 % An.
$A_{(1\text{-}4)b}$	30°	61°5	82°5	2°5 dr. ⊥ (010) 46 % An.

Diagnostic : Macle de l'Albite 46,5 % An.

Dans le deuxième groupe, il y a une macle correspondante entre les individus 6 et 2 que nous étudierons plus loin.

Analyse de l'association 2-4.

L'axe $A_{2\text{-}4}$ bon, dans le plan : hémitropie parallèle ; le plan est parallèle aux précédents.

	Ng	Nm	Np	
$P_{(2\text{-}4)b}$	29°5	62°	78°5	1° dr. ⊥ (010) 45,5 % An.
$A_{(2\text{-}4)b}$	75°	55°5	38°5	4° dr. $\frac{\perp [001]}{(010)}$ 42 % An.

Diagnostic : Macle suivant le complexe Albite-Carlsbad 44 % An.

Si nous admettons que la lamelle 2 est primaire, l'axe complexe est alors réel. Si elle est secondaire, l'axe complexe serait résultant, car 1-4 étant maclés suivant l'Albite, la lamelle 2, intercalée entre eux et s'associant à 1 suivant Carlsbad, devait être maclée avec 4 suivant le complexe. Je penche pour la première hypothèse, car la région où se forme cette lamelle 2 ne présente pas de traces d'altération qui pût expliquer sa formation secondaire ; elle paraît être contemporaine des autres individus et dans le cas particulier, de 1 et de 4.

Analyse de l'association 4-5.

Individus 5 représentés par de très fines lamelles difficiles à étudier, se formant surtout dans la zone *b* de 4. L'axe, mauvais, tombe dans son plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np	
$P_{(4\text{-}5)b}$	55°	36°	75°	sur ⊥ π (S. — S. F.) 49 % An.
$A_{(4\text{-}5)b}$	34°5	57°	83°5	6° dr. [010] 48 % An.

Diagnostic : Macle de la Péricline 48 % An. (b.).

Association équivalente dans le deuxième groupe entre les individus 6 et 7.

Analyse de l'association 1-5.

Cette association doit se présenter comme résultante des associations précédentes et vérifier leur diagnostic :

1-4 : Axe de l'Albite
4-5 : Axe de la Péricline
1-5 : Axe résultant.

Les deux premiers axes étant parallèles à quelques degrés près, la double hémitropie 1-4 et 4-5 doit amener l'individu 5 en coïnci

dence approchée avec 1 ; c'est ce qui ressort sur le canevas où les indices de 1 et 5 sont distants de 10° environ. Par suite, il n'y a pas macle entre 1 et 5, comme en témoigne, au reste, la grande dimension, sur le canevas, du triangle de l'axe. La face de contact 1-5 n'a pu être déterminée, vu sa petitesse, que par sa coordonnée *n*, à 20° de celle de $P_{1\text{-}2}$; la coordonnée *h* est inconnue.

Dans le deuxième groupe, nous retrouvons une association analogue entre 2 et 7. Cette symétrie de 1-5 et 2-7 se faisant pendant dans les deux groupes, ressort nettement sur le canevas.

Analyse de l'association 2-5.

Nous parviendrons par un raisonnement analogue au précédent à prouver qu'il n'y a pas de macle ; ainsi :

2-4 : axe complexe Albite-Carlsbad

4-5 : axe de la Péricline (voisin de l'axe de l'Albite).

Diagnostic : Donc 2-5 sont *approximativement symétriques par rapport à une droite voisine de l'axe de Carlsbad.* Sur le canevas cet axe $A_{2\text{-}5}$ tombe dans le voisinage de l'axe de Carlsbad et forme un triangle moyen qui prouve que le groupement 2-5 est assez symétrique.

L'équivalent de cette association n'est pas représenté dans le deuxième groupe.

2° *Associations du deuxième groupe.*

Analyse de l'association 4-6.

L'individu 6 en contact avec 4 et participant de ses deux zones *a* et *b* est bien formé ; il contient 3 lamelles transversales 7, équivalentes aux lamelles 5 du premier groupe, et une lamelle 8, aussi transversale, trop fine pour prêter à l'étude et parallèle à un clivage.

Du fait de ces zones *a* et *b*, résultent les particularités suivantes :

1° Les axes se rapportant à la zone extérieure *b* sont meilleurs que ceux de la zone *a* ; deux d'entre eux, $A(_{4\text{-}6})_b$ et $A(6_{6\text{-}7})_b$ sont parfaits.

2° Les coordonnées des pôles respectivement aux indices des deux zones présentent des différences assez constantes :

		Diff.			Diff.	
PNm^4_a	= 64°	2°	0°5.	PNp^4_a	= 74°	8°	0°5.
PNm^4_b	= 66°			PNp^4_b	= 82°		
PNm^6_a	= 63°	2°5		PNp^6_a	= 73°	8°5	
PNm^6_b	= 60°,5			PNp^6_b	= 81°,5		

Ceci prouve, l'épure relative à cette hémitropie étant très bonne, que la variation du % d'An., amène une dissymétrie des indices

par rapport au plan de macle, ce qui se traduit par une différence systématique entre les coordonnées du pôle $P_{4\text{-}6}$ par rapport aux mêmes indices des deux individus.

L'axe $A(_{4\text{-}6})_a$ est parfait ; l'axe $A(_{4\text{-}6})_b$, moins bon, indique que le An % du feldspath ayant changé, la symétrie de l'ellipsoïde 4*a* par rapport à l'ellipsoïde 6*a* est moins bien satisfaite, et cela vraisemblablement parce que le % An. n'est pas le même dans les deux individus pour la zone *a*.

	Ng	Nm	Np	
$P(_{4\text{-}6})_a$	30°	63°5	73°5.....4° g. ⊥ (010)	48 % An.
$P(_{4\text{-}6})_b$	30°	63°	81°5.....1°5 dr. ⊥ (010)	45 % An.
$A(_{4\text{-}6})_a$	63°	67°5	37°5.....3°5 g. [001]	56 % An.
$A(_{4\text{-}6})_b$	63°	54°	47°5..,..2° dr. [001]	48,5 % An.

% An. moyen de la zone *a* = 52 % An.
% An. moyen de la zone *b* = 47 % An.

Diagnostic : Ainsi, le premier et le deuxième groupes, en contact par les individus 4 et 6, sont maclés l'un par rapport à l'autre *suivant Carlsbad.*

Passons maintenant à l'étude des autres associations de ce second groupe.

Analyse de l'association 6-2.

Nous avons dit précédemment que dans le deuxième groupe se trouvait une lamelle 2, en contact avec 6 et faisant pendant à 1. Nous pouvons déduire sa loi d'association avec 6, d'après les associations précédentes, 2-4 et 4-6 ; soit :

2-4 = complexe Albite-Carlsbad.
4-6 = Carlsbad.

Diagnostic : Donc 2-6 = *Macle de l'Albite.*

Cette déduction se vérifie. Le plan 6-2 est parallèle au plan 1-4, soit le plan g ¹ (010). L'axe tombe au voisinage du pôle : hémitropie normale.

	Ng	Nm	Np	
$P(_{2\text{-}6})_a$	29°5	61°	81°5.....4° dr. ⊥ (010)	44,5 % An.
$P(_{2\text{-}6})_b$	30°	59°5	86°	les coordonnées ne se coupent pas.
$A(_{2\text{-}6})_a$	30°	56°	75°.....	les coordonnées ne se coupent pas.
$A(_{2\text{-}6})_b$	31°	59°5	84°	6° ⊥ (010) 47 % An.

L'axe $A_{2\text{-}6}$ est mauvais sur le canevas par suite de l'incertitude de la détermination de 2, lamelle peu développée ; c'est ce qui explique l'écart des solutions sur les diagrammes.

Il n'en reste pas moins évident que, d'après la déduction précédente et les résultats approximatifs de ci-dessus, nous avons à faire à la *Macle de l'Albite.*

Analyse de l'association 6-7.

L'axe est parfait, dans le plan : hémitropie parallèle ; l'individu 7 se forme dans la zone *b*.

	Ng	Nm	Np		
$P_{(6\text{-}7)b}$	57°	37°5	74°5.....	1° dr. ⊥(001)	48% An.
				2° g. ⊥ π (S.)	50% An.
$A_{(6\text{-}7)b}$	33°	57°5	83°	7° dr. [010]	48% An.

Discussion : Nous pourrions hésiter entre le plan *p*(001) et le plan π, les deux courbes se superposant presque pour ce % An ;

Diagnostic : Mais le fait que la macle est parallèle, nous fait choisir l'*association suivant la Péricline.* Sur les diagrammes, la solution de l'axe est à 7° de [010], ce qui pourrait faire croire que nous avons un axe voisin de [010] ; mais cet écart est dû à la difficulté d'étude de la lamelle 7.

Analyse de l'association 2-7.

Cette association n'est pas une macle. En effet, si nous avons les relations :

2-6 = macle de l'Albite ;
6-7 = macle de la Péricline ;

donc, le groupement 2-7 n'est qu'une association fortuite résultant des précédentes, et tout ce que nous pouvons dire c'est que la position de 7 doit être voisine de celle de 2 ; c'est ce qui se vérifie sur le canevas.

Dans le premier groupe, nous avons discuté un cas analogue pour 1-5 et nous avions prouvé qu'il n'y avait pas de macle. Au reste, sur le canevas, l'axe $A_{2\text{-}7}$ est représenté par un assez grand triangle. Nous avons la direction *n* du pôle $P_{2\text{-}7}$, mais pas sa hauteur *h*.

	Ng	Nm	Np	
$A_{1\text{-}5}$	85°	6°	85°	15° dr. ⊥(021) 43% An.
$A_{2\text{-}7}$	86°5	5°5	84°5	

Nous ne connaissons pas de macle répondant à cette solution.

Analyse des associations 6-8 *et* 2-9.

Nous ne pouvons que faire des hypothèses à leur sujet, vu que les lamelles 8 et 9 sont trop minces pour être étudiées ; nous connaissons seulement la direction *n* des pôles $P_{6\text{-}8}$ et $P_{2\text{-}9}$; celle du premier, parallèle à une trace de clivage, fait un angle de 85°75 avec le plan 6-2 ; celle du second, fait un angle de 93°75 (ou 86°25) avec 6-2. Le plan 6-2 étant le plan g^1 (010), le plan 6-8 est vraisemblablement le plan p (001) et la macle serait peut-être celle de Manebach. Les individus 2-9 seraient aussi maclés suivant la même loi. Angles des axes optiques :

$2\,V_{2b} = +\,78^{o}$ (50-57 % An).
$2\,V_{4b} = +\,76^{o}$ } valeurs trop faibles pour
$2\,V_{5} = +\,76^{o}$ } la courbe de M. L.
$2\,V_{6a} = +\,74^{o}$ }
$2\,V_{6b} = +\,78^{o}$
$2\,V_{7b} = +\,81^{o}$ 42 % An.

La plupart de ces angles sont trop petits ; quelques-uns ne coupent pas la courbe 2 V de Michel-Lévy dont le tracé devrait être vérifié par un très grand nombre de mesures.

En résumé, nous sommes en présence d'une macle composée. Il n'est pas question ici de serrer le problème des faces vicinales, vu la difficulté d'étude de la plupart des individus ; mais nous pouvons noter les principaux résultats suivants :

1° Deux groupes de macles sont associés *suivant la loi de Carlsbad.*

2° Dans le premier groupe :

1-2 : macle de Carlsbad 42,5 % An. (b) zone extérieure.
2-4 : macle complexe Albite-Carlsbad 44 % An b.
1-4 : macle de l'Albite 47 % An. b.
4-5 : macle de la Péricline 48 % An. b.
1-3 : macle de Manebach ?

3° dans le deuxième groupe :

6-2 : macle de l'Albite 47 % An. b.
6-7 : macle de la Péricline 49 % An. b.
6-8 : macle de Manebach ?
2-9 : macle de Manebach ?

Cet exemple de macle polysynthétique se produisant dans une roche à deux temps, chez un feldspath de faibles dimensions, confirme le fait que lorsque le magmas tend à devenir visqueux, et se rapproche de la consolidation du deuxième temps ou y est parvenu, les molécules, n'ayant plus autant de possibilités de se mouvoir pour prendre l'orientation des particules cristallines déjà formées ou l'orientation la plus symétrique de celle-ci, sont forcées de prendre les positions d'équilibre les plus voisines de leur orientation propre, ce qui donne lieu à la formation de macles diverses. Cette hypothèse est confirmée encore par le fait que ces macles moins fréquentes, telles les macles de Manebach et de la Péricline qui sont moins probables que les macles de l'Albite ou de Carlsbad, se sont formées dans la zone extérieure du feldspath.

* * *

21. — *b*) Section fraîche, presque rectangulaire, à zones mal indiquées, maclée : trois individus ; l'individu 3, transversal aux

deux autres et trop petit, n'a pu être étudié. L'axe A_{1-2}, bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np
P_{1-2}	32°	62°	80°.....sur ⊥ (010) 49% An.
A_{1-2}	63°5	53°5	47°5.....1° dr. Carlsbad 47,5% An.

Diagnostic : Macle de Carlsbad 48% An.

* * *

22. — *c*) Section allongée, rectangulaire, dont un des côtés a été résorbé en partie ; légèrement zonée. Six individus maclés, à lamelles polysynthétiques ; un septième individu transversal aux autres. Les plans de contact sont parallèles sauf celui des lamelles 7.

Nous avons construit sur l'épure les 15 axes représentant toutes les combinaisons des individus qui ont pu être étudiés. Ils se groupent de la façon suivante dans des régions déterminées de l'épure :

P_{1-2} = P_{5-6}... etc. A_{5-6}
A_{2-7} A_{3-7} A_{2-6} A_{3-6} A_{4-5}
A_{2-4} A_{3-4}
A_{2-5} A_{3-5} A_{4-6} A_{4-7}
A_{2-3} voisin de :
P_{5-7}, A_{5-7}.

Nous allons étudier l'une après l'autre ces associations.

Analyse de l'association 1-2.

L'individu 1 représenté par une seule lamelle, est trop étroit pour être étudié. La lamelle 2 est mieux développée, mais contient beaucoup de fines lamelles qui troublent l'extinction. La macle est impossible à étudier puisque la position de l'ellipsoïde de 1 est inconnue.

Analyse de l'association 2-3.

L'individu 3 est analogue à 1, mais une étude serrée nous a permis de trouver deux axes de l'ellipsoïde ; il est en contact avec l'individu 2. L'axe est très bon, dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np	
P_{2-3}	28°	63°	82°.....1°5 dr. ⊥ (010)	46,5% An.
A_{2-3}	82°	87°	8°5.....3° g. de ⊥ ($\bar{2}$01)	38% An.

Cette association est nouvelle et serait douteuse, si la détermination des constantes n'avait été faite avec soin ; l'axe, du reste, est un des meilleurs du canevas. L'association suivante éclaircira ce sujet.

Analyse de l'association 3-4.

L'individu 4 est bien développé, il est en contact avec 3. L'axe A_{3-4} est excellent, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np	
P_{3-4}	28°	63°5	85°5	.....2° dr. ⊥ (010) 45%
A_{3-4}	63°	27°5	80°5	3° dr. ⊥ [100] / (010) 42% = axe complexe Albite Ala.
				2° dr. ⊥ (001) 32%

Puisque l'association est une hémitropie parallèle, la première solution de l'axe est la plus vraisemblable.

Diagnostic : Donc *macle suivant le complexe Albite-Ala.*

L'axe, A_{3-4}, sur le canevas est à environ 102° de l'axe A_{2-3}, donc *a priori*, nous pouvons dire que l'association 2-4 ne peut être une macle, que les individus 2 et 4 seront approximativement symétriques par rapport à une droite normale au plan des axes A_{2-3} et A_{3-4}, c'est-à-dire normale au plan g^1 (010) ; cette approximation est d'autant plus faible que les axes sont moins près d'être perpendiculaires l'un sur l'autre.

Sur le canevas. nous constatons pour l'axe A_{2-4} un triangle dont la grande surface dépasse les erreurs de travail et confirme notre hypothèse ci-dessus.

	Ng	Nm	Np	
P_{2-4}	29°,5	63°,5	81°5	..... ⊥ (010) 47% An.
A_{2-4}	29°	62°	77°5	.....triangle sur ⊥ (010) 47% An.

Les conclusions principales à tirer de cette analyse sont les suivantes :

1° Les individus 2 et 4 qui sont contigus et présenteraient apparemment une macle de l'Albite, ne sont en réalité que voisins de cette position de macle ; leur association est subordonnée à la position que 3 a pris par rapport à 2, (axe ⊥ ($\bar{2}01$), sur le canevas excellent) et à celle de 4 par rapport à 3 (axe complexe Ab-Ala, aussi très bon sur le canevas).

2° L'axe A_{3-4}, complexe Albite-Ala, est ici axe réel, car nous n'avons pu déceler de lamelle entre 3 et 4.

3° Si les axes A_{2-3} et A_{3-4} n'avaient été si bons sur le canevas, tombant dans le plan, et si les positions des indices de 2 et de 3 ne nous avaient fourni un angle de 90°, nous aurions pu attribuer cette association curieuse à des erreurs de travail. Vu l'exactitude du canevas stéréographique et des considérations précédentes, nous sommes obligés d'admettre les solutions sus-indiquées.

Au reste, en voici une autre preuve :

1° Prenons l'épure Pl. V, 1er fascicule de Michel-Lévy *(Etudes*

sur la détermination des feldspaths) correspondant à un feldspath de % An. analogue à celui que nous étudions. Notons que $a^{1/2}$ y est à 12° de Np. Sur notre épure Np^2 et Np^3 sont distants de l'axe $A_{2\text{-}3}$ de 9° environ.

2° Sur les diagrammes de Fedoroff, les points d'intersection des coordonnées des deux axes $A_{2\text{-}3}$ et $A_{3\text{-}4}$ sont distants de 98°.

3° Sur l'épure de M. L., l'axe complexe Albite-Ala est à 82° environ de $a^{1/2}$ ($\perp \bar{2}01$). Les éléments de 3 vont se déplacer par hémitropie autour de $\perp (\bar{2}01)$ de telle sorte que l'axe complexe Ab-Ala de 3 sortirait de l'épure d'un angle égal à 82° — 34° = 48° ($a^{1/2}$ est à 34° du bord du canevas) ; il rentrera d'un angle égal à l'extrémité diamétrale de l'épure et dans cette position est à 98° de $\perp (\bar{2}01)$. C'est ce qui prouve, d'après 2° que l'axe $A_{2\text{-}3}$ est bien la $\perp (\bar{2}01)$ et l'axe $A_{3\text{-}4}$ le complexe Albite-Ala.

Diagnostic : 2-3 : *macle sur* g^1 (010) ; *axe* $\perp$ *à* $a^{1/2} = \perp (\bar{2}01) = \dfrac{\perp [\bar{1}0\bar{2}]}{(010)}$.

3-4 : *macle complexe Albite-Ala.*

Analyse de l'association 2-5.

L'individu 5 est le plus largement développé de cette section ; il est en contact avec l'individu 2. L'axe $A_{2\text{-}5}$, très bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np	
$P_{2\text{-}5}$	30°	62°	79°.....sur $\perp$ (010)	48 % An.
$A_{2\text{-}5}$	75°	43°	52° 0°5..... $\dfrac{\perp [001]}{(010)}$	54 % An. = axe complexe Albite-Carlsbad.

Diagnostic : Donc, nous sommes ici en présence d'une hémitropie nette suivant le *complexe Albite-Carlsbad.* Nous n'avons pu déceler de lamelle intermédiaire qui aurait pu expliquer la présence de cet axe comme axe résultant ; il apparaît ici comme axe réel. Ce diagnostic est confirmé par l'association 4-5.

Analyse de l'association 4-5.

	Ng	Nm	Np	
$P_{4\text{-}5}$	30°	62°5	83°5.....sur $\perp$ (010)	48 % An.
$A_{4\text{-}5}$	64°	51°	48°.....à 1° dr. [001]	47 % An.

Diagnostic : Macle suivant Carlsbad.

Analyse de l'association 5-6.

L'individu 6 est contenu dans 5 sous forme d'une large lamelle et de plusieurs autres très fines. A cet endroit de la section le feldspath est zoné, mais les zones passent insensiblement les unes aux autres, en sorte qu'on ne peut bien les étudier. L'axe $A_{5\text{-}6}$ est assez bon, tombe sur le pôle $P_{5\text{-}6}$: hémitropie normale.

	Ng	Nm	Np	
P_{5-6}	31°5	61°	85°	4° dr. ⊥ (010) 48% An.
A_{5-6}	31°	61°	82°5	4° dr. ⊥ (010) 47% An.

Diagnostic : Macle de l'Albite.

Les solutions ne sont pas meilleures parce que les individus 5 et 6 contenant de nombreuses lamelles et zonés ne permettaient pas une étude très stricte.

Analyse de l'association 5-7.

L'individu 7, petit, inclus dans 5, un peu en contact avec 6, est transversal aux précédents. Son étude difficile ne nous a pas donné des résultats très satisfaisants pour les positions des indices, d'où nous prévoyons que ni l'axe de macle, ni les solutions sur les diagrammes ne seront aussi bons que les précédents.

L'axe A_{5-7} forme un grand triangle dans le plan : hémitropie parallèle. Les coordonnées de P_{5-7} présentent quelques degrés d'écart.

	Ng	Nm	Np		
P_{5-7}	54-5	34°5	79°5	4° dr. ⊥ π (S.)	48% An.
A_{5-7}	35°	57°5	82°5	6° dr. [010]	48% An.

Bien que les points d'intersection de ces coordonnées soient mauvais, il n'y a pas d'autre interprétation à donner de cette association que la suivante :

Diagnostic : Macle de la Péricline 48% An.

Résumé :

Passant en revue les différentes associations de ce groupe, nous trouvons :

2-3 : macle à axe ⊥ à $a^{1/2} = \perp (\bar{2}01) = \dfrac{\perp [\bar{1}0\bar{2}]}{(010)}$ 42°5% An.

3-4 : macle complexe d'Albite-Ala $= \dfrac{\perp [100]}{(010)}$ 44% An.

2-5 : macle complexe Albite-Carlsbad $= \dfrac{\perp [001]}{(010)}$ 51% An.

5-6 : macle de l'Albite 47% An.

5-7 : macle de la Péricline 48% An.

Les trois premiers axes étant très bons, nous pouvons affirmer que les associations suivantes se produiront approximativement.

2-3 : ⊥ $(\bar{2}01)$.

3-4 : complexe Ab-Ala.

donc 2-4 : voisin de l'Albite, confirmé par les solutions sur les diagrammes.

2-5 : complexe Ab.-Carl.

donc 4-5 : voisin de Carlsbad, confirmé par les solutions sur les diagrammes.

3-5 : non maclés ; en effet sur le canevas l'axe A_{3-5} forme un grand triangle entre les axes A_{2-5} et A_{2-3}.

2-5 : complexe Albite-Carlsbad.

5-6 : macle de l'Albite (assez bon).

donc 2-6 : macle de Carlsbad ; en effet, l'axe forme un triangle moyen dont les coordonnées fournissent une solution sur la courbe [001].

5-7 : macle de la Péricline.

donc 2-7 : voisin de Carlsbad ; sur l'épure, l'axe A_{2-7} tombe près du groupe des axes de Carlsbad : il forme un triangle dont les dimensions prouvent que nous n'avons à faire qu'à une macle approximative et dont les coordonnées donnent une solution près de la courbe [001] 50% An.

Ce tableau déductif nous prouve que les solutions pour les associations 2-3, 3-4, 2-5, 5-6, 5-7 sont justes.

Le feldspath est zoné et les associations de la zone centrale, 2-5, 5-6, accusent un % plus élevé que celles de la zone extérieure, 2-3, 3-4 ; la zone centrale est plus basique que l'extérieure. Le % An. va de 40 à 50% An. en moyenne.

Angle des axes optiques :

$$2V_4 = +72^\circ$$
$$2V_5 = +76^\circ.$$
$$2V_7 = +72^\circ.$$

Ces valeurs ne coupent pas la courbe 2V de M. L. (*Détermination des feldspaths*, 2me fasc., pl. XVI), qui a son maximum tangent à + 78° entre 50 et 60% An. Dans l'exemple n° 20, nous avions aussi trouvé des valeurs de l'angle 2V trop faibles pour la courbe de M. L., qui n'est en somme qu'un tracé approximatif de l'angle des axes optiques et dont l'allure peut et doit être soigneusement modifiée par des mesures nombreuses et très exactes.

Le feldspath à l'étude nous fournit donc : 1° un axe de macle nouveau pour les plagioclases, axe normal à la face $a^{1/2\,1}$, dans g^1(010) ou dans une face très voisine.

2° Des axes complexes Albite-Ala et Albite-Carlsbad réels ; (dans une section précédente de la même coupe, n° 20, nous avions déjà rencontré l'axe complexe Albite-Carlsbad comme axe réel).

3° Deux macles consécutives, 2-3 et 3-4, dont les axes ne sont pas à 90°, mais à 98° l'un de l'autre.

---

[1] Signalé pour l'anorthose par C. HINTZE : Handbuch der Mineralogie, II. Band, p. 1418.

La section ne semble pas avoir subi de pression qui pût expliquer ces dernières macles peu communes ; elle est très limpide et les extinctions sont nettes abstraction faite des zones.

* * *

23. — *d*) Section légèrement zonée, maclée, deux individus. L'axe, bon, tombe sur le pôle : hémitropie normale.

	Ng	Nm	Np	
P_{1-2}	34°	62°5	69°	3° g. ⊥ (010) 60 % An.
A_{1-2}	34°5	62°5	68°5	

Diagnostic : Macle de l'Albite 60 % An.

Nous n'annonçons pas ici la macle sur la vicinale de g[1] (010), car l'axe n'est pas un point et les coordonnées du plan par rapport aux deux individus diffèrent de 1° à 2°.

* * *

(E. C.) 1287. **Diorite pyroxénique**. — Coupe fraîche, grandes sections limpides de feldspaths maclés ; plages de magnétite, pyroxène, mica.

24. — *a*) Section maclée, deux individus ; plan de macle tellement incliné que les lamelles de recouvrement gênent la détermination de l'extinction. Toutefois, les résultats obtenus sont bons. L'axe est bon, voisin du pôle : hémitropie normale.

	Ng	Nm	Np	
P^1	23°	67°	84°5	sur ⊥ (010) 41 % An.
A	23°	66°5	84°	

Angle des axes optiques : $2\ V_2 = +\ 76°$, au-dessus de la courbe de M. L., comme précédemment.

Diagnostic : Macle de l'Albite.

* * *

25. — *b*) Section maclée, trois individus ; le troisième, petit, difficile à étudier ; traces des plans d'association parallèles.

Analyse de l'association 1-2.

L'axe, très bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle ; coordonnées de P_{1-2} égales.

---

[1] Au lieu de mettre P_{1-2} A_{1-2} comme précédemment, nous abrégeons en P et A.

	Ng	Nm	Np	
P	62°	31°		77°.....sur ⊥ (001) 43 % An.
A	29°	62°		82°5.....2° g. $\frac{\perp [100]}{(001)}$ 44 % An.

Diagnostic : Macle suivant le complexe Ala-Manebach.

Cet axe est réel apparemment car aucune lamelle intermédiaire ne lui fait jouer le rôle d'axe résultant.

Analyse de l'association 2-3.

L'axe, bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np	
P	61°5	30°	79°	2° g. ⊥ (001) 42 % An.
A	88°5	77°	13°	3° g. [100] 42 % An.

Diagnostic : Macle d'Ala.

Analyse de l'association 1-3.

L'axe, bon, tombe au voisinage du pôle : hémitropie normale.

	Ng	Nm	Np	
P	61°5	30°	78°5	2° ⊥ (001) 42 % An.
A	62°	29°5	78°5	

Diagnostic : Macle de Manebach.

Les individus 1 et 3 qui déterminent cette association ne sont pas en contact, ils sont séparés par l'individu 2. Ici donc c'est l'axe de Manebach qui paraît jouer le rôle d'axe résultant.

* * *

26. — *c*) Section présentant un commencement de kaolinisation, maclée ; trois individus ; 1 et 3 largement représentés ; 2 forme des lamelles incluses dans 1, quelques-unes légèrement tordues, en sorte que la surface de contact entre 1 et 2 gauchit de 7°25 (pour la coordonnée *n* du pôle $P_{1\text{-}2}$). Nous avons pris comme pôle principal celui qui est donné par une lamelle très fine et droite. Le contact entre 3 et le groupe 1-2 se fait par une surface irrégulière de macle par pénétration ; cependant sur $^1/_3$ du contact environ, le plan de séparation est droit, nous en avons pris les coordonnées.

Analyse de l'association 1-2.

L'épure est très bonne, l'axe donne un point à 7°5 du pôle : hémitropie normale. Les coordonnées du pôle par rapport aux individus 1 et 2 ne sont pas égales ; elles présentent une différence de 6° (Ng), 7° (Nm), 3° (Np). Les coordonnées ne diffèrent plus que de 2° (Ng), 2° (Nm), 8° (Np) pour le pôle de la direction de gauchissement du plan 1-2.

P = pôle principal ; P′ = pôle de la surface de gauchissement,.

	Ng	Nm	Np		
A	29°	62°	85°	4° dr. ⊥ (010)	45 % An.
P	29°	62°	85°	4° dr. ⊥ (010)	45 % An.
P_1	32°	58°5	86°5	6° dr. ⊥ (010)	46 % An.
P_2	26°	65°5	83°5	0°5 dr. ⊥ (010)	44 % An.
P'_1	30°	61°	81°	2°5 dr. ⊥ (010)	47 % An.
P'_2	28°	63°	89°	6° dr. ⊥ (010)	43,5 % An.

La meilleure solution des plans est celle de P_2, sur g[1] (010 à 44% An. Autrement dit, si nous considérons le plan principa comme plan de macle, nous constatons qu'il n'est pas plan d symétrie optique pour les ellipsoïdes 1 et 2, et cela non pas parc que le % An. soit différent (dans ce cas les coordonnées des deu individus nous donneraient séparément le même plan avec un différence de % An.), mais parce que la face d'association est un face voisine de g[1] (010), ou que le plan g[1] (010) gauchit de 7 environ.

Diagnostic : Nous conclurons à une *macle voisine de l'Albite*

Analyse de l'association 1-3.

L'axe est bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle ; l plan de contact 1-3 étant nettement gauche il est difficile de prendr ses coordonnées ; où il est droit nous les avons prises ; leur moyenn donne approximativement le plan g[1] (010). Nous ne poussons pa plus loin la discussion, vu que l'association est visiblement un macle par pénétration et que par suite la surface d'accolemen est sinueuse.

	Ng	Nm	Np		
P	27°	64°	82°	sur ⊥ (010)	44 % An.
A	64°5	46°5	55°5	5° dr. [001]	42,5 % An.

Diagnostic : Macle de Carlsbad.

Diagnostic : De ces associations précédentes nous déduisons l *loi de l'association* 2-3 : *complexe Albite-Carlsbad* confirmé par le résultats de l'épure.

* * *

27. — *d*) Section maclée, quatre individus formant deux groupe apparemment associés suivant la loi de Carlsbad[1]. L'épure es bonne pour les axes A_{1-4}, A_{2-4} ; parfaite pour les axes A_{2-3} et A_{1-3} qui tombent dans le plan : hémitropies parallèles. Par contre, le axes A_{1-2} et A_{3-4} forment de très grands triangles dont un côt

[1] Les individus 1 et 3 largement représentés contiennent : 1, des lamelles 2 3, des lamelles 4.

passe par le pôle P_{1-2} ; dans ce cas l'hémitropie est douteuse, et l'analyse va nous démontrer qu'elle n'existe pas.

Les axes A_{2-3} et A_{1-4} tombent à peu près à 3° l'un de l'autre.

Les axes A_{1-3} et A_{2-4} sont distants de 10°.

Les axes A_{1-3} et A_{2-3} sont distants de 96°5.

Les axes A_{1-4} et A_{2-4} sont distants de 83° environ.

Nous commencerons par analyser les hémitropies dont les axes sont parfaits.

Analyse de l'association 1-3 : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np		
P	21°	69°5	85°	sur ⊥ (010)	39 % An.
A	80°5	52°	38°5	0°5 sur $\frac{\perp [001]}{(010)}$	41 % An.

Diagnostic : Macle complexe Albite-Carlsbad 40 % An.

Analyse de l'association 2-3 : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np		
P	21°5	70°5	82°	4° dr. ⊥ (010)	39 % An.
A	70°5	52°	45°	5° g. [001]	45 % An.

Diagnostic : Macle voisine de Carlsbad. 42 % An.

Ces deux axes étant distants de 96°5, l'association 1-2 ne peut être une macle suivant l'Albite qu'approximativement ; cela se manifeste sur le canevas où l'axe A_{1-2} forme un grand triangle voisin du pôle P_{1-2}.

Analyse de l'association 1-4.

L'axe est bon, dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np		
P	23°5	65°	86°	5° g. ⊥ (010)	41 % An.
A	68°5	42°5	54°5	1° dr. [001]	40 % An.

Diagnostic : Macle de Carlsbad 40 % An.

Analyse de l'association 2-4.

L'axe est bon, dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np		
P	24°	66°	83°	sur ⊥ (010)	42,5 % An.
A	80°	49°5	43°	sur ⊥ (100)	45 % An.

Diagnostic : Macle voisine du complexe Albite-Carlsbad.

Ces axes étant distants de 83°, pour l'association 1-2 s'impose la même conclusion que précédemment.

De ces quatre analyses nous pouvons déduire la loi d'association 3-4. En effet :

1-3 : axe complexe Albite-Carlsbad ;
1-4 : voisin de Carlsbad, donc
3-4 : axe voisin de l'Albite ;

c'est ce qui a lieu : l'axe A_{3-4} forme un triangle trop grand pour pouvoir être assimilé à un axe de macle ; cette relation 3-4 n'est qu'approximative. Les Axes A_{1-3} et A_{1-4} étant distants de 93°, le groupement 3-4 est plus près d'être une macle que le groupement 1-2, vu que les axes A_{1-3} et A_{3-2} sont distants de 96°5. En effet, l'axe A_{3-4} forme un triangle moins grand que l'axe A_{1-2}.

En résumé : Si nous examinons les relations entre les individus 1, 2 et 3, nous constatons :

1° Les axes A_{1-3} et A_{2-4} sont parfaits, dans le plan.
2° Ils ne sont pas perpendiculaires l'un sur l'autre, mais à 96°5.
3° Hémitropie 1-3 : 0°5 complexe Ab-C.
4° Hémitropie 2-3 : 5° g. Carlsbad.

Du fait que ces deux axes ne sont pas perpendiculaires, l'axe A_{1-2} ne peut pas être axe de macle.

Mêmes observations pour les relations entre 1, 3, 4.

1° A_{1-3} et A_{1-4} sont bons, dans le plan.
2° Ils sont à 93°5 l'un de l'autre.
3° Hémitropie 1-3 : 0°5 complexe Ab.-C.
4° Hémitropie 1-4 : 1° Carlsbad.

Donc 3-4 ne peuvent pas être maclés rigoureusement. Nous pourrions arriver à la même conclusion en considérant les associations 3-2, 2-4, 3-4 : les axes A_{3-2} et A_{2-4} sont à 86°.

* * *

28. — *e*) Section maclée, deux individus à lamelles répétées ; l'axe tombe près du pôle : hémitropie normale.

	Ng	Nm	Np	
P	24°	67°	83°5	⊥ (010) 42.5 % An.
A	24°5	66°5	82°5	

Diagnostic : Macle de l'albite.

* * *

(E. C.) 1278. — **Gabbro** à olivine (Valais, glacier d'Arolla).

Coupe fraîche, formée de grandes plages de feldspaths, soit largement, soit finement maclées ; pyroxène diallagique, olivine.

29. — *a*) Section fraîche, deux individus maclés ; l'axe, très bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np		
P	42°5	60°5	61°	1° g. ⊥ (010)	74 % An.
A	70°	29°	69°5	1° dr. ⊥ [001] / (010)	74 % An.

Diagnostic : Macle complexe Albite-Carlsbad. 74 % An.

Discussion : Entre l'individu 1 et l'individu 2 sur une partie de la section, s'interpose un troisième individu, petit, difficile à étudier, ne présentant pas une extinction franche. L'axe complexe joue ici, grâce à 3, le rôle d'axe résultant.

Remarque : L'angle des axes optiques :

$$2V_1 = -86°$$
$$2V_2 = -86°,$$

donnerait 85 % An. M. L. ; pour obtenir 74 % An, il faudrait avoir une valeur de $2V = +86°$. C'est une anomalie qu'il faut noter et qui ne peut provenir que du feldspath, l'étude ayant été faite avec grand soin.

* * *

30. — *b*) Section assez fraîche, maclée, deux individus. Dans l'individu central 2, lamelles transversales très fines et quelques lamelles 1. Ici nous retrouvons entre les individus 1 et 2 un troisième individu, à peine visible, qui expliquera l'hémitropie parallèle complexe 1-2. D'autres lamelles pénètrent 1, mais elles sont trop fines pour pouvoir être étudiées. L'axe bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np		
P	43°	60°5	60°	1° g. ⊥ (010)	75 % An.
A	67°5	29°	70°5	sur ⊥ [001] / (010)	78 % An.

Diagnostic : Macle complexe Albite-Carlsbad. 76,5 % An.

31. — *c*) Section présentant au moins quatre individus maclés. Elle se présente sous la forme de deux individus largement développés 1 et 3, directement en contact ; 1 contient quelques lamelles 2 3, de même, contient de larges lamelles 4 dont l'une présente une excroissance pénétrant dans 3 avec une surface de contact très irrégulière. L'individu 4 est sillonné dans deux sens perpendiculaires par des lamelles 3 et d'innombrables lamelles 5, ce qui en rend l'étude difficile. Tous les individus présentent des extinctions peu nettes, légèrement roulantes. Les plans de macle sont parallèles. La section est traversée de clivages presque perpendiculaires aux plans de macle.

Analyse de l'association 1-3.
L'axe, très bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np	
P	44°	61°	60°5	⊥ (010) 75,5 % An.
A.	69°5	28°5	71°5	1° g. $\frac{\perp [001]}{(010)}$ 78 % An.

Diagnostic : Complexe Albite-Carlsbad 76 % An.

Analyse de l'association 1-4.
L'axe bon, dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np
A.	53°5	84°	34°

Les coordonnées Ng, Np ne se coupant pas, on obtient un triangle ouvert dont le centre tomberait sur [001] 75 % An.
Diagnostic : Macle de Carlsbad 75 % An. environ.

Analyse de l'association 3-4.
L'axe, bon, tombe sur le pôle : hémitropie normale.

	Ng	Nm	Np	
A.	43°5	61°	63°5	sur ⊥ (010) 72,5 % An.

Diagnostic : Macle de l'Albite.

Remarque : Nous n'avons pu déceler de lamelle intermédiaire entre 1 et 3 faisant de l'axe complexe Albite-Carlsbad un axe résultant.

* * *

(E. C.) 1270. — **Protérobase** — Fichtelgebirge (Bavière).
Coupe assez fraîche ; les feldspaths sont limpides, plus ou moins fortement zonés, altérés sur leurs bords.

32. — *a*) Section en partie fraîche, en partie altérée ; trois individus maclés, formant trois larges bandes séparées par de fines lamelles 4, trop minces pour être étudiées.

Analyse de l'association 1-2.
L'axe est bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np	
P	33°	63°5	71°5	4° g. ⊥ (010) 57,5 % An.
A.	61°5	71°5	34°5	4° g. [001] 60 % An.

Diagnostic : Macle de Carlsbad 59 % An.
Du fait de cette macle nous concluons que la lamelle 4 intercalée entre eux doit être maclée avec 1 ou 2 suivant la loi du complexe Albite-Carlsbad ; l'axe complexe jouerait dans ce cas le rôle d'axe réel.

Analyse de l'association 2-3.

L'axe, bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np	
P	31°5	65°5	72°5	5° g. ⊥ (010) 55,5 % An.
A.	75°5	31°	61°5	4° dr. $\frac{\perp [001]}{(010)}$ 63 % An.

Diagnostic : Macle complexe Albite-Carlsbad 59 % An.

Ici nous remarquons à nouveau la présence d'une lamelle 4 entre 2 et 3, qui, pour les mêmes raisons que précédemment, ne peut être maclée avec ces deux individus que suivant l'Albite ou Carlsbad.

Analyse de l'association 1-3.

L'axe, très bon, tombe sur le pôle : hémitropie normale.

	Ng	Nm	Np	
P	32°5	63°5	72°5	4° g. ⊥ (010) 55,5 % An.
A	32°5	63°5	72°5	

Diagnostic : Macle de l'Albite 55,5 % An.

Discussion : Plusieurs remarques sont à faire sur l'étude précédente.

1° Bien que l'épure soit excellente, nous constatons une différence systématique entre les coordonnées du plan relativement aux individus 1, 2, 3. Ces coordonnées donnent pour

1 : 5° g. ⊥ (010) 53 % An.
2 : 6° g. ⊥ (010) 58 % Abn.
3 : 2° g. ⊥ (010) 58 % An.

Cela ne peut être expliqué qu'en admettant comme plan d'association un plan à 4-5° de g^1 (010) ; ce plan est donné nettement par l'association 1-3, où l'axe est une droite à 4° g. de —(010). Le plan à 4° de g^1 (010) est donc le plan d'association réel tandis que le plan de symétrie optique est la face g^1 (010).

2° L'individu 1 doit avoir un % An. inférieur à celui des deux autres, comme en témoigne le % An. du plan P_1 = 53 % An. et les axes $A_{1\text{-}2}$ = 60 % et $A_{1\text{-}3}$: 55,5, tandis que $A_{2\text{-}3}$ = 63 % An.

* * *

33. — *b*) Section fraîche, zonée, composée de deux groupes de macles. 1er groupe : 5 individus maclés, ayant à première vue le même plan de macle. 1 et 3 présentent une macle par interpénétration, comme en témoigne la surface d'association.

Dans l'individu 1 apparaît un individu 2 représenté par une large lamelle. Associée à 3 est une fine lamelle 4 trop mince pour

être étudiée, puis un individu 5 difficile à déterminer. En outre, 1 et 3 sont parcourus par de fines lamelles impossibles à identifier, et parallèles au plan d'association.

2e groupe : trois individus, I, II, III ; ce dernier transversal est contenu dans I ; représenté par une lamelle assez fine son étude a été difficile à faire et nous n'avons pu trouver que 85° entre ses indices ; par conséquent il ne pourra être tiré aucune déduction stricte des associations où entre cet individu, si toutefois il y avait ambiguité. Clivages parallèles au plan $P_{I\text{-}III}$.

1er groupe.

Analyse de l'association 1-2.

Nous observerons préalablement que le % An. obtenu sera probablement différent pour les deux individus vu que 2 se forme dans les zones extérieures de la section, tandis que la partie de 1 qui se prête le mieux à l'étude est contenue dans la zone centrale.

L'axe, bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle. Les coordonnées de $P_{1\text{-}2}$ présentent quelques degrés d'écart.

	Ng	Nm	Np		
P_1	31°5	63°5	73°5	4° g. ⊥ (010)	53 % An.
P_2	25°5	66°	83°5	1° dr. ⊥ (010)	43 % An.
P	28°5	64°5	78°5	3° g. ⊥ (010)	47 % An.
A	66°	60°5	40°	4° g. [001]	52 % An.

Diagnostic : Macle de Carlsbad.

Du fait que les solutions des plans fournissent non seulement une face mais un % An. différent, nous constatons, comme nous l'avons pressenti ci-dessus, que les deux individus ont un % An. différent :

1, zone centrale 53 % An.
2, zone extérieure 43 % An.

Analyse de l'association 1-3.

L'axe, bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle ; coordonnées de $P_{1\text{-}3}$ présentent des écarts de 1 à 3°.

	Ng	Nm	Np		
P_1	31°5	63°5	73°5	4° g. ⊥ (010)	53 % An.
P_3	33°	62°	70°	4° g. ⊥ (010)	58 % An.
$P_{1\text{-}3}$	32°	62°5	71°5	4° g. ⊥ (010)	57 % An.
A	75°5	35°5	58°5	2°5 g. $\frac{\perp [001]}{(010)}$	59.5 % An.

Diagnostic : Macle voisine du complexe Albite-Carlsbad, macle résultante, puisque mince lamelle entre 1 et 3. Le plan est de nouveau ici à 4° de g^1 (010) et le % An. des individus, légèrement différent.

De ces deux associations précédentes, nous pouvons déduire que l'association 2-3 ne sera qu'approximativement une macle, puisque les axes A_{1-2} et A_{1-3} ne sont pas perpendiculaires. En effet, sur l'épure, l'axe A_{2-3} forme un grand triangle au voisinage du pôle P_{1-2} ; cette cause s'allie à la suivante pour expliquer les dimensions de l'axe A_{2-3} : c'est que le % An. des deux individus est suffisamment différent pour que la symétrie optique ne puisse être réalisée par rapport au plan de macle :

2 43% An.
3 58% An. Diff. : 15% An.

Analyse de l'association 2-3.

	Ng	Nm	Np	
P	29°	64°	76°5	3° g. ⊥ (010) 48,5% An.
A	29°	62°5	76°5	2° g. ⊥ (010) 48,5% An.

Diagnostic : Donc *macle approximative suivant l'Albite.*

Analyse de l'association 3-5.

Rappelons que ces individus sont séparés par la lamelle 4. L'axe est parfait et tombe exactement dans le plan : hémitropie parallèle. Les coordonnées de P_{3-5} diffèrent de quelques degrés, ce qui s'explique par la difficulté d'étude de 5 et la différence de composition due aux zones.

	Ng	Nm	Np	
P_3	31°5	63°	71°5	5° g. ⊥ (010) 56% An.
P_5	27°	62°	82°	4° dr. ⊥ (010) 44% An. (mauvais).
P	30°	62°	76°	2° g. ⊥ (010) 49,5% An.
A	76°	87°5	14°	12° g. ⊥ ($\bar{1}$01) 51,5% An.

La macle est nouvelle ou du moins rare ; l'axe est dans un plan voisin de g[1] (010) et à 12° de ($\bar{1}$01) ; dans un exemple ultérieur nous aurons une association analogue, mais le plan d'association sera la face ($\bar{1}$01) elle-même. Notons que ces macles sont très voisines sinon égales de celles que Viola[1] a décrites sous le nom de « Loi de Strathblauer I » où l'axe de macle bissecte l'angle aigu des arêtes [100] et [001], et est par conséquent ⊥ (ou voisin) à la face ($\bar{1}$01).

Nous ne pouvons insister sur cette association, puisque les individus 3 et 5 ne sont pas en contact mais séparés par la lamelle 4 dont nous ignorons les relations de macle avec les précédents.

Analyse de l'association 1-5.

L'axe donne un grand triangle analogue de forme et de dimen-

[1] C. Viola : Beitrag zur Zwillingsbildung ; *Zeitschr. f. Krist. u. Min*, vol. 38, p. 79.

sions à l'axe A_{2-3}, mais tombant dans le plan. Nous aurions de nouveau ici une pseudo-macle résultante parallèle.

Les coordonnées de l'axe donnent une solution à 4° du complexe Albite-Carlsbad. Il n'y a pas lieu de nous arrêter à considérer plus à fond cette macle, puisque les deux individus 1 et 5 ne sont pas en contact ; notons toutefois que l'approximation de macle entre 2-3 et 1-5 doit être à peu près de même valeur, puisque les triangles des axes A_{2-3} et A_{1-5} ont deux côtés égaux.

2e groupe.

Analyse de l'association I-II.

L'individu I est représenté par une large bande ; l'individu II est plus étroit ; le premier a été étudié sur sa zone centrale *a* : le second ne présentait pas de zone.

L'axe est bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np	
P	37°	60°	71°	sur ⊥ (010) 60 % An.
A.	60°	60°	34°5	3° g. [001] 62,5 % An.

Diagnostic : Macle de Carlsbad.

Analyse de l'association I-III.

L'axe, bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle. Les coordonnées de PI-III présentent quelques degrés de différence dus soit à la difficulté de détermination optique et des indices de III et du plan I-III, soit à la différence de % An. due aux zones.

	Ng	Nm	Np		
P_I	48°	61°	56°	4° ⊥ (001)	67 % An.
P_{III}	55°5	46°5	58°	3° ⊥ (001)	58 % An.
P	51°5	53°5	57°	5° g. ⊥ (001)	60 % An.
A	38°5	61°	68°	4° g. [010]	57 % An.

Diagnostic : Macle de la Péricline?

Nous ne pouvons conclure avec certitude vu l'étude difficile de III, mais nous pouvons annoncer comme le plus probable une macle sur le plan p (001) avec axe voisin de ph[1] [010]. Ce serait une macle analogue à celle de la Péricline avec plan plus voisin de p (5°) que celui qui conviendrait pour la Péricline à ce % An.

Cette macle ayant pour axe une droite voisine de ⊥ (010) et l'association I-III se faisant suivant la loi de Carlsbad, nous pouvons déduire que II-III sont maclés suivant le complexe Albite-Carlsbad. En effet l'axe AII-III est bon, tombe dans le plan II-III : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np		
P	38°5	63°	69°5	2° g. ⊥ (010)	62% An.
A	72°	35°5	58°5	sur $\frac{\perp [001]}{(010)}$	62% An.

Diagnostic : Macle suivant le complexe Albite-Carlsbad.

Ces deux groupes de macles sont unis l'un à l'autre par une surface irrégulière dont la trace forme une ligne brisée, tantôt parallèle aux plans g¹ (010) de chaque groupe, tantôt à 45° de ceux-ci ; ces derniers segments à 45° sont trop petits pour être étudiés ; nous pensons qu'ils sont parallèles au plan (021) $i^{1/2}$.

L'assemblage de ces deux groupes se présente de telle sorte que le plan g¹ (010) du 1er groupe est presque parallèle au plan p (001) du 2e groupe. Sur l'épure leurs pôles sont distants de 171°57 ; les plans respectifs font donc un angle de 8°25.

$P_{1\text{-}2}$ et $P_{I\text{-}III}$ font un angle de 171°75.
$P_{1\text{-}2}$ et $P_{I\text{-}II}$ font un angle de 88°.
$P_{I\text{-}II}$ et $P_{I\text{-}III}$ font un angle de 84°.

En outre, les individus 1 et II, 3 et I sont en contact ; l'axe $A_{1\text{-}II}$ fournit une solution à 13° de ⊥(010) 56,5% An.
l'axe $A_{I\text{-}3}$ fournit une solution à 2° ⊥ (001) 61,5% An.

Les deux sections (1er groupe et 2e groupe) sont allongées suivant leur arête [001] ; l'arête [100] est presque commune ; celle du 1er groupe fait un angle de 12° environ avec celle du 2e groupe ; les arêtes $[010]_1$ et $[001]_2$, puis $[001]_1$ et $[010]_2$ se superposent à 15° près.

$[100]_1$ et $[100]_2$ font un angle de 12°5
$[010]_1$ et $[001]_2$ font un angle de 15° } environ
$[001]_1$ et $[010]_2$ font un angle de 15°

Si nous comparons notre étude à celle de Viola [1], nous voyons qu'elle présente une analogie frappante avec les macles de Baveno étudiées par lui : arêtes [100] presque parallèles et superposition approchée du plan g¹ (010) du 1er groupe au plan p(001) du 2e groupe. La surface de contact, de même, présente les particularités que Viola signale pour les macles de Baveno qu'il a observées.

En résumé :

Diagnostic : Deux groupes de macles sont associés suivant la *loi de Baveno* définie dans le sens de Viola ; dans chacun de ces groupes nous trouvons les macles suivantes :

---

[1] C. Viola : Beitrag zur Zwilligsbildung ; *Zeitschr. f. Krist. u. Min.*, vol. 38 p. 75 et 76.

1er groupe.

1-2	macle de Carlsbad (4° [001])	52 % An.
1-3	macle complexe Ab.-C. (3° $\frac{\perp [001])}{(010)}$	60 % An.
(2-3)	macle de l'Albite	48,5 % An.
(3-5)	macle à 12° g. $\perp$ ($\bar{1}01$)	51,5 % An.
(1-5)	macle complexe Ab.-C (4°)	62 % An.

2e groupe.

I -II	macle de Carlsbad (2°5)	62,5 % An.
I -III	macle de la Péricline (4°)	57 % An.
II-III	macle complexe Ab.-C. (approximat.)	62 % An.

* * *

34. — *c*) Section fraîche, présentant deux groupes associés suivant une macle par pénétration. Chacun de ces groupes est formé par un individu largement représenté, 1 et 2. Dans 1 quelques très fines lamelles de 2, et trois lamelles parallèles, plus larges, de 3, dont une sépare en partie 1 et 2.

Dans 2, qui est légèrement zoné, trois minces lamelles de 1, puis une lamelle de 4, et une autre, transversale, 5 ; ces deux dernières ne se prêtent pas à l'étude. L'individu 3, étant aussi très mince, a été difficile à étudier.

Analyse de l'association 1-2.

L'axe, très bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle ; coordonnées de P très bonnes.

	Ng	Nm	Np	
P	31°5	62°5	73°5	3°5 $\perp$ (010) 54 % An.
A	62°	68°	36°	3°5 [001] 57,5 % An.

Diagnostic : Macle de Carlsbad (4°).

Analyse de l'association 1-3.

Ici les coordonnées de $P_{1\text{-}3}$ sont sujettes à caution ; elles présentent des différences de 3 à 4° ; si l'axe $A_{1\text{-}3}$ était bon on pourrait supposer que ces différences sont dues à un % différent ; or, l'axe, qui tombe au voisinage du pôle, forme un grand triangle ; nous avions du reste indiqué au début que l'étude de 3 était difficile et que les indices n'avaient pu être déterminés à 90°. Cela explique les irrégularités que nous constatons.

	Ng	Nm	Np	
P	29°	64°5	75°5	4° g. $\perp$ (010) 48 % An.
A	29°	64°	74°5	

Diagnostic : Macle de l'Albite.

Analyse de l'association 2-3.

L'axe, assez bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle ; *a priori*, d'après les deux associations précédentes, nous pouvons affirmer que nous aurons ici une macle suivant le complexe Albite-Carlsbad.

	Ng	Nm	Np		
P	28°5	65°	75°	5° g. $\perp$ (010)	48,5 % An.
A	77°	38°	54°5	3° g. $\frac{\perp [001]}{(010)}$	56,5 % An.

Diagnostic : Macle complexe Albite-Carlsbad.

La lamelle 3 est intercalée entre 1 et 2, directement en contact avec 2 ; par suite, l'axe complexe peut être considéré comme axe réel ; mais il nous semble plutôt qu'on peut aussi le considérer comme résultant, puisque la lamelle 3 est très courte et que 2 s'est maclé visiblement d'abord avec 1 suivant Carlsbad ; puis est venue la lamelle 3, qui s'est maclée avec 1 suivant l'Albite et a été de ce fait associée à 2 suivant le complexe.

Quant à la lamelle 4, dont le plan 2-4 est parallèle au plan 2-3, elle est vraisemblablement maclée avec 2 suivant l'Albite.

Et la lamelle 5, dont le plan $_{2\text{-}5}$ est approximativement perpendiculaire au plan $_{2\text{-}4}$, présenterait soit la loi de la Péricline soit celle de Manebach.

* * *

35. — *d*) Section fraîche, légèrement zonée ; extinction quelque peu roulante. Deux individus maclés ; le premier 1, largement représenté ; le second *2* formant une large lamelle dans 1 ; dans 1 il y a aussi de nombreuses lamelles 3, trop fines pour pouvoir être étudiées ; l'individu 2 n'en contient presque pas.

Analyse de l'association 1-2.

L'axe, très bon, dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np		
P	29°	64°	78°	.....2° 5 g. $\perp$ (010)	48,5 % An.
A	83°	42°	50°5	.....4° dr. $\frac{\perp [001]}{(010)}$	52 % An.

Diagnostic : Macle complexe Albite-Carlsbad 50 % An.

Cet axe complexe est ici réel, car il n'y a aucune lamelle 3 intercalée entre 1 et 2 qui pût jouer le rôle de *déterminante* de l'association 1-2. Les lamelles 3 sont voisines de 1 et de 2 et peut-être ont-elles exercé une influence dirigeante sur la relation de 2 par rapport à 1 ;

toutefois, il est fort remarquable que la lamelle 2 associée à 1 suivant le complexe soit large et bien formée. Il y a incontestablement une action réelle marquante qui s'exerce dans la direction du complexe et qui dans certains cas, lorsque la viscosité du bain atténue les actions suivant l'axe de l'Albite ou celui de Carlsbad, prend une valeur équivalente aux actions qui s'effectuent suivant des directions d'indices simples.

* * *

36. — *e*) Section faiblement zonée ; deux individus maclés contenant l'un et l'autre de fines lamelles 3 ; entre 1 et 2 se glisse un individu 4 qui ne se prête pas à l'étude ; cassures plus ou moins parallèles au plan de macle.

Analyse de l'association 1-2.

L'axe, bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np		
P	36°5	62°5	69°	3° g. $\perp$ (010)	62% An.
A	71°5	31°5	63°	1° g. $\frac{\perp [001]}{(010)}$	64% An.

Diagnostic : Macle complexe Albite-Carlsbad 63% An.

L'axe complexe est ici résultant, puisque entre les deux individus se glisse une lamelle qui peut être considérée comme *déterminante*.

* * *

37. — *f*) Section fraîche, cassée, zonée, présentant des clivages à 95° (environ) l'un de l'autre ; deux grands individus maclés, contenant l'un et l'autre des lamelles 4 très fines ; l'individu 1 est traversé par une lamelle 3 trop fine pour prêter à l'étude. Entre 1 et 2 s'intercale une lamelle 4.

Analyse de l'association 1-2.

L'axe, très bon, tombe dans le plan : hémitropie parallèle.

	Ng	Nm	Np		
P	30°5	65°5	72°	6° $\perp$ (010)	56% An.
A	76°	33°	60°5	3°5 g. $\frac{\perp [001]}{(010)}$	62% An.

Diagnostic : Macle complexe Albite-Carlsbad. 60% An.

La lamelle 4, intercalée entre 1 et 2, peut être considérée ici comme lamelle dirigeante.

Analyse de l'association 1-3.

Nous ne pouvons noter que le diagnostic du plan 1-3 par rapport

à l'individu 1, car l'individu 3, transversal aux autres, est trop mince pour être étudié ; clivage à peu près parallèle au plan.

	Ng	Nm	Np	
P_1	71°	89°	19°5	2° g. ⊥ ($\bar{1}01$) 53,5° % **An.** ou 5° g. ⊥ ($\bar{1}01$) 57 % **An.**
Clivage	68°5	86°5	22°5	sur ⊥ ($\bar{1}01$) 57 % An.

$P_{1\text{-}2}$ et $P_{1\text{-}3}$ font un angle de 90°.
$P_{1\text{-}3}$ et clivages font un angle de 3°5.
$P_{1\text{-}2}$ et clivages font un angle de 94°.

Nous voyons que le plan de cette association correspond à quelques degrés près à la face a [1] ($\bar{1}01$) ; le clivage donne nettement cette face. Nous pouvons donc affirmer que nous avons une macle ayant comme face d'association a [1] ($\bar{1}01$), et c'est probablement une hémitropie normale, car la surface de contact est bien nette.

Dans l'exemple 33, nous avions signalé une association 3-5 avec axe ⊥ à la face a [1] ($\bar{1}01$) et nous disions que Viola [1] avait décrit des groupements analogues ; en effet, cet auteur a envisagé un cas où les arêtes [100] et [001] de deux individus maclés se recouvrent, et il l'a expliqué par un axe de macle qui bissecte l'angle aigu de ces arêtes, et que nous pensons être normal à la face a [1] ($\bar{1}01$) ; il appelle cette loi : Loi de Strathblauer de première espèce ; voici ce qu'il ajoute : « Chez les Plagioclases, ils (ces groupements) peuvent se produire, comme je l'ai déjà prouvé ; mais ils sont rares, car cet habitus (Strathblauer habitus) se présente rarement où [100] et [001] soient également développés. »

QUATRIÈME PARTIE

CONCLUSIONS

En premier lieu, notons les observations statistiques sur la fréquence des macles que nous permet de faire notre travail.

1° Sur 37 groupements de plagioclases étudiés :

10 sont maclés suivant la loi de l'Albite (40 à 92 % An.) ;

7 sont maclés suivant les lois de l'Albite et de Carlsbad (40 à 75 % An.).

---

[1] C. Viola : Beitrag zur Zwillingsbildung ; *Zeitschr. f. Krist. u. Min.*, vol. 38, p. 79.

Dans deux de ces dernières associations, nous avons diagnostiqué le *complexe Albite-Carlsbad comme macle réelle,* avec 76% An.

1 autre macle présentait seule la loi complexe Albite-Carlsbad réelle, 50% An.

4 macles présentaient cette loi estimée résultante par la présence d'une toute petite lamelle dirigeante. (63 à 80% An.)

1 macle suivant la loi du Péricline. 95% An.

7 macles suivant les lois du Péricline et de l'Albite. 80 à 92% An.

1 macle suivant les lois de Carlsbad et du Péricline ou Manebach. 48% An.

1 groupe où sont associées les macles de l'Albite, de Carlsbad, du complexe Albite-Carlsbad (à première vue réel), du Péricline et de Manebach, avec 45% An. environ.

1 groupe où apparaissent les macles de l'Albite, du Péricline, du complexe Albite-Carlsbad réel, du complexe Albite-Ala réel, et l'axe ⊥ ($\bar{2}01$), avec 47% An. environ.

1 groupe présente les macles d'Ala et du complexe Ala-Manebach réel ; 44% An.

Puis une association réunissant les lois de l'Albite, de Carlsbad, du Péricline et de Baveno. 56% An.

Finalement, un groupe présentant le complexe Albite-Carlsbad résultant (fine lamelle dirigeante) et un plan de macle ($\bar{1}01$) avec axe vraisemblablement normal ; 53% An.

Résumé.

Macles suivant les lois de :

	l'Albite	Carlsbad. + M. ou π.	Ab.-&C.	Péric (=π)	Ab.&π.	Manebach.	Compl. Ab.-C. (réel)	Compl. Ab.-C. (résult.)
% An.	40	48	40	95	80	70	50	56
% An.	42,5		44		88		+76	63
% An.	57		56		90			74
% An.	60		56		90			76
% An.	67		62		92			80
% An.	70		70		92			
% An.	71		+76		94			
% An.	89							
% An.	92							
% An.	92							

Ab ; C ; π ; Manebach : 45% An.

Ab ; π ; Compl. Ab.-C. ; Compl. Ab.-Ala ; ⊥ ($\bar{2}01$) 47% An.

Ala ; Compl. Ala-Manebach ; 44 % An.

Ab. ; C ; π; Baveno ; 56% An.

Compl. Ab.-C. ; ⊥ ($\bar{1}01$) ? 53% An.

2° Par ce tableau, nous constatons que la macle de l'Albite, seule ou associée à celle de Carlsbad, se présente à peu près dans toute la série des Plagioclases, puisque nous l'avons observée de 40 à 92% An. et qu'on la sait très fréquente dans les termes plus acides [1].

3° La macle du Péricline, seule ou associée à celle de l'Albite, se produit surtout dans les termes basiques ; accompagnant d'autres associations, elle descend jusqu'à 45% An.

4° L'axe complexe Albite-Carlsbad apparaît *au moins deux fois comme réel ;* les complexes Ala-Manebach, et Albite-Ala se sont présentés une fois comme réels.

A ce sujet, nous devons remarquer que les macles complexes paraissent se former avec moins de probabilité que les autres macles. Elles sont presque toujours liées à des associations suivant d'autres lois et semblent résulter de groupements submicroscopiques plus fréquents ; car, dans la majeure partie des cas, lorsqu'il se présentait des lamelles 1 et 3 unies par la macle complexe Albite-Carlsbad, par exemple, il nous a été possible de déceler une petite lamelle intermédiaire 2 maclée avec 1 et 3 suivant l'Albite et Carlsbad, et expliquant la relation 1-3. Pour cela nous avons désigné dans ces cas l'axe complexe comme *axe résultant.*

Lorsque la lamelle intermédiaire, que nous pouvons nommer *dirigeante* ou *déterminante* pour expliquer son rôle, n'existe pas, ou que du moins le microscope ne révèle pas sa présence, il est arbitraire, à mon sens, de considérer là encore l'axe complexe comme résultant ; aussi dans des cas semblables, nous l'avons appelé axe complexe *réel*, affirmant ainsi que cette association est une macle franche, et non une association purement fortuite comme le prétend M. Sabot[2]. Comme telles peuvent seules être regardées les unions suivant des directions absolument quelconques. Or, les normales aux arêtes [100], [010] et [001] ne sont pas des droites quelconques. En particulier, la $\perp$ [001] dans g^1 (010) est voisine d'une rangée d'indices simples [201] qui, comme le dit Friedel[3], est probablement le véritable axe de macle complexe Albite-Carlsbad.

---

[1] Nous ne prétendons pas affirmer la fréquence des macles dans tel % An plutôt que dans tel autre, puisque dans notre recherche nous avons laissé de côté cette question qui exige, pour être résolue, un procédé tout différent du nôtre ; car nous avons pris pour nos analyses seules les macles limpides, à plan peu incliné, dans des roches très différentes.

[2] (51) p. 75.

[3] (6) p. 475.

5° L'unique macle de Baveno que nous ayons étudiée présente une surface d'association à indentations où les faces g[1] (010), p (001) et $i^{1/2}$ (021) (cette dernière plus probable que certaine) alternent. Notre examen concorde avec la définition et la description que Viola[1] donne de ce groupement.

6° Nous avons observé deux nouvelles associations :

(N° 22) : une macle sur g[1] (010), ou sur une face très voisine, avec axe normal à la face $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$) = axe $\frac{\perp [\bar{1}0\bar{2}]}{(010)}$.

7° (N° 37). Une macle, probablement normale, avec face d'association a[1] ($\bar{1}01$). — Viola[2] en signale une sur la face g[1] (010) avec axe ⊥ à a[1] ($\bar{1}01$). Un clivage, non encore signalé dans la littérature, est nettement parallèle à la face a[1] ($\bar{1}01$). Notons que Viola[3] considère cette face comme contribuant à caractériser par sa présence l'habitus du Péricline. Aussi, nous nous demandons maintenant, si cette association, qui nous paraissait normale à première vue, ne serait pas une macle du Péricline avec plan parallèle à a[1] ($\bar{1}01$) ? La question est à résoudre.

8° Dans certaines associations, les axes des différentes macles au lieu d'être à 90° l'un de l'autre, comme on pourrait s'y attendre, font entre eux des angles tels que la symétrie optique du groupement résultant en est fort compromise et qu'on ne peut plus la considérer comme caractéristique d'une macle. Les exemples des n°s 22, 27, 33 sont très suggestifs et pleins d'intérêt à cet égard. Ils démontrent la *relativité du phénomène de macle*, en apparence si rigoureux dans ses lois.

9° Cette relativité est surtout manifeste pour le plan de macle, qui, pratiquement, est droit dans les hémitropies normales, mais qui, en réalité, gauchit légèrement et assez pour n'être plus plan de symétrie optique des deux ellipsoïdes maclés : la macle, dans ce cas, a pris naissance sur le plan théorique, g[1] (010) par exemple ; puis les cristaux ont continué à croître en gardant la même orientation, alors que la surface d'association déviait de g[1] (010) sur une vicinale.

Ou bien, d'autres fois, une position vicinale de g[1] (010) satisfait

[1] (37) p. 73.

[2] (37) p. 79.

[3] (37) p. 78.

mieux à la symétrie optique que le plan g^1 (010) lui-même : nous pensons alors que la macle a débuté sur cette face vicinale qui a été supplantée graduellement, par un gauchissement de 7° au plus dans nos exemples, par la face g^1 (010), laquelle n'est pas devenue plan de symétrie de la macle, ce rôle continuant à être joué par la vicinale embryonnaire.

Dans ces deux cas, l'axe de macle ne coïncide pas avec le pôle du plan d'association ; il lui est distant de 3 à 7° dans nos analyses.

10° Dans plusieurs de nos exemples, nous avons pressenti une différence de % d'An. entre les individus maclés ; dans quelques cas nous avons pu la prouver.

11° Presque toutes les solutions tombent en dehors des courbes bien que dans leur voisinage. Par suite de ce fait, et en tenant compte de l'observation où Fedoroff avoue que ses courbes ont été tracées en prenant la moyenne de mesures nombreuses mais approximatives, il y a lieu de se demander si la recherche des macles sur les faces vicinales peut être poursuivie avec fruit ou si elle est vaine.

Il nous semble qu'en théorie la macle sur face vicinale doit être admise non seulement comme possible, mais même comme assez fréquente ; cependant avant de pouvoir les diagnostiquer sûrement, il convient de vérifier le tracé exact des diagrammes de détermination par des mesures encore plus nombreuses et rigoureuses que celles de Fedoroff. Au nombre de ces observations de contrôle entreront en jeu vraisemblablement les macles sur faces vicinales ; mais, la probabilité de formation étant plus grande pour la face d'indice simple, les premières n'influeront guère sur le tracé exact de la courbe de ce dernier plan.

Ces mesures optiques doivent s'accompagner naturellement d'analyses microscopiques strictes, car seule une analyse chimique sera vraiment valable qui se rapportera exactement à la plage étudiée optiquement. Or, c'est là la difficulté la plus réelle ; pourra-t-on jamais la vaincre ?

Il n'en demeure pas moins certain que des solutions s'écartant systématiquement et pour les deux individus de 3° à 5° de la courbe normale peuvent être considérées, après discussion serrée, comme se rapportant à des faces vicinales.

12° Les valeurs des angles des axes optiques ne concordent pas souvent avec la courbe (planche VIII, 2e fascicule (41) de Michel-Lévy. Nous estimons qu'il faut également vérifier son tracé par de nombreuses mesures.

13° Et pour terminer, insistons sur la scrupuleuse exactitude qui doit présider à ce travail de recherche; au soin tout particulier qu'il faut apporter pour tracer sur le canevas de travail l'axe de macle afin de se rendre compte si l'étude d'une macle a été faite avec assez de rigueur pour permettre de tirer des conclusions dignes d'un travail scientifique. Des épures où ces axes forment de grands triangles entre le plan de macle et son pôle, ne doivent pas intervenir dans la discussion des groupements sur faces vicinales ; à moins que la dimension du triangle de l'axe ne puisse, après examen, être attribuée à d'autres causes que la maladresse du manipulateur. Ces canevas de travail peuvent servir tout au plus au diagnostic approximatif et rapide des plagioclases d'une roche.

14° Sur des épures de travail possédant les qualités requises, il faudrait mesurer les valeurs des angles d'extinction pour les sections orientées, les comparer avec les courbes des extinctions déduites des diagrammes de Fedoroff et avec celles données par Michel-Lévy. Il y aurait là un moyen de contrôler les constantes adoptées par chacun de ces deux auteurs, et d'établir en quelque sorte un passage entre les deux méthodes.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE.

1. 1847. A. Dufrenoy. Traité de Minéralogie ; tome 3.
2. 1849. A. Bravais. Etudes cristallographiques.
3. 1862. A. Des Cloizeaux. Manuel de Minéralogie ; tome 1.
4. 1893. Ch. Soret. Eléments de cristallographie physique.
5. 1899. Fréd. Wallerant. Groupements cristallins (Scientia).
6. 1904. G. Friedel. Etude sur les groupements cristallins.

Bulletin de la Société française de minéralogie.

7. 1879. E. Mallard. Sur la théorie de l'hémitropie et en particulier sur l'hémitropie du disthène et du cuivre gris ; tome 2, p. 9.
8. 1881. E. Mallard. Sur l'isomorphisme des feldspaths tricliniques ; tome 4, p. 96.
9. 1881. F. Fouqué et A. Michel-Lévy. Feldspaths intermédiaires entre l'albite et l'anorthite ; tome 4, p. 63.
10. 1883. A. Michel-Lévy. Sur les positions d'égale intensité lumineuse de deux minéraux juxtaposés en plaque mince. Application aux plages composées d'un mélange des deux minéraux superposés dans l'épaisseur de la plaque ; tome 6, p. 232.
11. 1885. F. Gonnard. Sur un nouveau groupement réticulaire de l'orthose de Four-la-Brouque (Puy-de-Dôme) ; tome 8, p. 307.

12. 1885. E. MALLARD. Sur la théorie des macles ; tome 8, p. 452.
13. 1886. E. MALLARD. Sur les hypothèses diverses proposées pour expliquer les anomalies optiques des cristaux ; tome 9, p. 59.
14. 1894. F. FOUQUÉ. Contribution à l'étude des feldspaths des roches volcaniques ; tome 17, p. 283.
15. 1895. A. MICHEL-LÉVY. Recherche des axes optiques dans un minéral pouvant être considéré comme un mélange de deux minéraux déterminés. — Application aux plagioclases et à la vérification de la loi de Tschermak ; tome 18, p. 90.
15'. 1897. LÉON BERTRAND. Sur un moyen de détermination pratique des feldspaths plagioclases dans un cas particulier. (Application d'une épure de M. Michel-Lévy.) Tome 20, p. 219.
16. 1904. PAUL GAUBERT. Contribution à l'étude des faces vicinales (faces cristallines) ; tome 27, p. 6.
17. 1906. JEAN HERBETTE. Contribution à l'étude de l'isomorphisme ; tome 29, p. 187.
18. 1908. L. DUPARC ET F. PEARCE. Sur les constantes optiques de quelques minéraux et sur les variations de ces constantes sur les divers individus d'une même roche ; tome 31, p. 94.
19. 1908. PH. BARBIER. Recherches sur la composition chimique des feldspaths potassiques ; vol. 31, p. 166.
20. 1916. F. GONNARD. De l'existence de faces vicinales sur l'idocrase d'Ala ; tome 39, p. 65.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Paris.

21. 1878. F. FOUQUÉ ET A. MICHEL-LÉVY. Reproduction des feldspaths par fusion et par maintien prolongé à une température voisine de celle de la fusion ; vol. 87, p. 700.
22. 1880. F. FOUQUÉ ET A. MICHEL-LÉVY. Sur la production artificielle des feldspaths à base de baryte, de strontiane et de plomb, correspondant à l'oligoclase, au labrador et à l'anorthite ; vol. 90 ; p. 620.
22. 1901. F. PEARCE ET L. DUPARC. Sur les données optiques relatives à la macle du péricline ; 2me semestre, p. 60.

Annales des Mines.

23. 1881. E. MALLARD. Propriétés optiques des mélanges cristallins de substances isomorphes ; vol. 19, 2me livraison p. 277.

Zeitschrift für Kristallographie und Mineralogie.

24. 1893. E. VON FEDOROFF. Universal-Theodolith-Methode in der Mineralogie und Petrographie ; I. Theil, Band 21, S. 574.
25. 1894. E. VON FEDOROFF. Universal-Theodolith-Methode in der Mineralogie und Petrographie ; II. Theil. Krystalloptische Untersuchungen. Band 22, S. 229.
26. 1896. E. VON FEDOROFF. Universalmethode und Feldspathstudien ; Band 26, S. 225.

27. 1896. E. von Fedoroff. Universalmethode und Feldspathstudien. II. Feldspathbestimmungen ; Band 27, S. 337
28. 1896. J. Beckenkamp. Zur Symmetrie der Krystalle (vierte Mittheilung) ; Band 27, S. 583.
29. 1898. E. von Fedoroff. Universalmethode und Feldspathstudien ; Band 29, S. 604.
30. 1899. E. von Fedoroff. Constatirung der optischen Anomalien in Plagioklasen ; Band 31, S. 579.
31. 1900. E. von Fedoroff. Mikroskopische Bestimmungen des Periklingesetzes ; Band 32, S. 246.
32. 1900. C. Viola. Feldspathstudien ; Band 32, S. 305.
33. 1900. E. von Fedoroff. Ein extremer Fall in dem Schalenbau der Plagioklase ; Band 33, S. 127.
34 1901 G. Wulff. Zur Frage der Geschwindigkeit des Wachsthums oder Auflösung der Krystallflächen ; Band 34, S. 449.
35. 1901. Z. Weyberg. Studien über relative Wachsthums-Geschwindigkeit der Krystallflächen ; Band 34, S. 531.
36. 1902. C. Viola. Beitrag zur Zwillingsbildung ; Band 36, S. 234.
37. 1904. C. Viola. Beitrag zur Zwillingsbildung ; Band 38, S. 67.
38. W. W. Nikitin. Ein Fall secundärer Feldspathbildung in primären Feldspäthen des Porphyrs. Eine neue Combination von Zwillingsgesetzen in Vierlingskrystallen Zwilling nach der Axe *a* und nach der dazu senkrechten geraden. — Auszüge ; Band 51, S. 300.

Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paleontologie.

39. 1918. Sta Kreuz. Ueber die Vizinalflächen ; 2me cahier, sept. 1918, p. 110.
40. 1888. A. Michel-Lévy. Les minéraux des roches.
41. 1894-1904. A. Michel-Lévy. Etudes sur la détermination des feldspaths. (3 fascicules.)
42. 1906. H. Miers. Manuel pratique de minéralogie.
43. 1897. Carl Hintze. Handbuch der Mineralogie ; Band II, S. 1332.
44. 1896. A. Lacroix. Minéralogie de la France ; 2me vol., 1re partie, p. 23.
45. 1908. A. de Lapparent. Cours de Minéralogie.
46. 1907. L. Duparc et F. Pearce. Traité de Minéralogie.
47. 1912. F. Rinne. Etude pratique des roches.

* * *

48. 1912. L. Duparc et R. Sabot. Les méthodes de Fedoroff. Archives des Sciences physiques et naturelles ; tome 12, p. 306.
49. 1914. W. W. Nikitin. La méthode universelle de Fedoroff, traduction française : L. Duparc et V. de Derwies, (Edition Atar, Genève).
50. 1917. G. A. Favre. Technique de la méthode universelle de M. de Fedoroff. Application de la platine universelle à la détermination des plagioclases. Edition Atar, Genève.

51. 1918. R. SABOT. La méthode de Fedoroff et son application à la détermination des Feldspaths. — Compte-rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève ; vol. 35, n° 3, p. 72.

Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles.

52. 1917. H. SIGG ET G. FAVRE. Quelques courbes nouvelles pour la détermination des Feldspaths par la méthode de Fedoroff ; vol. 51, p. 341.
53. 1918. H. SIGG ET E. CARRASCO. La macle de Manebach chez les Feldspaths ; vol. 52. (procès-verbaux, 20 février 1918.)
54. 1918. H. SIGG ET E. CARRASCO. Sur les données optiques relatives à la macle d'Ala ; vol. 52 (procès-verbaux, 20 mars 1918.)
55. 1918. H. SIGG ET E. CARRASCO. Quelques vérifications des courbes des angles d'extinction pour la macle d'Ala ; vol. 52. (procès-verbaux, 1er mai 1918.)
56. 1918. H. SIGG ET E. CARRASCO. Macles de Manebach, Ala, et Complexe. Etude des angles d'extinction sur les sections orientées ; vol. 52, p. 219.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages

INTRODUCTION 483

PREMIÈRE PARTIE.

CHAPITRE PREMIER. — *Des Feldspaths* 484
§ 1. Définition du groupe des feldspaths 484
§ 2. Composition chimique. Classification 484

CHAPITRE II. — *Des Plagioclases en particulier* 486
§ 1. Définition. — Loi de Tschermak 486

CHAPITRE III. — *Des Macles en général* 490
§ 1. Définition des macles 490
§ 2. Des groupements par juxtaposition ou « macles » . . 491
§ 3. Groupements par pénétration 492
§ 4. Surface de séparation 493
§ 5. Résumé 494
§ 6. Production des macles : conditions géométriques . . 494
§ 7. Relativité de la loi de macle 495
§ 8. Causes produisant les macles 496
§ 9. Des faces vicinales 497

Pages

CHAPITRE IV. — *Macles des Plagioclases* 499
§ 1. Macles ayant la face g^1 (010) commune. 499
§ 2. Macles ayant la face p (001) commune 501
§ 3. Macle de Baveno 503
§ 4. Autres macles 504
§ 5. Remarques 504
§ 6. Différence de % d'An. des individus maclés 505

IIme PARTIE

MÉTHODES DE DÉTERMINATION.

CHAPITRE PREMIER. — *Méthode de Michel-Lévy* 506

CHAPITRE II. — *Méthode de Fedoroff* 507
§ 1. Historique de la méthode 507
§ 2. Principe de la méthode 507
§ 3. Anomalies du canevas de travail 508
§ 4. Causes de ces anomalies. — A. Extinction très nette . . 509
§ 5. B. Extinction peu nette, floue ou roulante 510
§ 6. Conclusions 511
§ 7. Diagrammes de Fedoroff 511
§ 8. Remarques 513

IIIme PARTIE.

ANALYSE DES DÉTERMINATIONS 514

IVme PARTIE.

CONCLUSIONS 555
LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 560