

Auteur ou collectivité : Zeiss, Carl

Auteur : Zeiss, Carl

Titre : Appareils pour la projection d'expériences en lumière polarisée. M. 235

Adresse : Iéna : Imprimerie B. Vopelius, 1908

Collation : 1 vol. (17 p.); 26 cm.

Cote : CNAM-MUSEE IS0.4-ZEI

Sujet(s) : Optique -- Instruments ; Projecteurs (appareils de projection) ; Sciences -- Expériences ; Catalogues commerciaux

Note : Cote CDHT Doc 2516

Langue : Français

Date de mise en ligne : 21/11/2017

Date de génération du PDF : 23/11/2017

Permalien : <http://cnum.cnam.fr/redir?M13656>

CARL ZEISS, JENA

Berlin NW, Dorotheenstrasse 29 II.

Francfort-s-I-M., Bahnhofsplatz 8, Ecke Kaiserstrasse.

Hambourg, Rathausmarkt 8 I.

Londres W, 29 Margaret Street, Regent Street.

Vienne IX³, Ferstelgasse 1, Ecke Maximilianplatz.

Saint-Pétersbourg, Kasanskaja Ulitza 2.

Appareils

pour la

PROJECTION

d'expériences en lumière polarisée.



Adresse télégraphique: **Zeisswerk Jena.**

Désignation de ce prospectus: **M. 235.**

CENTRE DE DOCUMENTATION
D'HISTOIRE DES TECHNIQUES

Doc. 2516

Nous tenons les clichés des figures contenues dans ce prospectus à la disposition des personnes désirant les insérer dans des publications scientifiques.

La reproduction non autorisée des figures ou du texte de ce prospectus sera poursuivie judiciairement.



GC 18

Notre grand appareil de projection étant de plus en plus employé dans l'enseignement de la physique et spécialement de l'optique, nous avons étudié avec soin les appareils auxiliaires nécessaires à cet effet. Au commencement de l'année dernière, nous avons déjà publié un prospectus spécial (M. 205) sur la projection **d'expériences spectrales**. Nous le faisons suivre aujourd'hui d'un prospectus concernant la projection **d'expériences de polarisation**. Plusieurs des appareils décrits ont déjà été livrés depuis quelques années, à peu près sous la même forme, sur commande.

Le présent prospectus donne d'abord une description sommaire des appareils, puis une notice d'emploi un peu plus détaillée et, finalement, une liste des appareils et de leurs prix.

Le **miroir d'essai** *S_p* (fig. 2)¹⁾ sert à étudier la polarisation d'un faisceau de rayons. Il est constitué par du verre noirci et tourne autour d'un axe horizontal. La surface réfléchissante forme, avec cet axe, un angle tel que les rayons qui sont parallèles à l'axe au moment où ils frappent le miroir sont complètement polarisés. Ces rayons réfléchis tombent sur un écran blanc *S_{ch}* perpendiculaire à l'axe et y forment, quand l'expérience est bien disposée, une tache lumineuse correspondant à la forme du miroir. Quand on fait tourner le miroir, la tache se promène le long du bord de l'écran circulaire et change d'éclat pendant le parcours, si la lumière incidente est polarisée. Les azimuts principaux 0°, 90°, 180°, et 270° sont marqués sur le bord de l'écran, ce qui permet de déterminer approximativement la position du plan de polarisation. Au lieu du miroir plan, on peut visser un miroir conique sur l'appareil. Ce miroir fait voir d'un seul coup les phénomènes que le miroir plan présente successivement pendant la rotation.

Pour étudier la polarisation de la lumière réfléchie ou réfractée par une ou plusieurs lames de verre, on emploie une **lame de glace** *Pl* et une pile de ces lames. Ces instruments étant susceptibles de tourner autour d'un axe vertical, on est à même de mettre l'angle de polarisation en évidence.

¹⁾ GRIMSEHL a indiqué un dispositif analogue en 1905, sans connaître notre appareil qui, à ce moment, avait déjà été construit, mais n'avait pas encore été publié dans nos catalogues.



La double réfraction s'étudie sur des **prismes en spath** ou en **cristal de roche** *Pr* (fig. 3) dont l'arête est parallèle à l'axe du cristal. Deux prismes de la même substance, traversés parallèlement à l'axe par la lumière, présentent la réfraction simple. Ces prismes peuvent aussi être employés pour une détermination grossière des deux indices de réfraction.

La projection des phénomènes que montrent les préparations biréfringentes placées entre des **nicols croisés** ou **parallèles** offre certaines difficultés lorsqu'on ne dispose pas de très grands nicols, car toute l'étendue de la préparation doit être éclairée par des rayons parallèles, c'est-à-dire par des faisceaux déliés dont les axes doivent être aussi parallèles que possible. Le meilleur moyen de réaliser cet éclairage est de placer une lentille collectrice *S*₁ (fig. 6) devant la préparation et d'amener une source lumineuse *L*, de petite dimension et de grande intensité, au foyer antérieur de cette lentille. Le nicol polariseur est alors intercalé entre la lentille et la préparation, et il est évident que la plage uniformément éclairée de celle-ci ne sera pas plus grande que l'ouverture du nicol. Mais on peut éviter cette limitation du champ en introduisant deux autres lentilles *S*₂ et *S*₃ (fig. 6) entre la première lentille et la préparation et en les disposant de façon à ce que leurs foyers coïncident. La marche des rayons dans la préparation reste la même qu'auparavant, car la lumière qui traverse la préparation vient toujours d'une image infiniment éloignée de la source lumineuse, mais les dimensions du champ éclairé ne dépendent plus que de l'ouverture des lentilles. Une image réelle de la source lumineuse se forme, entre les deux lentilles, dans leur foyer commun et, en choisissant convenablement les lentilles, il est facile de rendre cette image assez petite pour qu'un **nicol** *Po* (fig. 6) de taille modérée laisse passer tous les rayons. Les dimensions des lentilles dépendent du diamètre des préparations que l'on veut projeter. Si ce diamètre mesure environ 3 centimètres, un grossissement de 30 diamètres, grossissement qui fournit encore des projections très lumineuses, donne des images d'environ 1 m suffisant parfaitement pour les préparations auxquelles on a généralement affaire. Nous avons, par conséquent, pris des lentilles de 33 millimètres de diamètre, juste assez grandes pour remplir complètement de lumière l'ouverture de la **platine tournante** *T* (fig. 1 et fig. 6). Dans bien des cas, cette platine, qui s'emploie aussi avec le dispositif simplifié de micropositionnement, existera déjà et pourra, par conséquent, être supprimée dans le devis des appareils nécessaires pour les projections qui nous occupent ici. La seconde *S*₃ des deux lentilles entre lesquelles s'intercale le nicol s'introduit, sous la platine, dans le manchon destiné à recevoir les condensateurs. La première *S*₂ est montée, avec le nicol *Po*, dans un tube (fig. 1 et 6) qui maintient ces deux pièces dans la bonne position l'une par rapport à l'autre. Le nicol, qui s'enlève facilement de l'appareil, est susceptible de tourner, et l'angle parcouru se lit sur une échelle graduée de dix en dix degrés. Comme **objectif de projection**, on emploie également une lentille simple et mince *P* qui donne des images suffisamment nettes, parce

que l'ouverture des faisceaux qui forment les images et l'angle du champ sont petits. La marche des rayons (fig. 6) fait voir qu'une image réelle de la source lumineuse se forme au foyer postérieur de cette lentille de projection. Tous les rayons allant de la préparation à l'écran doivent passer par cette image. Au point où celle-ci se forme, on a intercalé **l'analyseur** *An* (fig. 1 et fig. 6). Cette partie de l'appareil étant identique, comme optique et comme monture, à celle que forme la lentille collectrice avec le polariseur (fig. 1), on peut, sans inconvénient, les échanger l'une avec l'autre, mais les nicols doivent toujours être montés sur les tubes qui portent les mêmes numéros qu'eux, sans quoi l'échelle et l'index pourraient ne plus correspondre au plan de polarisation. Tout l'appareil optique ayant pu être réduit à quatre lentilles très minces, les pertes de lumière sont petites et la luminosité des projections est remarquablement grande, surtout si l'on tient compte de la petite taille des nicols.

Avec la même disposition de l'appareil, on peut aussi faire toutes les expériences qui exigent l'éclairage de la préparation par des faisceaux de petite ouverture, polarisés à vibrations rectilignes. On peut, par exemple, mettre en évidence la double réfraction d'une lame clivée de spath (fig. 4), le dichroïsme, la rotation du plan de polarisation etc.

Par contre, la projection des **images des axes** doit être réalisée en éclairant la préparation avec des faisceaux de très grande ouverture. On obtient cet éclairage, en plaçant, devant la préparation, une lentille collectrice puissante ou un système de ces lentilles, c'est-à-dire un condensateur. Une image réelle de la source lumineuse se forme au foyer postérieur de ce système et, si l'ouverture du système en ce point est assez grande, il suffit d'amener cette image sur le plan de la préparation pour avoir l'éclairage voulu. Nous livrons, avec l'appareil, un **condensateur** *C*₁ (fig. 1) dont l'ouverture numérique est égale à 0,9 environ. Cette valeur représente à peu près le maximum qu'il est possible d'atteindre commodément sans immersion. Le condensateur est monté dans un tube à frottement qui s'introduit dans le manchon de la platine. Cette opération ne pouvant se faire qu'après avoir retiré la lentille *S*₃ qui forme une image du polariseur et de la source lumineuse à l'infini, on a vissé une autre lentille *S*₃, destinée au même but, dans le tube à frottement du condensateur.

Le système condensateur proprement dit, sans la lentille *S*₃, est composé de deux lentilles indépendantes: une petite lentille plan-convexe épaisse (lentille frontale) et une lentille biconvexe plus grande. Pour des raisons qu'il serait trop long d'exposer ici, le système ainsi formé doit être aplanétique pour le foyer qui tombe dans le plan de la préparation. Les condensateurs de microscope ordinaires ne peuvent par conséquent pas être employés et il a fallu recourir à une construction spéciale. La lentille biconvexe seule, la lentille plan-convexe étant retirée, est aussi suffisamment aplanétique. Son ouverture numérique est 0,4. Les aberrations chromatiques n'ont pas été éliminées,



la suppression de ces aberrations n'étant pas nécessaire pour le but auquel le condensateur est destiné.

Le faisceau conique des rayons incidents est transformé, par un deuxième système condensateur C_2 , identique au premier, dont le foyer antérieur coïncide avec le sommet du faisceau incident en un faisceau de rayons parallèles. Celui-ci est reçu par l'objectif de projection P qui le retransforme en un faisceau conique dont le sommet est situé au foyer de l'objectif, point où se trouve l'analyseur An . Après avoir parcouru celui-ci, les rayons se portent vers l'écran sur lequel se produit le phénomène d'interférence qu'on appelle l'image des axes. La position de l'objectif P doit être choisie de manière à ce que l'image du plan focal postérieur du système C_2 se forme à peu près sur l'écran. Car, dans ce cas, les deux rayons parallèles (polarisés à angle droit avant d'entrer dans l'analyseur) en lesquels se décompose, en général, après avoir traversé la lame cristalline, chaque rayon du cône incident, se réunissent de nouveau sur l'écran où ils interfèrent.

Nous allons donner maintenant la description d'une série d'expériences. Cette série n'a pas la prétention d'être complète, elle comporte de nombreuses modifications et additions que l'expérimentateur familiarisé avec le sujet trouvera et exécutera facilement lui-même, suivant ses besoins.

Expériences fondamentales.

On obtient de la manière suivante un faisceau susceptible d'être examiné avec le **miroir d'essai**. Placer (fig. 3) sur le banc d'optique la lentille I puis, derrière elle, la chambre à eau, et enfin, à 40 cm de l'extrémité opposée du banc, le diaphragme-iris sur patin. Eloigner ou rapprocher la lentille I du cratère, jusqu'à ce que la frange rouge de la tache lumineuse qui se forme sur le diaphragme-iris tombe juste encore sur les lamelles et passe à travers l'iris quand celui-ci est entièrement ouvert. Immobiliser le patin de la lentille I dans cette position au moyen de sa vis. Pousser la chambre à eau tout contre la lentille et fixer son patin. La position de ces deux pièces n'aura plus besoin d'être modifiée au cours des expériences suivantes.

Placer le miroir d'essai à deux mètres environ de l'appareil en lui donnant une position telle que la lumière tombe, dans la direction de l'axe du miroir tournant, sur le milieu du disque (fig. 2). Monter ensuite l'une des lentilles serties dans un tube sur l'extrémité du banc d'optique P (fig. 2), après avoir retiré le nicol du tube, réduire l'ouverture du diaphragme à quelques millimètres et déplacer la lentille qui sert d'objectif à projection jusqu'à ce que l'image de l'ouverture du diaphragme se forme sur l'écran du miroir d'essai. Régler

l'ouverture du diaphragme de manière à ce que le miroir soit entièrement couvert par l'image de l'iris. Cette image n'a pas besoin d'être absolument nette, sa formation a seulement pour but d'éviter que la lumière incidente ne tombe sur le bord de l'écran. La lumière réfléchie par le miroir d'essai produit sur le bord de l'écran une tache claire, de forme rectangulaire, qui décrit un cercle quand on fait tourner le miroir. La marche des rayons est représentée d'une façon schématique sur la figure 2, abstraction faite de la lame *Pl*. Si, au lieu du miroir plan, on visse le miroir conique livré avec l'appareil sur l'instrument, on voit apparaître, sur l'écran, un anneau clair. Le bord de l'écran et l'anneau doivent être concentriques et celui-ci doit avoir partout la même clarté. Un coup d'œil sur l'écran permet de vérifier et de rectifier, s'il y a lieu, la position du miroir d'essai.

La lumière incidente n'étant pas polarisée, l'anneau obtenu avec le miroir conique a partout la même clarté et, si on se sert du miroir plan, la tache lumineuse ne change pas d'éclat pendant la rotation du miroir.

Si, ensuite, on introduit, derrière l'objectif de projection, tout à l'extrémité du banc d'optique, la **lame de verre** montée sur patin *Pl* (fig. 2), les propriétés de la lumière transmise ne changent pas beaucoup, la polarisation ne se voyant guère.

Mais, si l'on place le miroir d'essai sur le trajet des rayons réfléchis sur la lame de verre, la tache lumineuse est le plus claire dans les azimuts 0° et 180° et disparaît dans les azimuts 90° et 270° . La disparition ne se produit qu'au cas où la lumière frappe la lame de verre sous l'incidence de polarisation. La position de la lame de verre qui correspond à cette incidence est facile à reconnaître. La lame est montée sur une tablette affectant la forme d'un triangle rectangle dont elle occupe l'hypoténuse, et l'incidence a lieu sous l'angle de polarisation quand le long côté du triangle est parallèle au banc d'optique (voir la figure 2). La vis moletée étant desserrée, on peut faire tourner la tige qui porte la tablette dans la colonne du patin, ce qui modifie l'angle d'incidence et permet de montrer que la lumière réfléchie sous d'autres incidences n'est pas complètement polarisée.

Les mêmes expériences peuvent être faites avec la **pile de glaces**, substituée sur le patin à la lame de verre. Avec la pile de glaces, on est à même de mettre en évidence la polarisation incomplète de la lumière transmise.

Pour montrer la polarisation par double réfraction, on se sert du **prisme en spath marqué K₂** (fig. 3), sur lequel la direction de l'axe cristallographique est indiquée par un index. Comme support, on emploie le patin *G* (fig. 1) muni d'une colonne articulée qui porte une douille à ressort. Ce patin est posé sur le banc d'optique à la place de celui de la pile de glaces. Le prisme, introduit dans la douille du patin, est tourné de manière à ce que les index soient verticaux. On obtient ainsi deux images dans les directions ϵ et ω . Ces images sont colorées sur les bords par dispersion. En les examinant au moyen du



miroir d'essai, on voit que l'image qui a subi la plus forte déviation est polarisée parallèlement à l'axe du cristal (marqué par l'index), tandis que l'image la moins déviée est polarisée perpendiculairement à cette direction.

Dans le prisme K_1 , l'axe cristallographique est parallèle à l'axe de la monture cylindrique. Si on introduit ce prisme dans la douille du patin G , on n'obtient qu'une seule image qui se montre non polarisée quand on l'examine au moyen du miroir d'essai. Le spath n'est par conséquent pas biréfringent dans cette direction.

La déviation a la même valeur que celle de l'image la plus fortement déviée du prisme K_2 . Le rayon le plus fortement réfracté, qui se propage avec la moins grande vitesse dans le cristal, est donc, dans le spath, le rayon ordinaire. On ne peut pas répéter ces expériences avec les prismes en cristal de roche, parce qu'on ne pourrait pas distinguer les deux images, leur biréfringence étant trop faible. Ces prismes seront employés plus tard pour une autre expérience.

La double réfraction présentée par une **lame** clivée **de spath** peut être montrée en intercalant la lame entre l'objectif et le diaphragme-iris, tout contre celui-ci. On aura deux images complètement séparées sur l'écran, si on réduit suffisamment l'ouverture du diaphragme. Quand on fait tourner la lame, l'image extraordinaire tourne autour de l'image ordinaire qui, elle, reste immobile. Si on ne veut pas tourner la lame à la main, on substitue la platine tournante T (fig. 4) au diaphragme-iris. L'ouverture de cette platine est amenée au diamètre voulu au moyen de l'un des diaphragmes-cylindres Zy qui s'introduisent à l'aide du tube à frottement dans le manchon placé sous la platine. La lame de spath est assujettie sur la platine au moyen des valets. Le support des prismes est écarté ou enlevé pendant ces expériences.

Pour montrer l'action des **prismes de Nicol**, on introduit l'un de ces prismes dans le tube et on projette l'image du diaphragme-iris sur le miroir d'essai. Il ne se forme qu'une seule image qui n'a subi ni déviation ni coloration, les rayons se montrent polarisés dans le plan parallèle aux deux index marqués sur la monture du nicol.

Les phénomènes qui se produisent lorsque la lumière polarisée tombe sur un cristal biréfringent sont mis en évidence au moyen du prisme K_2 . Le dispositif (fig. 5) ne se distingue de celui que nous avons décrit plus haut que par l'introduction du nicol Po dans le tube. Ce nicol polarise la lumière avant qu'elle ne vienne frapper le prisme. Les phénomènes observés avec le prisme K_2 diffèrent, suivant la position du plan de polarisation. Si la lumière est polarisée suivant l'axe du cristal, on n'a qu'une seule image — la plus déviée — et la lumière émergente est aussi polarisée suivant la direction de l'axe. Si l'on fait tourner le prisme, la clarté de cette image diminue et l'image moins fortement déviée apparaît. Malgré le déplacement du plan de polarisation de la lumière incidente, la première image est encore polarisée suivant l'axe. Le plan

de polarisation de l'image moins fortement déviée est toujours perpendiculaire à l'axe. Quand le plan de polarisation de la lumière incidente forme un angle de 45° avec l'axe, les deux images ont la même clarté. Si l'on continue à faire tourner le nicol, l'image moins déviée devient plus claire et, finalement, cette image seule subsiste quand le plan de polarisation de la lumière incidente est perpendiculaire à l'axe du cristal dans lequel le prisme est taillé. Ces expériences montrent, qu'en général, un rayon perpendiculaire à l'axe est décomposé en deux rayons partiels, l'un (le rayon ordinaire) polarisé suivant l'axe, l'autre (le rayon extraordinaire) polarisé perpendiculairement à l'axe. Les deux rayons ont la même intensité quand le plan de polarisation de la lumière incidente forme un angle de 45° avec l'axe du cristal, l'intensité du rayon ordinaire s'annule quand le plan de polarisation de la lumière incidente est perpendiculaire à l'axe, celle du rayon extraordinaire quand elle lui est parallèle.

En remplaçant le diaphragme-iris par une **fente** *S* (fig. 5) et en projetant les spectres ainsi obtenus sur un écran perpendiculaire au banc d'optique et suffisamment grand, on peut faire une détermination grossière des indices de réfraction. On retire le nicol du tube, on rend l'arête du prisme **K₂** bien verticale et on met les spectres exactement au point. Ceci fait, on marque, dans les deux spectres, une couleur, le jaune par exemple, on tourne le prisme de 180° et on marque de nouveau les emplacements de la même couleur. Puis on mesure l'écartement des deux repères intérieurs et celui des deux repères extérieurs et on prend la moitié de chacun. Si le demi-écartement est *a* et la distance du prisme à l'écran *b*, la déviation *δ* est donnée par l'équation

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{a}{b}$$

L'angle φ du prisme étant de 30° et la lumière tombant normalement sur sa première face, l'indice de réfraction est fourni par l'équation:

$$n = \frac{\sin (30 + \delta)}{\sin 30} = 2 \sin (30 + \delta)$$

On peut, si l'on veut, déterminer directement la grandeur *a*, en écartant le prisme, après avoir marqué les positions des spectres et en mesurant la distance entre les repères et l'image non déviée de la fente.

Pour cette expérience, on peut aussi utiliser **les prismes en cristal de roche**, car la valeur de la double réfraction est suffisante pour séparer les deux spectres purs qui sont étroits. En comparant la déviation du spectre produite par le prisme **Q₁** avec celles des deux spectres de **Q₂** et en examinant la polarisation au moyen d'un nicol intercalé devant le prisme, on voit que, dans le cas présent, le rayon extraordinaire est plus fortement réfracté. Le rayon ordinaire se propage donc avec la plus grande vitesse dans le cristal, à l'inverse de ce qui se produit dans le spath.

Le résultat de ces expériences est le suivant: quand un rayon de lumière polarisée tombe sur un cristal biréfringent, il se décompose, en général, en deux



rayons polarisés à angle droit qui se propagent avec des vitesses différentes. Ce fait forme la base de l'explication des phénomènes d'interférence qu'on observe sur les lames cristallines entre nicols croisés ou parallèles.

Le **dichroïsme** est mis en évidence au moyen du dispositif proposé plus haut pour les expériences sur la lame clivée de spath (fig. 4). Afin d'être à même de faire tourner commodément la préparation (une lame de tourmaline taillée parallèlement à l'axe par exemple), on emploie la platine tournante de préférence au diaphragme-iris.

Expériences en lumière polarisée parallèle.

Donner un diamètre de 3,5 à 4 cm au diaphragme-iris et le pousser tout contre la chambre à eau (fig. 6). Placer derrière, à une distance de quelques centimètres, l'une des lentilles collectrices avec son nicol (S_2 , Po), la lentille tournée vers le diaphragme-iris. Munir la platine tournante T du condensateur à verre de besicles No. 4 (S_3). Le rebord du tube à frottement qui s'applique contre le manchon doit se trouver à environ 4 cm de la surface supérieure de la platine. Le manchon ne doit par conséquent pas être poussé tout contre la platine. Placer la platine sur le banc d'optique dans une position telle que le faisceau lumineux sortant du polariseur remplisse amplement l'ouverture du condensateur à verre de besicles. Le bord flou du faisceau devra encore tomber sur le rebord du tube à frottement, mais aucune lumière ne devra passer à côté de ce rebord. La mise en place se fait le plus aisément en enlevant d'abord le polariseur. Mettre la deuxième lentille collectrice munie de son nicol (P , An), en guise d'objectif de projection, derrière la platine, la lentille étant tournée vers celle-ci. La déplacer jusqu'à ce qu'elle forme, sur l'écran, une image nette d'un diaphragme de 1 à 2 cm de diamètre placé dans l'ouverture de la platine. Quand on enlève le diaphragme, tout le champ doit être uniformément éclairé et l'éclairage doit rester uniforme, lorsqu'on remet le polariseur en place et qu'on donne la même direction aux deux nicols. Si l'éclairage devient inégal après l'introduction du nicol, l'image du cratère ne se trouve pas exactement au milieu de l'ouverture du polariseur et il faut rectifier le centrage de la lampe au moyen des vis de rappel de sa cage. Il est commode de remplacer, pendant ce réglage, l'analyseur par un oculaire de microscope d'HUYGENS. Etant convenablement placé, cet oculaire projette l'image de l'ouverture du polariseur sur l'écran et, à l'intérieur de cette image, on voit celle du cratère, ce qui permet de centrer la lampe. Si, après que l'analyseur a été remis en place, on voit encore une frange rouge ou un anneau bleu, il faut déplacer légèrement la lentille collectrice et le polariseur le long de l'axe optique. On arrivera toujours ainsi à trouver

une position donnant un éclairage uniforme. **Il est expressément recommandé de ne jamais desserrer les vis qui retiennent les tiges dans les colonnes des patins, pour soulever, abaisser ou tourner les pièces qu'elles portent.** Avant l'expédition, toutes ces pièces sont centrées à l'aide d'instruments spéciaux et les seuls déplacements nécessaires pour amener les divers appareils dans les positions qu'ils doivent occuper les uns par rapport aux autres sont des mouvements parallèles au banc d'optique.

Les appareils auxiliaires étant ainsi mis en place, les expériences entre nicols parallèles et croisés peuvent être projetées.

Si la salle de projection est très noire, on voit que tout le champ ne s'obscurcit pas simultanément lorsque les nicols sont croisés. Dans la position la plus favorable, on n'obtient qu'une bande parfaitement noire, bande qui traverse obliquement le champ. Ce phénomène tient à la construction même des nicols: la position du plan de polarisation n'est pas la même dans les diverses parties du champ. En général, on ne remarque pas ce phénomène, mais ici il se fait sentir, par suite de la grande clarté de la lampe à arc et de l'utilisation très complète de son intensité lumineuse. Mais dès qu'on intercale entre les nicols un objet qui produit le moindre éclairage du champ, immédiatement celui-ci semble uniformément obscur. S'il s'agit par contre de réaliser — par exemple pour les expériences sur la rotation du plan de polarisation — une extinction aussi uniforme que possible, il faut mettre un diaphragme de $1/2$ à 1 cm de diamètre dans l'ouverture de la platine, pour éliminer les parties marginales du champ.

Il est sans doute superflu de donner plus de détails sur la projection des préparations les plus employées pour ce genre d'expériences, lames de gypse et de quartz, prismes minces de quartz et de gypse, lames de quartz dextrogyres et lévogyres etc. Nous dirons seulement que les prismes (coins) à angles assez forts doivent être accolés à un prisme en verre, car, autrement, ils dévient trop fortement le faisceau transmis, et celui-ci ne passe plus complètement à travers l'analyseur.

Les **lames de gypse et de mica**, montées dans des bagues de carton, que nous livrons avec les appareils de polarisation de nos microscopes peuvent aussi être employées pour ces expériences. On réduit l'ouverture de la platine à 2 cm env. et on assujettit les lames au moyen des valets. On peut aussi intercaler ces lames immédiatement derrière le polariseur, par exemple pour déterminer le signe de la réfraction double par addition ou soustraction des retards. A cet effet, on introduit la lame dans le tube à frottement muni de deux index, dans une position telle que l'axe d'élasticité marqué sur la monture ait la direction des index. Puis on engage le tube à frottement dans la douille du patin à colonne articulée et on place celui-ci immédiatement derrière le polariseur (fig. 1, *G*). On peut alors commodément le faire tourner et l'écartier hors de la marche des rayons en rabattant la colonne du patin (fig. 6, *G*).

Dans cette expérience, les **lames assez épaisses** ne présentent pas de couleurs entre nicols croisés ou parallèles, mais les franges de MÜLLER démon-



trent qu'ici aussi il y a destruction de lumière par interférence. On montre ces franges en plaçant, dans le dispositif représenté fig. 6, une fente immédiatement derrière la platine T et en déplaçant la lentille collectrice P avec l'analyseur, jusqu'à ce qu'elle ne forme plus, sur l'écran, l'image de la préparation mais celle de la fente. Si, ensuite, on intercale un prisme — par exemple le prisme à sulfure de carbone No. 479 sur la tablette No. 47810 — immédiatement derrière l'analyseur, on voit apparaître, sur un écran convenablement placé, le spectre avec les franges de MÜLLER. Les franges claires se substituent aux franges sombres et inversement, lorsqu'on passe des nicols croisés aux nicols parallèles. Le nombre des franges augmente avec l'épaisseur des lames et l'intensité de la birefringence. Il est facile de faire voir que les lames minces de gypse et de mica qui donnent des couleurs d'interférence vives ne présentent, dans le spectre, qu'une ou deux franges de MÜLLER.

Les liquides qui font **tourner le plan de polarisation** sont intercalés, au moyen de cuves, entre la platine et l'objectif. Comme il a été dit plus haut, il est bon de réduire l'ouverture de la platine par un diaphragme étroit. On peut assujettir un quartz à deux rotations sur la platine à l'aide des valets de celle-ci.

La projection des images des axes.

Les appareils employés pour les expériences précédentes en lumière parallèles, sont encore utilisés pour la projection des images des axes sans changement notable dans leur arrangement (fig. 1). Il suffit d'intercaler deux **systèmes condensateurs** de grande ouverture, l'un C_1 immédiatement devant, l'autre C_2 immédiatement derrière la préparation, une lame de gypse par exemple. Le premier condensateur s'introduit dans le manchon, sous la platine, et est amené au contact de la préparation. Le condensateur à verre de besicles devant être enlevé à cet effet, on a vissé, pour le remplacer, une lentille S_3 dans le tube à frottement du condensateur. Le deuxième condensateur est vissé dans le support des systèmes à projection et celui-ci est placé sur le banc d'optique et rapproché de la platine jusqu'à ce que la lentille frontale du condensateur touche presque la préparation. Ceci fait, l'image des axes paraît sur l'écran. Si elle n'est pas uniformément éclairée jusqu'au bord, il faut procéder, au moyen du mouvement micrométrique, à une mise au point plus précise du second condensateur. Si la distance entre celui-ci et la préparation est trop grande, le centre seul de l'image est éclairé. Quand on rapproche le condensateur de la préparation, l'éclairage s'étend peu à peu sur toute l'image des axes, visible avec l'ouverture donnée du condensateur. Si l'on dépasse le point le plus favorable, une frange bleue vient se former sur le bord du champ et il faut de

nouveau un peu reculer le condensateur en arrière pour réaliser le meilleur éclairage. Cette frange bleue et le bord du champ sont concentriques quand la lampe est bien centrée, ce qui peut servir à vérifier et à rectifier au besoin le centrage de celle-ci. En outre, la trace des rayons qui sortent de C_2 doit former sur l'ouverture de P une tache lumineuse bordée d'une frange rouge et cette tache et le bord de la monture de P doivent aussi être concentriques.

Si on veut faire voir, en lumière parallèle, la préparation dont on a montré l'image des axes, il n'y qu'à remplacer le premier condensateur par le condensateur à verre de besicles et à enlever le tube à frottement qui contient le second. Le support des systèmes à projection peut rester en place. Grâce à la position particulière des deux plans focaux du système condensateur, l'image de la préparation est, de suite, suffisamment nette sur l'écran.

La marche des rayons est réglée de manière à ce qu'une image fortement réduite du polariseur (et de l'image du cratère qui tombe dans son ouverture) se forme dans le plan de la préparation. Le deuxième condensateur et l'objectif à projection reforment ensuite une image de la grandeur initiale dans l'ouverture de l'analyseur. Ces images devant être assez bonnes, les systèmes condensateurs doivent être assez bien corrigés. La correction a été faite en supposant qu'il ne se produit pas d'aberrations sensibles sur la surface plane de la lentille frontale, ni sur les surfaces de la lame et de la lamelle, ou que ces aberrations se détruisent mutuellement. Le premier cas est réalisé si l'on met un liquide d'immersion (huile de cèdre, mais en général l'eau suffit), de chaque côté, entre la préparation et les frontales des condensateurs; le second, quand les surfaces limites de la préparation touchent presque les frontales après que les condensateurs ont été mis au point. L'emploi des liquides d'immersion étant peu commode, il est préférable de choisir l'épaisseur de la lame et de la lamelle en rapport avec l'épaisseur donnée de la lame de cristal. Des lames cristallines de $\frac{1}{2}$ mm d'épaisseur dont l'indice de réfraction ne s'éloigne pas trop de 1,5 exigent, par exemple, des lames et des lamelles de 1,5 mm d'épaisseur environ.

Si les préparations sont trop épaisses, le foyer antérieur du deuxième condensateur ne peut pas être amené sur les images du polariseur et de la source lumineuse qui se trouvent à l'intérieur de la préparation. Dans ce cas, on enlève la frontale du deuxième condensateur, on éloigne la lentille qui reste de la préparation en déplaçant le support pour systèmes de projection de quelques millimètres, et on rapproche l'objectif de projection et l'analyseur de l'écran (de 7 cm env.) jusqu'à ce que l'image des axes redévienne ronde et nette. Par suite de la plus petite ouverture de la lentille postérieure du condensateur, cette image est moins grande. La clarté augmente si on enlève aussi la frontale du premier condensateur qui devra, lui aussi, être éloigné de quelques millimètres de la préparation.

La clarté devient plus grande parce que, quand les deux condensateurs ont la même ouverture, toute la lumière qui frappe le premier traverse le second; tandis que, lorsque l'ouverture du premier est plus grande que celle du second, celui-ci ne reçoit et ne renvoie sur l'image qu'une partie de la lumière tombée sur le premier.



Cependant, dans la plupart des cas, la clarté fournie par le premier condensateur muni de sa frontale suffit parfaitement et on n'est obligé d'enlever les deux frontales qu'au cas où il s'agit d'atteindre le maximum de clarté, par exemple pour la projection des images des axes de cristaux fortement colorés, ou pour la projection de ces images en lumière monochromatique.

On obtient le plus facilement la **lumière monochromatique** au moyen de verres colorés assujettis à l'aide de valets sur le diaphragme-iris sur patin. Les liquides sont versés dans des cuves placées sur le support à cuves, immédiatement derrière le diaphragme-iris.

Prix.

No.		Prix en Marks	Désignation télégraphique
501	Miroir d'essai avec écran sur trépied. Sert à déterminer la position du plan de polarisation d'un faisceau lumineux	35.—	Doacao
502	Miroir conique en verre noirci. Se visse, à la place du miroir plan, sur le pied du No. 501	38.—	Dobador
503	Lame en verre avec monture, sur patin. Sert à mettre en évidence la polarisation de la lumière réfléchie	14.50	Dobbelende
504	Pile de glaces avec monture, sur tige rentrant dans la colonne du patin du No. 503	9.50	Dobber
505	Prisme en spath de 30 degrés, la première surface réfringente perpendiculaire à l'axe, dans un tube à frottement	15.—	Dobhash
506	Prisme en spath de 30 degrés, l'arête parallèle à l'axe, dans un tube à frottement muni de deux index indiquant la direction de l'axe . .	15.—	Dobladilla
507	Prisme en cristal de roche , semblable au No. 505	10.—	Doblaggio
508	Prisme en cristal de roche , semblable au No. 506	10.—	Doblegada
509	Douille sur patin à colonne articulée pour les numéros 505 à 508	18.—	Doblegueis
510	Lentille collectrice avec nicol sur patin. Le nicol et la lentille convexe se trouvent dans une monture en forme de tube. Le nicol est pourvu d'une échelle graduée de dix en dix degrés et d'un index indiquant la position du plan de polarisation	50.—	Doblones
511	Condensateur aplanétique , ouv. num. 0,9, monté dans un tube à frottement dans lequel une lentille collimatrice est vissée. S'introduit dans le manchon de la platine tournante	53.—	Dobolassi
512	Condensateur à verre de besicles 4 à une lentille, monté dans un tube à frottement rentrant dans le manchon de la platine tournante	5.—	Doboliate



No.		Prix en Marks	Désignation télégraphique
513	Diaphragme-cylindre avec trois diaphragmes interchangeables. Se place dans le manchon de la platine tournante	4.—	Pantografo
514	Diaphragmes de platine. S'adaptent dans l'ouverture de la platine tournante, 4 pièces	2.—	Dobrath
515	Condensateur aplanétique , ouv. num. 0,9 avec bague de raccord. Se visse dans le support pour les systèmes à projection	51.—	Docalna
516	Tube à frottement , reçoit et permet de faire tourner les lames de gypse. Avec index marquant la position de l'axe d'élasticité	4.50	Docciarono
517	Lames de gypse , rouge I ordre, monture carton	3.—	Penetrar
518	Lame de gypse d'ordre différent, suivant demande Prix total, y compris deuxième lentille collectrice avec nicol No. 510	2.— 389.50	Docelavamo Doceanista
	Les appareils suivants employés pour la projection des diapositives, des préparations microscopiques ou des expériences spectrales sont aussi utilisés pour les expériences de polarisation. On trouvera de plus amples détails sur ces instruments dans le prix courant pour notre grand appareil de projection (désignation: M. 239) et dans notre prospectus sur la projection d'expériences spectrales (désignation: M. 205).		
	Lentille collectrice I (M. 239, No. 42611) . . .	23.—	Dadenap
	Diaphragme-iris sur patin (M. 239, No. 427) . .	30.—	Dadiva
	Chambre à eau, grandeur I (M. 239, No. 428) .	50.—	Dadotto
	<i>Cette chambre à eau peut aussi être remplacée par des chambres à eau plus grandes.</i>		
	Support pour les systèmes à projection , sur patin (M. 239, No. 439)	30.—	Damtiegel
	Platine tournante sur patin (M. 239, No. 441) . .	42.—	Danai
	Fente réglable s'adaptant sur le diaphragme-iris (M. 205, No. 477)	18.—	Dardada
	<i>Cette fente peut aussi être remplacée par la fente réglable sur patin No. 476.</i>		

No.		Prix en Marks	Désignation télégraphique
	Porte-cuves sur patin avec deux cuves (M. 205, No. 481)	24.—	Dariote
	Prix total	217.—	Docenarios
	<i>Si les appareils 501 à 518 sont commandés pour un appareil à projection que le client possède déjà, il faut nous envoyer les pièces dont le centrage doit correspondre à celui des parties nouvelles. Ce sont les suivantes: la lentille collectrice I, le diaphragme-iris sur patin, le support pour systèmes à projection et la platine tournante.</i>		
	Préparations.		
	<i>Les cinq premières préparations sont, en première ligne, destinées à faire voir les images des axes. Les lames de cristal de roche et de mica conviennent aussi pour la projection en lumière parallèle. Les trois dernières préparations sont exclusivement taillées dans ce but.</i>		
530	Spath , perpendiculaire à l'axe, épaisseur 0,5 mm env., sur une lame porte-objet	3.—	Docentium
531	Cristal de roche , perpendiculaire à l'axe, épaisseur 0,5 mm env., sur une lame porte-objet	2.50	Docétisme
532	Cristal de roche , incliné à 45° sur l'axe, épaisseur 0,5 mm env., sur une lame porte-objet	3.50	Dochmiorum
533	Cristal de roche , perpendiculaire à l'axe, épaisseur 3 mm env., sur une lame porte-objet	2.50	Docibility
534	Mica , lame clivée, épaisseur 0,2 à 0,3 mm, sur une lame porte-objet	2.50	Docicado
535	Prisme mince en gypse (coin), parallèle à l'axe, largeur 1 cm longueur 2 $\frac{1}{2}$ cm env., donnant les couleurs du premier au cinquième ordre, sur une lame porte-objet	10.—	Dociles
536	Deux quartz de rotation contraire, présentant la teinte sensible, sur une lame porte-objet	10.—	Docilioris
537	Tourmaline , parallèle à l'axe, sur une lame porte-objet	12.—	Docimaey
	Prix total	46.—	Docimentum
	<i>D'autres préparations sont fournies sur demande.</i>		

Tous les prix s'entendent: emballage non compris, marchandise livrée en gare d'Iéna, au comptant, sans déduction quelconque en espèces, chèques ou traites de banque à courte échéance sur l'Allemagne, la France ou l'Angleterre. Livraison et paiement devront être faits à Iéna.



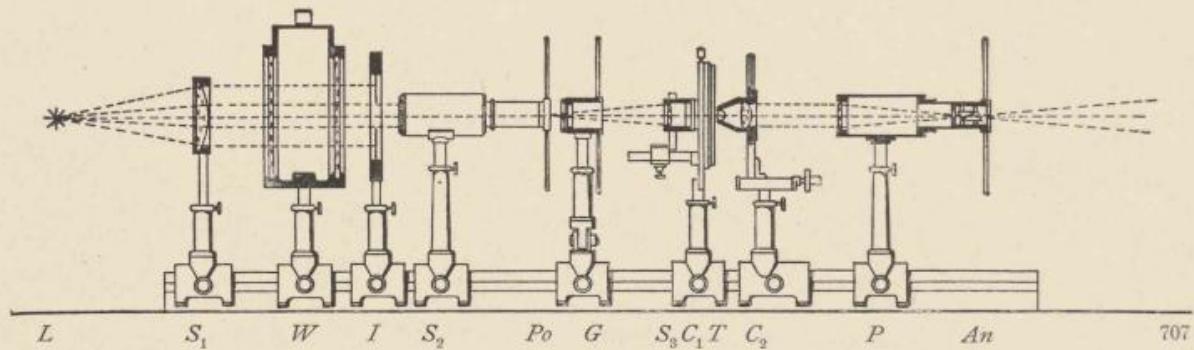


Fig. 1.
Projection des images des axes (Schéma).
($1/10$ grand. nat.)

L source lumineuse (lampe à arc); *S₁* lentille collectrice *I*; *W* chambre à eau; *I* diaphragme-iris sur patin; *S₂* lentille collectrice montée avec le polariseur *Po* dans un tube, représentée en élévation; *G* lame de gypse sur patin à colonne articulée; *C₁* condensateur aplanétique, monté avec la lentille collectrice *S₃* dans un tube à frottement; *T* platine tournante; *C₂* second condensateur aplanétique, adapté au support pour les systèmes à projection; *P* lentille collectrice servant d'objectif à projection, montée avec l'analyseur *An* dans un tube commun. Les rayons principaux seuls sont dessinés et l'échelle réduite du dessin n'a pas permis de les suivre partout.

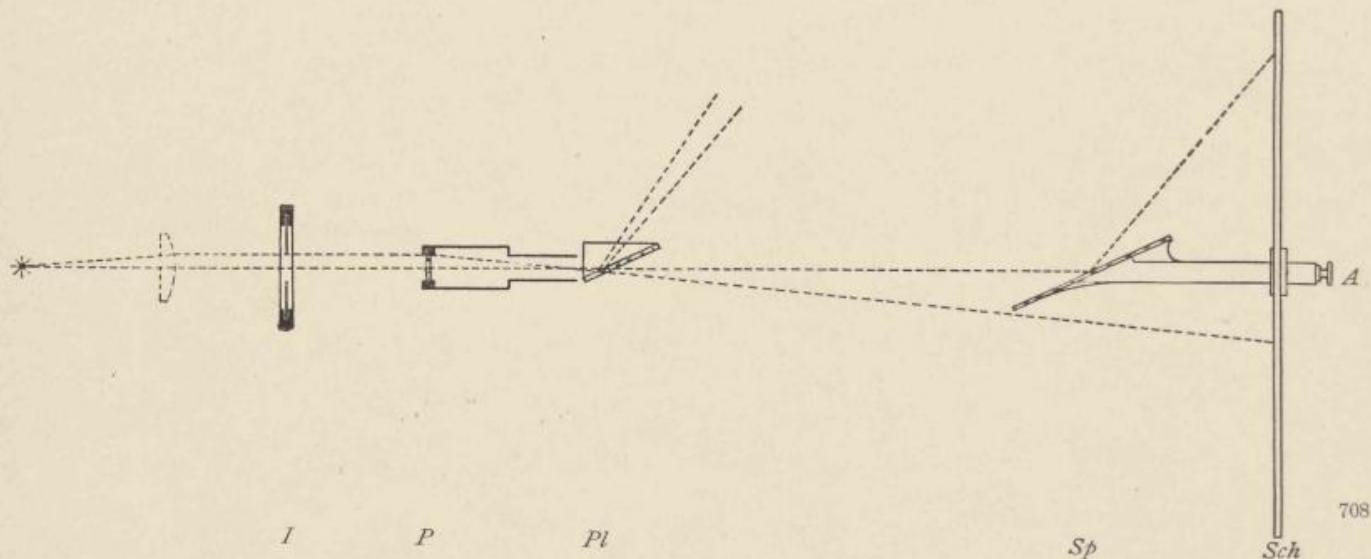


Fig. 2.
Expérience montrant la polarisation de la lumière réfléchie.
($1/10$ grand. nat.)

Pour gagner de la place, la source lumineuse et la lentille *I* ont été rapprochées du diaphragme-iris et la chambre à eau a été supprimée; *I* diaphragme-iris; *P* objectif de projection, projetant une image du diaphragme-iris sur l'écran *Sch*; *Pl* lame de verre ou pile de glaces; *S_p* miroir d'essai. Les rayons qui frappent ce miroir sont renvoyés vers le bord de l'écran *Sch*. *A* axe de rotation du miroir *S_p*. On n'a dessiné que deux rayons principaux passant, l'un par le centre, l'autre par le bord du diaphragme-iris.

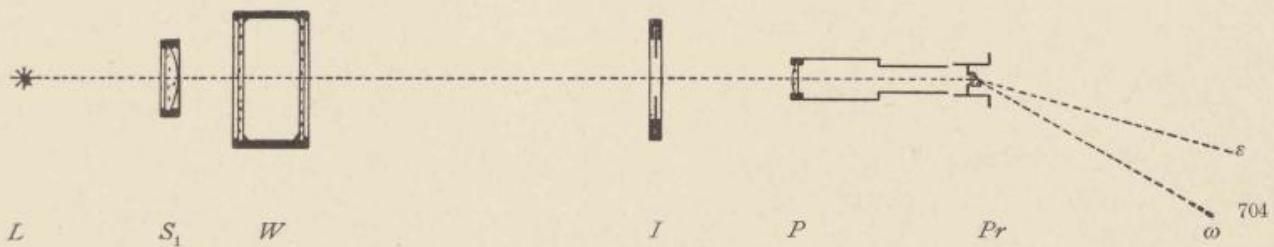


Fig. 3.
Expérience montrant la double réfraction dans une prisme de spath.

($1/10$ grand. nat.)

L source lumineuse; S_1 lentille collectrice; W chambre à eau; I diaphragme-iris; P objectif à projection projetant l'image du diaphragme-iris sur l'écran; Pr prisme de spath K_2 ; ω direction du rayon ordinaire, ε direction du rayon extraordinaire. Seul, le rayon principal parcourant l'axe optique de l'appareil de projection est représenté.

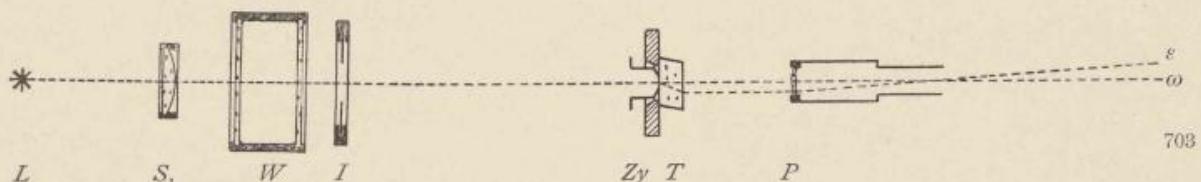


Fig. 4.
Expérience montrant la double réfraction dans une lame de spath.

($1/10$ grand. nat.)

L source lumineuse; S_1 lentille collectrice; W chambre à eau; I diaphragme-iris; Zy diaphragme-cylindre; T platine tournante, sur laquelle est fixée la lame de spath; P lentille collectrice qui projette sur l'écran les deux images de Zy formées par la lame de spath; ω direction du rayon ordinaire, ε direction du rayon extraordinaire. Ici aussi, seul, le rayon principal parcourant l'axe est représenté.



Fig. 5.

Expérience montrant les phénomènes qui se produisent quand la lumière polarisée traverse une substance biréfringente. ($1/10$ grand. nat.)

L source lumineuse; S_1 lentille collectrice; W chambre à eau; I diaphragme-iris; $S\beta$ fente qui peut être remplacée par le diaphragme-iris I comme sur la figure 3; P lentille collectrice qui projette l'image de la fente ou du diaphragme-iris sur l'écran; Po polariseur; Pr l'un des prismes K_2 ou Q_2 . Ici aussi, seul, le rayon principal parcourant l'axe est représenté.

CARL ZEISS
JENA

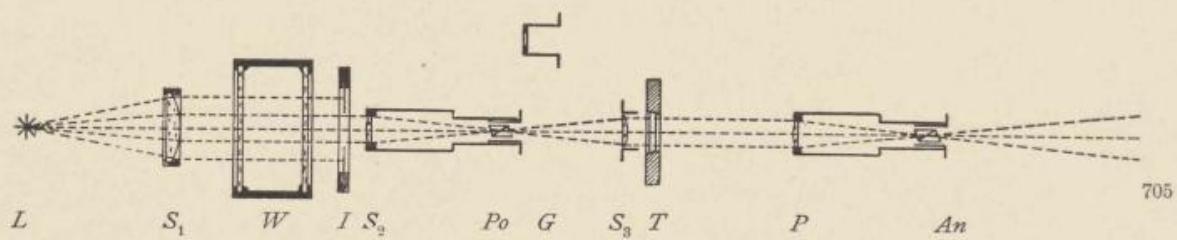


Fig. 6.
Projection en lumière polarisée parallèle.
($1/10$ grand. nat.)

L source lumineuse; *S*₁ lentille collectrice I; *W* chambre à eau; *IS*₂ diaphragme-iris; *S*₃ lentille collectrice montée avec le polariseur *Po* dans un tube; *G* monture avec lame de gypse écartée hors de l'axe; *S*₃ condensateur à verre de besicles 4; *T* platine tournante; *P* lentille collectrice servant d'objectif à projection montée avec l'analyseur *An* dans un tube. Trois rayons principaux sont dessinés: celui qui passe par le centre du champ et les deux rayons marginaux extrêmes.

