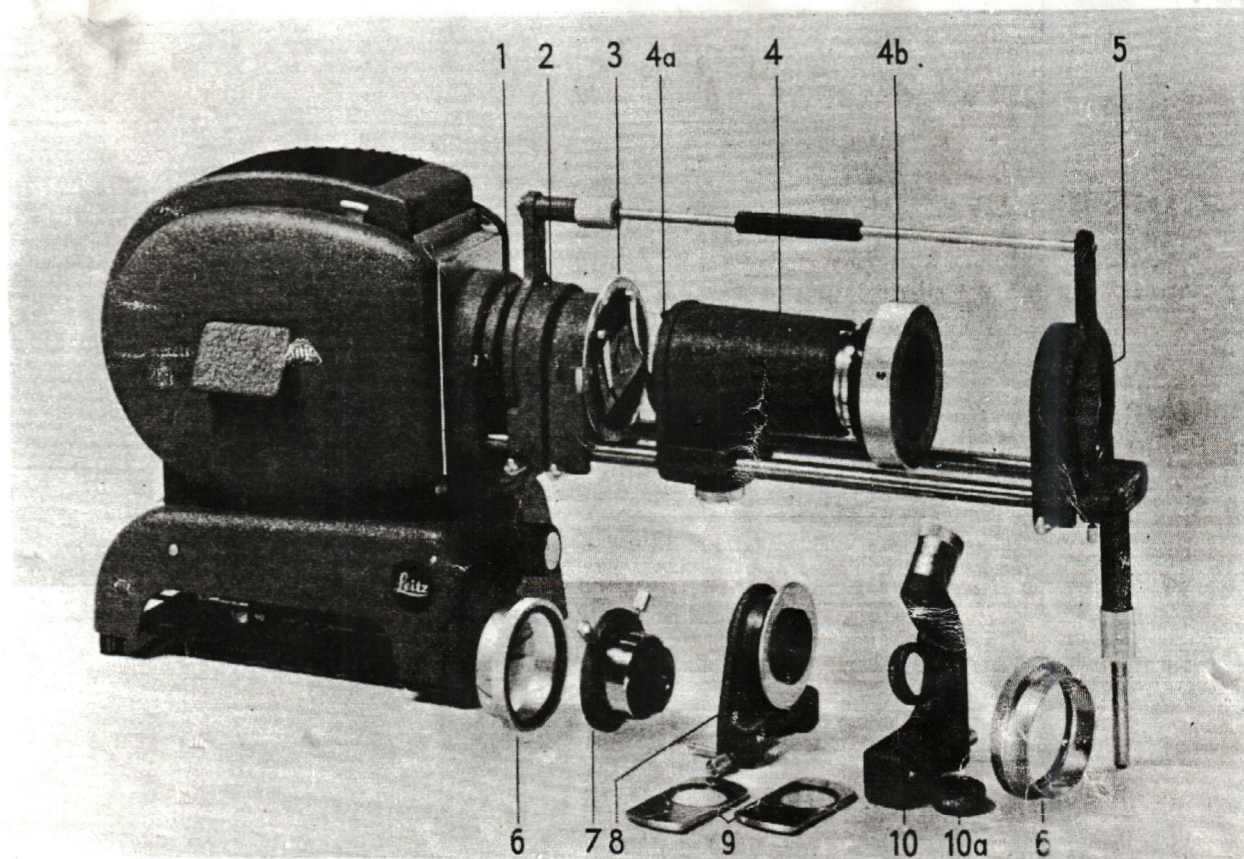




Lanterne PRADO 500 avec dispositif polarisant:

Les numéros de la figure ci-dessus se rapportent à :

1. Glissière de filtre;
2. Polariseur;
3. Platine porte-objet tournante;
4. Rallonge porte-objectif avec fente (4a) pour glissière (9) de lame de gypse ou de mica et objectif à diaphragme-iris monté (4b);
5. Analyseur;
6. lame $1/4$ d'onde, en monture à emboîtement;
7. Condenseur en monture centrable;
8. Lentille additionnelle sur support à ergots;
9. lame de gypse (rouge 1er ordre) et lames mica $1/4$ d'onde;
10. Compensateur de Berek, tournant et lame de mica (10a) en monture à emboîtement pour l'échange de la lame de cristal de calcite du compensateur tournant de BE-REK.

Le dispositif polarisant pour lanterne PRADO sert à la démonstration de phénomènes de biréfringence et de polarisation, lors de conférences ou de cours. Les projections faites à l'aide de cet appareil et d'un jeu de préparations et d'objets d'étude sélectionnés, permettant la démonstration à de vastes auditoires, des méthodes d'examens optiques en polarisation, et des nombreuses expériences de l'optique cristalline, notamment:

La biréfringence et la polarisation sur le cristal de calcite;

Le comportement de corps anisotropes en lumière polarisée circulaire et linéaire;

Le dichroïsme,;

Les phénomènes d'interférence en lumière blanche et en lumière monochromatique polarisée;

La biréfringence due aux tensions internes;

La dispersion rotatoire et le pouvoir optique rotatoire;

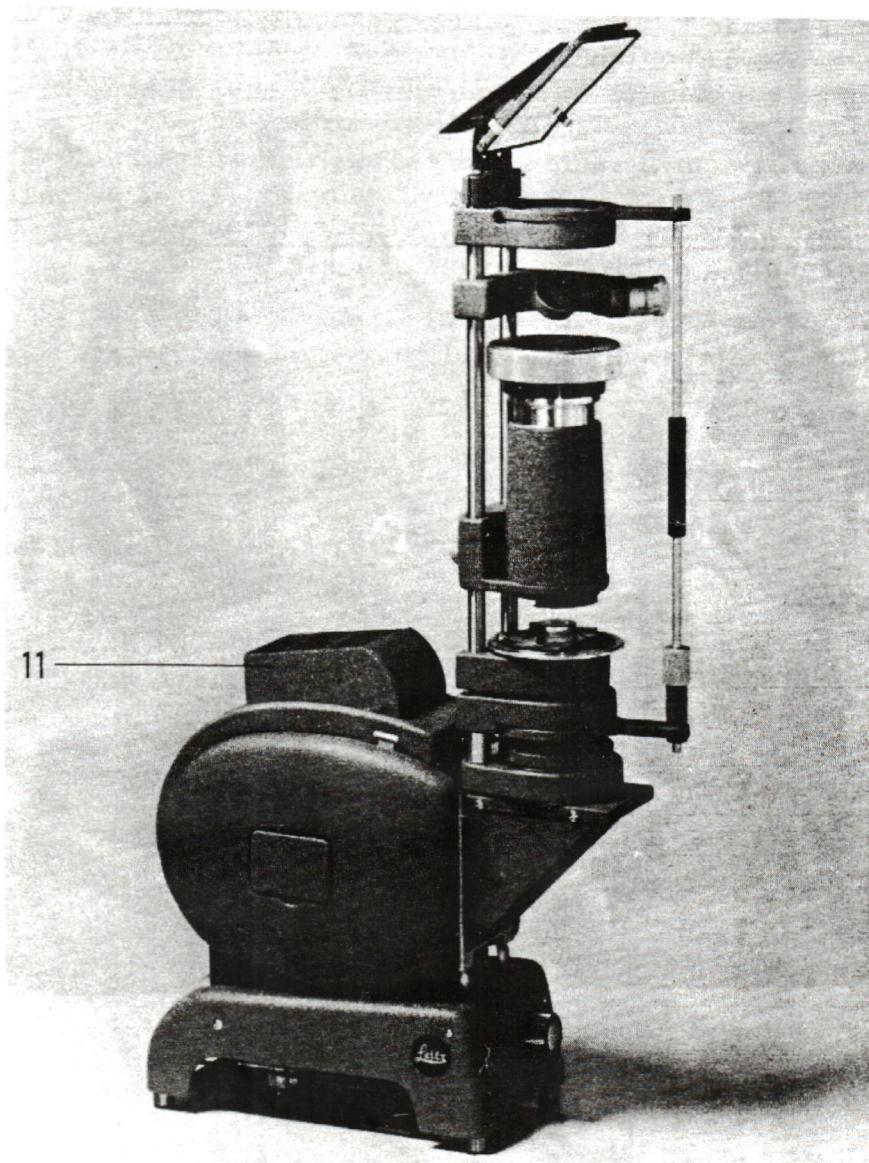
La détermination de la valeur relative des indices de réfraction, au moyen des lames de gypse ou de mica insérées dans les rallonges porte-objectifs.

La mesure de différence de marche avec le coin de quartz ou avec la lame $1/4$ d'onde de Sénarmont ou avec le compensateur tournant de Berek.

Franges de cristaux uniaxes et biaxes et détermination de leurs propriétés optiques à l'aide des lames de gypse, de mica ou du compensateur de BEREK.

La mesure de l'angle des axes d'une lame de mica; la lanterne PRADO, formant un ensemble approprié avec le dispositif polarisant, et à conseiller comme permettant la mesure et le contrôle des tensions internes.

Dispositif polarisant pour emploi vertical.



Lanterne PRADO 500 équipée du dispositif polarisant en position verticale.

Le dispositif polarisant vertical est livré pour permettre la projection de cendres d'objets immergées dans des liquides. Pour éviter un échauffement du polariseur, de la platine porte-objet, etc. provoqué par l'air chaud accumulé dans le carter de la lampe, il est recommandé de monter sur le carter de la PRADO, une cheminée d'aération (11) supplémentaire.

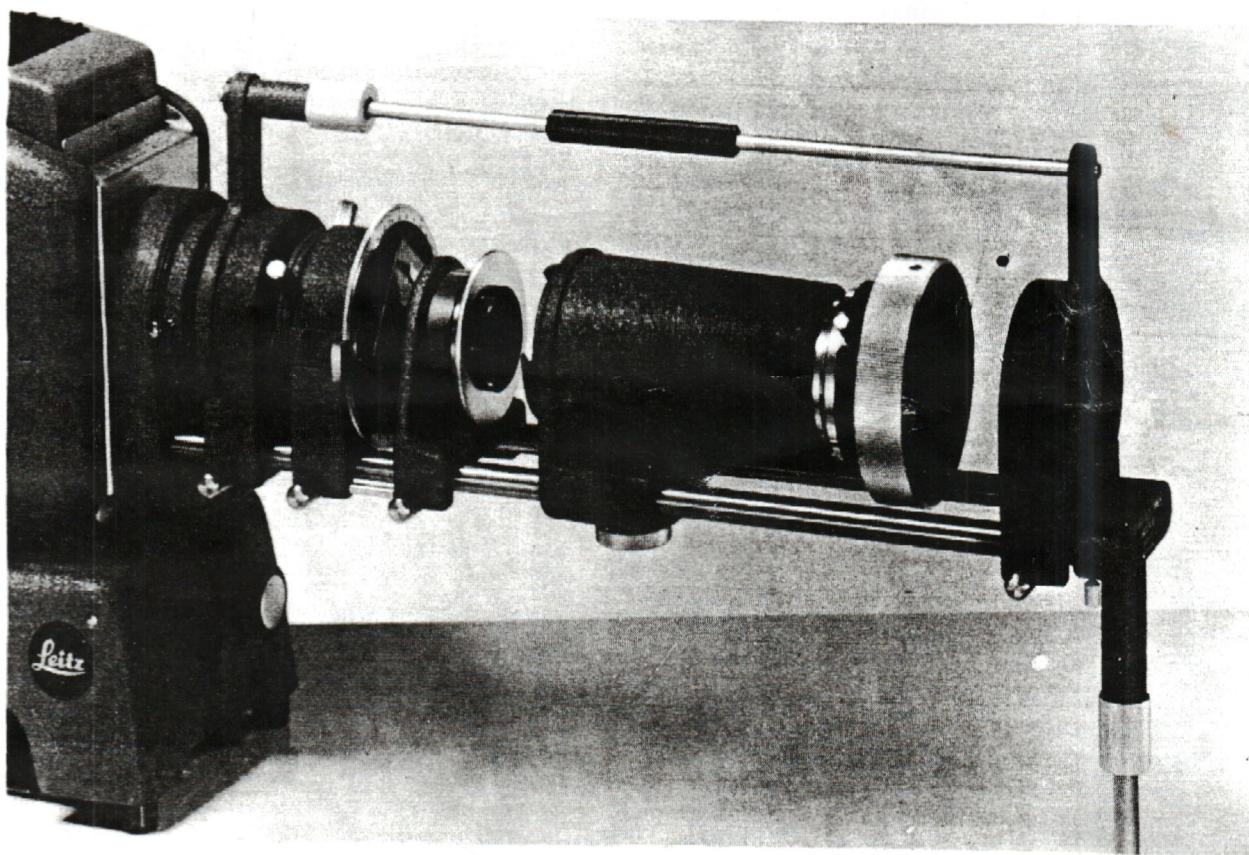
Dispositif de la lanterne pour la projection directe (orthoscopique).

Les figures précédentes montrent la lanterne équipée pour la projection directe orthoscopique. Le polariseur et l'analyseur sont fixés à l'extrémité avant et arrière des glissières de guidage et la platine tournante est montée juste devant le polariseur. Le tube porte-objectif est mis en place sur les glissières de guidage après desserrage de la vis de fixation, et placé devant l'objectif à une distance correspondant à celle de la projection.

La mise au point de l'image est ensuite effectuée par le mouvement hélicoïdal de l'objectif.

Montage de la lanterne pour la projection d'images d'interférence.

(faisceau de rayons convergents = éclairage conoscopique)



Dispositif polarisant aménagé pour la projection en lumière convergente.

Le condenseur en monture centrable est introduit dans le tube arrière de la platine porte-objet. Un système optique sur cavalier est fixé devant la platine porte-objet sur les glissières de guidage. Les ergots de butée placés sur le support du système optique donnent la distance correcte à maintenir devant la platine porte-objet. De petites corrections pour améliorer l'éclairage sont obtenues en déplaçant légèrement le système optique placé dans le tube. Un éclairage unilatéral sera facilement retouché par réglage de la vis de centrage du condenseur (inséré dans le côté arrière de l'objectif).

La mise au point de l'image convergente d'interférence s'effectue par le mouvement hélicoïdal de l'objectif. Au cas où ce mouvement ne suffirait pas, on déplacerait l'ensemble de la rallonge porte-objectif sur la glissière de guidage.

Pour les démonstrations en lumière polarisée circulaire, on insère les deux lames $1/4$ d'onde dans la monture de l'analyseur ou du polariseur. Les ergots d'orientation prévus sur les montures des lames $1/4$ d'onde, ont pour effet de mettre les directions principales de vibrations des lames $1/4$ d'onde à 45° des directions de vibrations du polariseur ou de l'analyseur.

Instructions générales d'emploi.

Le dispositif polarisant peut aussi bien être utilisé avec la lanterne PRADO 250 qu'avec la lanterne PRADO 500 (avec ventilation des diapositives, ou sans ventilation avec lampe de 250 watts). La PRADO 250 sans ventilation et la PRADO 500 doivent être munies, dans leur carter de lampe, d'un filtre anti-calorique additionnel.

Le passe-vue normal de la lanterne PRADO se remplace facilement par le dispositif polarisant. On appuie avec le pouce et l'index de la main droite sur les deux touches de la partie avant de la lanterne, en soulevant en même temps par bas le passe-vue par une poussée de la main, ce dernier s'enlève alors facilement.

Le dispositif polarisant est posé sur la lanterne et poussé vers le bas jusqu'à enclenchement du verrouillage.

La PRADO, équipée du dispositif polarisant et des glissières de guidage, forme un petit banc optique sur lequel les cavaliers (polariseurs, platine porte-objet, etc.) peuvent être déplacés séparément, ou enlevés, après desserrage de la vis de fixation.

Après avoir libéré une vis de blocage, la tige intermédiaire de rotation synchrone peut être enlevée du polariseur ou de l'analyseur, ceux-ci pouvant alors être tournés séparément.

Pour régler la hauteur de l'image sur l'écran, on desserre la vis de réglage de la lanterne et la tige support de la rallonge. L'image projetée peut ensuite être réglée par déplacement en hauteur de la lanterne. Le réglage correct est obtenu par le serrage des vis de fixation.

Distances de projection et dimensions de l'image projetée.

Les dimensions de l'image projetée sur l'écran dépendent de la distance de projection et de la focale de l'objectif utilisé. Le tableau si-dessous indique le diamètre de l'image de l'ouverture libre de la platine porte-objet (28 mm) pour chacune des distances de projection et des focales d'objectifs considérées.

Distance de projection	f : 85 mm	f : 100 mm	f : 120 mm
2 m	0,60 m	0,50 m	0,40 m
3 m	1,00 m	0,80 m	0,70 m
4 m	1,30 m	1,10 m	0,90 m
5 m	1,60 m	1,40 m	1,10 m
6 m	2,00 m	1,70 m	1,40 m
7 m	2,30 m	1,90 m	1,60 m
8 m		2,20 m	1,80 m
9 m			2,10 m
10 m			2,30 m

Nous donnons ci-après à titre indicatif une liste de préparations que nous avons sélectionnées et des exemples de leur application lors des essais et démonstrations décrits plus haut:

- 1.) Cristal de calcite monté sur plaque percée,
- 2.) Anhydrite,
- 3.) Tourmaline,
- 4.) Gypse (d'épaisseur variable),
- 5.) Image de gypse,
- 6.) Coin de quartz,
- 7.) Combinaison de quartz et de mica (blanc 1er ordre et au-delà).
- 8.) Verre présentant des tensions internes,
- 9.) Plexiglas soumis à déformations,
- 10.) Quartz taillé perpendiculairement à l'axe optique (rotations droites et gauches),
- 11.) Quartz de Soleil,
- 12.) Calcite taillée perpendiculairement à l'axe optique,
- 13.) Aragonite taillée perpendiculairement à la ligne médiane,
- 14.) Mouscovite (éclat de clivage),
- 15.) Topaze taillée perpendiculairement à la ligne médiane,
- 16.) Sucre taillé perpendiculairement à un axe.

1.) Biréfringence et polarisation.

Préparation N° 1 : cristal de Calcite, monté sur plaque percée (enlever le polariseur et l'analyseur). La plaque et le cristal de calcite sont fixés au centre de la platine porte-objet; l'objectif projette la plaque percée sur l'écran. La biréfringence fait apparaître une image double. En tournant la platine porte-objet, l'image fixe est produite par les rayons ordinaires, et l'image superposée par les rayons extraordinaires de la calcite. Pour démontrer que la lumière est polarisée perpendiculairement entre ces deux rayons, on place l'analyseur devant l'objectif en faisant faire un tour complet à la platine porte-objet, les deux images de la plaque percée deviennent tour à tour, claires et noires.

2.) Comportement d'objets anisotropes en lumière polarisée

Préparation N° 2 = Anhydrite - La préparation d'anhydrite sert à démontrer le comportement d'un objet anisotrope en lumière polarisée. En tournant la platine porte-objet, on obtient quatre positions d'extinction (positions normales : Direction des vibrations principales de l'objet parallèlement à la direction des vibrations du polariseur et de l'analyseur) et quatre positions de forte brillance (positions diagonales : les directions principales des vibrations de l'objet forment avec la direction des vibrations du polariseur et de l'analyseur un angle de 45°).

Lorsque les directions des vibrations, et partant, la position des directions d'extinction sont parallèles aux directions normales cristallographiques (comme pour l'anhydrite en question), on parle d'extinction rectiligne par opposition à l'extinction oblique, avec laquelle l'angle formé entre une direction normale de vibrations cristallographiques et la direction des vibrations du polariseur en position d'effacement varie de 0° à 90° . Il est recommandé de tendre sur l'écran des cordons noirs qui serviront de réticule.

3.) Dichroïsme

Préparation N° 3 - Plaque de tourmaline (enlever le polariseur ou l'analyseur). Une plaque de tourmaline taillée parallèlement à l'axe optique montre déjà à travers l'analyseur et en tournant la platine porte-objet, des différences de brillance et de couleurs. Le rayon normal est absorbé avec la tourmaline dans tous les sens et de très forte façon.

Par contre, la force d'absorption du rayon anormal, n'est uniforme que dans le sens de l'axe. Perpendiculairement à l'axe, l'absorption est bien plus faible, de sorte qu'une plaque de tourmaline taillée parallèlement à l'axe, a un effet polarisant.

Couleurs d'interférence:

Préparation 6 : Coin de quartz; 4 : gypse (épaisseur variée) 7 : combinaison mica-quartz (blanc 1er ordre et au-delà) 5 : image de gypse.

Les objets d'épaisseur appropriée colorent le champ image rendu noir par les polariseurs croisés, ce qui peut être immédiatement démontré en insérant la glissière à la lampe de gypse. Les éclats de clivage provenant d'un cristal de gypse (préparation 4) permettent de démontrer que la couleur d'interférence dépend de

l'épaisseur de la préparation. Des variations d'épaisseur sont très adroitement créées dans la préparation no 5, composée de cristaux de gypse, de sorte que la préparation, placée en position diagonale, donne une image très riche en couleurs. On obtient les couleurs complémentaires, en supprimant la rotation synchronisée du polariseur et de l'analyseur, et en tournant séparément à 90° le polariseur ou l'analyseur. Pour montrer la succession des couleurs d'interférence (*) on utilise le coin de quartz (préparation No 6). Les phénomènes d'interférence en lumière monochromatique sont produits par l'insertion d'un filtre vert (de 520 m/micron).

Pour démontrer le comportement de deux lames biréfringentes, on utilise la glissière avec une lame de gypse ou de mica et un objet biréfringent. C'est ainsi que la lame de gypse (rouge 1er ordre) étant introduite dans la rallonge porte-objectif et la lame $1/4$ d'onde fixée sur la platine porte-objet, on obtient, selon la position des directions de vibrations gravées sur les montures, la couleur bleue (position additive: directions de vibrations principales placées parallèlement) ou jaune (position soustractive: directions de vibrations principales placées perpendiculairement), on peut déterminer, également de cette façon, les indices relatifs de réfraction suivant les deux directions principales d'une préparation.

La préparation No 7 montre un blanc 1er ordre et blanc d'un ordre plus grand, placés l'un à côté l'autre. L'introduction de la lame de gypse dans le faisceau lumineux donne la possibilité de les différencier entre eux. Le blanc 1er ordre apparaît, avec le gypse, coloré, tandis que pour le blanc d'ordre plus élevé, l'addition ou la soustraction d'une différence de marche d'environ 550 m/micron (rouge 1er ordre) ne se signale pas par une variation de couleur.

Biréfringence due aux tensions internes

Préparation N° 8, verre sous tension, Préparation No 9, Plexiglas chargé en son centre.

Pour la démonstration de biréfringence sous tension on utilise un baton de verre ou de résine artificielle que l'on courbe à la main ou à la presse. Le baton déformé montre en position verticale à l'extrémité supérieure, à l'endroit où il a été allongé par la courbure, ainsi qu'à l'extrémité inférieure où l'on a fait pression, des parties plus claires. Entre ces deux zones s'établit une zone (neutre) n'ayant connu ni effet de traction, ni effet de pression ne montrant aucune partie claire. En insérant la lame de gypse on fait apparaître, par différence de couleurs, les différences entre la tension de traction et celle de la pression.

La tension permanente d'un verre provoquée par un refroidissement rapide est montrée pour la préparation No. 8.

Pouvoir rotatoire optique:

Préparation No. 10 - Quartz taillé perpendiculairement à l'axe, rotations droites et gauches.

Préparation No 11 - Lame double de Soleil

Pour No 10 - Un mélange de quartz ayant des rotations droites et gauches taillé perpendiculairement à l'axe optique, colore le champ image entre les polariseurs croisés, sans toutefois que la couleur et l'intensité de la coloration soit modifiée par la rotation de la lame de quartz autour de son axe optique. Une lame de quartz perpendiculaire à l'axe optique fait tourner la direction de vibration de

*) Une table de couleurs d'interférence d'après Rosenbusch-Wülfig est éditée par la librairie d'édition Schweizerbart.

la lumière qui la traverse, le volume de la rotation étant fonction de l'épaisseur de la lame et de la longueur d'onde de la lumière, la lumière rouge étant plus faiblement décolorée que la lumière bleue. Cette relation entre la rotation et la longueur d'onde (dispersion rotative), est démontrée en tournant l'analyseur.

Préparation No 11 - Une lame double de Soleil se compose de deux quartz taillés perpendiculairement à l'axe optique dont l'un a un pouvoir rotatoire gauche et l'autre un pouvoir rotatoire droit. Lorsque les directions des vibrations du polariseur et de l'analyseur sont parallèles ou perpendiculaires, la coloration des deux images partielles est identique. Une légère rotation de l'analyseur ou du polariseur - surtout en position parallèle - met en évidence, sur les images de chaque quartz, une forte variation des couleurs.

Pour la démonstration de mesure de différence de marche avec le coin de quartz, on intercalera la lame de gypse ou de mica et l'on fixera le coin de quartz (préparation 6) sur la platine porte-objectif en position soustractive (voir page 8) vers le gypse ou le mica. La position du trait noir (trait compensateur) dans la série des couleurs du coin indiquera la différence de marche.

Mesure de différences de marche par analyse de la lumière polarisée elliptique (mesures de Sénarmont)

- a) Introduire le filtre vert et la glissière avec lame $1/4$ d'onde.
- b) Tourner en synchronisme les deux polariseurs jusqu'à l'extinction complète (lame $1/4$ d'onde en position normale)
- c) Fixer la préparation (par ex. gypse de différentes épaisseurs) sur la platine porte-objet et la tourner en position diagonale (luminosité la plus intense.)
- d) Abandonner la rotation synchrone du polariseur et de l'analyseur et tourner l'analyseur seul jusqu'à ce que le point à mesurer sur la préparation soit devenu noir. Avec un angle de rotation θ on calcule la différence de marche par $\delta = \frac{\text{onde}}{180} \theta$ représentant la longueur d'onde de la lumière utilisée
(environ 520 m micron)

Mesure de différence de marche avec le compensateur tournant de BEREK

On place sur les glissières le compensateur tournant de BEREK entre l'objectif et l'analyseur. On ferme un peu le diaphragme iris (environ jusqu'au diamètre de la lame du compensateur). La mesure doit être effectuée selon les instructions d'emploi jointes à l'appareil, les tables de mesure et les constantes de compensation. Comme la marche de la mesure est en principe la même que celle utilisée avec les compensateurs introduits dans le tube du microscope, on prendra comme base les instructions données pour cette opération et on les adaptera au dispositif prévu ici pour la démonstration.

Cristaux en lumière convergente

La puissance de biréfringence d'un cristal étant fonction de la direction, la couleur d'interférence montrée par un cristal en lumière polarisée dépendra non seulement de l'épaisseur du cristal, mais également de la direction des vibrations incidentes. On s'en persuadera facilement en tenant par ex. une lame de gypse debout dans le faisceau lumineux. La variation de la couleur d'interférence n'est pas uniquement due à ce que l'épaisseur de la couche traversée par les rayons s'accroît en fonction de l'inclinaison donnée, mais à ce que la lame de gypse inclinée dans une direction perpendiculaire présente une différence plus faible de marche.

L'examen en lumière convergente démontre encore mieux la relation entre la couleur d'interférence et la direction de l'éclairement. Un condenseur d'ouverture relativement grande (condenseur en monture centrable), placé devant l'objet, a pour effet de soumettre le cristal à des rayons d'inclinaisons différentes. Chacune de ces directions de rayons correspond à une valeur différente de biréfringence, et partant, à une autre couleur d'interférence. Un système optique placé derrière la platine porte-objet rend presque parallèle le faisceau à haute divergence passant par le cristal, de sorte qu'il peut être repris par l'objectif de projection.

Image d'interférence d'un cristal uniaxe

Préparation N° 12 = calcite perpendiculaire à l'axe optique, préparation 11 quartz perpendiculaire à l'axe optique (lame double de Soleil).

L'image d'interférence du calcite (préparation 11) montre un système concentrique d'anneaux de couleurs (isochromes) traversé par deux barres noires perpendiculaires l'une à l'autre.

Les isochromes forment des courbes lieux de points où les différences de marche sont égales; les franges noires (isoclines) sont des courbes lieux de points où les directions des axes du cristal sont parallèles aux directions provenant des polariseurs croisés. L'intersection des Isoclines indique le point d'émergence de l'axe optique. Ce point se trouve, pour notre cristal taillé perpendiculairement à l'axe, au centre du champ image et ne se modifie pas en tournant l'objet.

Pour montrer l'image axiale du quartz, on se servira d'une des moitiés de la lame de Soleil. (préparation 11). - L'image d'interférence ressemble à celle de la calcite, toutefois en raison du pouvoir rotatoire optique du quartz, le centre de l'image d'interférence (point d'émergence de l'axe) apparaît lumineux, en direction de l'axe optique. Si l'on introduit une lame $1/4$ d'onde, on obtient, selon la rotation à gauche ou à droite du quartz, les deux images dans le sens des aiguilles d'une montre ou en spirale opposée d'Airy.

Images d'interférence de cristaux Biaxes.

La préparation 12, aragonite montre l'image d'interférence d'un cristal biaxe. Les courbes colorées des mêmes différences de marche s'étendent autour du point d'émergence de l'axe optique. Les isoclines qui sont, dans le cas présent, des hyperboles passant par les deux points d'émergence de l'axe, se modifient, à l'encontre du cristal uniaxe, par rotation de l'objet. On peut distinguer par l'image d'interférence du cristal biaxe la position normale (les hyperboles se croisent entre elles) de la position diagonale (branches d'hyperboles très détachées les unes des autres). La préparation N° 14, une mouscovite perpendiculaire à la première médiane, montre un angle axial bien plus prononcé. (pour la mesure d'angles axiaux voir page 11).

La préparation N° 15, topaze taillée parallèlement à la médiane, sert d'exemple d'angle axial encore plus ouvert. L'angle formé entre eux par les deux axes est si grand que les deux points d'émergence d'axe n'apparaissent pas dans le champ image, car leurs directions ne sont plus comprises dans le cône d'illumination du système optique.

La préparation N° 16, un cristal de sucre, est également biaxe. Cette préparation est cependant taillée de telle façon qu'un seul axe apparaît dans le champ image. On détermine qu'une préparation est biaxe, et non uniaxe, à ce que la

trace de l'axe ne suit qu'une frange noire, (elle change sa position en tournant l'objet) tandis qu'avec un objet uniaxe, la trace de l'axe forme toujours l'intersection de deux franges noires.

Pour la démonstration de mesure d'angle axial on remplace la lame de calcite du compensateur de BEREK en monture à emboîtement, par une lame de mica placée dans la même monture, et l'on fixe le compensateur ainsi obtenu sur les glissières de guidage, entre l'objectif et l'analyseur.

En tournant le tambour du compensateur, on amène les deux points d'émergence des axes optique dans le centre du champ image. La différence des deux réglages reportée sur la division du tambour du compensateur, donne l'angle axial.

Pour déterminer le caractère de la biréfringence par l'image d'interférence on introduit soit la lame de gypse ou la lame de mica, ou l'on monte le compensateur de BEREK.

Les images d'interférence qui en résultent, dont on trouvera la signification dans les manuels de microscopie en polarisation (x) et que l'on appliquera au dispositif de démonstration (xx) permettront de déterminer si le cristal est positivement ou négativement biréfringent.

- (x) Burri : Le microscope polarisant.
Rinne + Berek : Instructions pour l'examen optique au microscope polarisant
Rosenbusch - Wülfing : Physiographie des principaux minéraux en microscopie - 1er volume 2ème partie.
- (xx) En utilisant les tables de correspondance pour déterminer le caractère optique, (par ex. le livre de BEREK : Instructions pour l'examen optique avec le microscope polarisant) on veillera à ce que l'image projetée apparaisse redressée de gauche à droite vis à vis de l'image vue au microscope.