

tion, c'est-à-dire l'emploi d'une seconde substance active, agissant en sens inverse de celle qu'on veut analyser, et dont l'épaisseur peut varier jusqu'à ce que les actions contraires des deux substances se détruisent complètement; en sorte qu'au lieu de mesurer la déviation du plan de polarisation, on mesure l'épaisseur à donner à la substance compensatrice, qui est une plaque de quartz, pour obtenir une compensation parfaite.

Cela posé, on peut distinguer dans l'appareil trois parties principales : un tube qui contient le liquide à analyser, un polariseur et un analyseur.

Le tube *m*, qui renferme le liquide, est de cuivre étamé intérieurement et

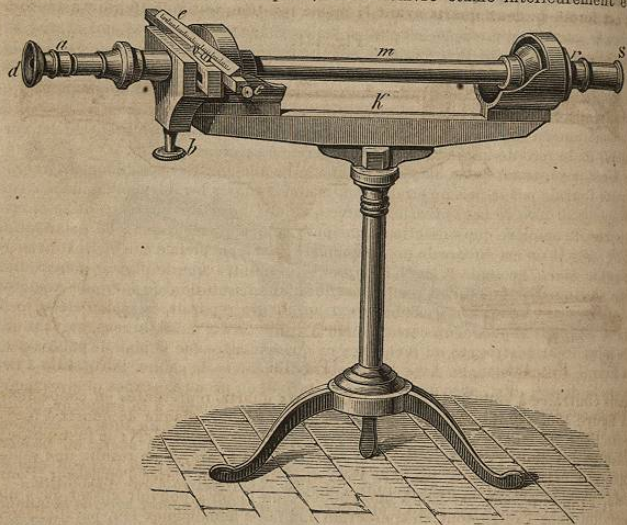


Fig. 433 (h = 47).

fermé à ses deux extrémités par deux glaces à faces parallèles; il est soutenu sur un support *k*, qui se termine à ses deux bouts par deux tubes *r* et *a*, dans lesquels sont les cristaux qui servent de polariseurs et d'analyseurs, et qui sont représentés dans la coupe (fig. 434).

Devant l'orifice *S* se place une lampe ordinaire à modérateur. La lumière émise par cette lampe, dans la direction de l'axe de l'instrument, rencontre d'abord un prisme biréfringent *r*, qui sert de polariseur (568, 3°). L'image ordinaire seule arrive à l'œil, l'image extraordinaire étant projetée hors du champ de la vision, à cause de l'amplitude de l'angle que font entre eux le rayon ordinaire et le rayon extraordinaire. Enfin, le prisme biréfringent est dans une position telle, que le plan de polarisation est vertical et passe par l'axe de l'appareil.

À sa sortie du prisme biréfringent, le faisceau polarisé rencontre une plaque de quartz *q* à double rotation, c'est-à-dire que cette plaque tournée à la fois le plan de polarisation à droite et à gauche. Pour cela, elle est formée de deux plaques de quartz de rotation contraire, juxtaposées comme le montre la figure 437, de façon que la ligne de séparation soit verticale et dans le même plan que l'axe de l'appareil. Ces quartz, taillés perpendiculairement à l'axe, ont une épaisseur de 3<sup>mm</sup>, 75, à laquelle correspond une rotation de 90°, et donnent une

teinte rose violacée qu'est la *teinte de passage*. Le quartz, qu'il soit dextrogyre ou lévogyre, tournant toujours d'une même quantité, à épaisseur égale (370, 3°), il en résulte que les deux quartz *a* et *b* font tourner également le plan de polarisation, l'un à droite, l'autre à gauche. Par conséquent, si on les regarde avec un prisme biréfringent, ils présentent exactement la même teinte.

Après avoir traversé les quartz *q*, le faisceau polarisé passe dans le liquide que contient le tube *m*, et de là rencontre une nouvelle plaque de quartz *i*, simple et d'épaisseur arbitraire, dont on va voir bientôt l'usage.

En *n* est le compensateur destiné à détruire la rotation de la colonne liquide *m*. Il est formé de deux quartz ayant la même rotation, soit à droite, soit à gauche,

Fig. 434.

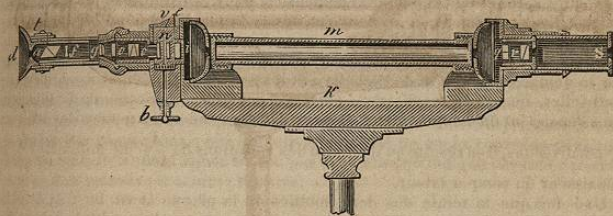


Fig. 435.

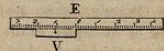


Fig. 436.



Fig. 437.

mais contraire à celle de la plaque *i*. Ces deux quartz, représentés en coupe dans la figure 435, s'obtiennent en coupant obliquement une plaque de quartz à faces parallèles, de manière à former deux prismes de même angle *N, N*; en juxtaposant ensuite ces deux prismes, comme le représente la figure, il en résulte une seule plaque à faces parallèles, qui offre l'avantage de pouvoir varier d'épaisseur. Pour cela, chaque prisme est fixé à une coulisse, de façon à pouvoir glisser dans un sens ou dans l'autre, tout en conservant aux faces homologues leur parallélisme. Ce mouvement s'obtient au moyen d'une double crémaillère et d'un pignon qu'on tourne à l'aide d'un bouton *b* (fig. 433 et 434).

Quand les lames se déplacent respectivement dans le sens indiqué par les flèches (fig. 435), il est évident que la somme de leurs épaisseurs augmente, et qu'elle diminue quand les plaques avancent dans le sens opposé. Une échelle *e* et un vernier *v* (fig. 436) suivent les plaques dans leur mouvement, et servent à mesurer les variations d'épaisseur du compensateur. Cette échelle, représentée ainsi que son vernier dans la figure 436, porte deux divisions ayant un zéro commun, l'une de gauche à droite, pour les liquides dextrogyres, l'autre de droite à gauche, pour les liquides lévogyres.

Lorsque le vernier est au zéro de l'échelle, la somme des épaisseurs des plaques *N, N* est précisément égale à celle de la plaque *i*, et comme la rotation de cette dernière est contraire à celle du compensateur, l'effet est nul. Mais si l'on fait marcher, dans un sens ou dans l'autre, les plaques du compensateur, celui-ci ou le quartz *i* l'emporte, et il y a rotation à droite ou à gauche.

Après le compensateur est un prisme biréfringent *c* (fig. 434) servant d'analyseur pour observer le faisceau polarisé qui a traversé le liquide et les diverses plaques de quartz. Pour comprendre plus facilement l'objet du prisme *c*, nous négligerons, pour un instant, les cristaux et les lentilles représentés à sa droite dans le dessin. Si l'on fait d'abord coïncider le zéro du vernier *v* avec celui de

l'échelle, et si le liquide contenu dans le tube est inactif, les actions du compensateur et de la plaque *i* se détruisent, et l'effet du liquide étant nul, les deux moitiés de la plaque *g*, vues au travers du prisme *c*, donnent rigoureusement la même teinte, ainsi qu'on l'a déjà observé ci-dessus. Mais si l'on remplace le tube plein de liquide inactif par un second tube rempli d'une dissolution sucrée, le pouvoir rotatoire de cette dissolution s'ajoute à celui de même sens de l'un des quartz de la plaque à double rotation *g*, et diminue d'autant le pouvoir rotatoire de l'autre quartz. Il résulte de là que les deux moitiés de la plaque *g* ne présentent plus la même teinte, et que la moitié *a* (fig. 437) est rouge, par exemple, tandis que la moitié *b* est bleue. On fait alors marcher les prismes du compensateur, en tournant le bouton *b* vers la droite ou vers la gauche, jusqu'à ce que la différence d'action du compensateur et de la plaque *i* compense le pouvoir rotatoire de la dissolution, ce qui a lieu au moment où les deux moitiés de la plaque *Q* à double rotation reviennent à leur teinte primitive.

Quant au sens de la déviation et à l'épaisseur du compensateur, on les mesure par le déplacement relatif de l'échelle *e* et du vernier *v*. Les divisions de l'échelle sont telles, que 10 de ces divisions correspondent à une variation de 1 millimètre dans l'épaisseur du compensateur, et comme le vernier donne lui-même les dixièmes

de ces divisions, il en résulte qu'il mesure des variations de  $\frac{1}{100}$  de millimètre dans l'épaisseur du compensateur.

Une fois que la teinte des deux moitiés de la plaque *Q* est bien égale et la même qu'avant l'interposition de la dissolution sucrée, on lit sur l'échelle à quelle division correspond le vernier, et le nombre correspondant donne immédiatement le titre de la dissolution. Pour cela, on se fonde sur ce principe que 16<sup>r</sup>,471 de sucre candi bien desséché et bien pur, étant dissous dans l'eau, et la liqueur étant amenée au volume de 100 centimètres cubes et observée dans un tube de 20 centimètres de longueur, la déviation produite est précisément celle que comporte une épaisseur de quartz de 1 millimètre. Cela posé, pour faire l'analyse d'un sucre brut, on adopte toujours un poids normal de 16<sup>r</sup>,471 de sucre, qu'on fait dissoudre dans de l'eau, et le volume de la dissolution étant amené à 100 centimètres cubes, on en remplit le tube de 20 centimètres de longueur, et l'on observe le nombre indiqué par le vernier, quand on a retrouvé la teinte primitive. Ce nombre étant, par exemple, 42, on en conclut que cette dissolution contient, de sucre cristallisable, 42 pour 100 de ce que contenait la dissolution de sucre candi, et, par conséquent,

$16^{\text{r}},471 \times \frac{42}{100}$ , ou 6<sup>r},918. Toutefois ce résultat n'est exact qu'autant qu'on est</sup>

assuré que le sucre soumis à l'expérience n'est pas mélangé de sucre incristallisable ou d'une autre substance lévogyre. Alors, on a recours à l'inversion, c'est-à-dire qu'on transforme, au moyen de l'acide chlorhydrique, le sucre cristallisable, qui est dextrogyre, en sucre incristallisable, qui est lévogyre; puis on fait une nouvelle opération qui, combinée avec la première, donne la quantité du sucre cristallisable. Ne pouvant donner ici de plus grands développements sur ce sujet, nous renvoyons le lecteur à une brochure publiée par M. Clerget, en 1850, sur l'emploi du saccharimètre.

Il nous reste à faire connaître l'usage des cristaux et des lentilles *o*, *g*, *f*, *a*, placés à la suite du prisme *c* (fig. 434). Leur ensemble forme ce que Soleil a nommé le *producteur des teintes sensibles*. En effet, la teinte la plus sensible, c'est-à-dire celle qui permet de distinguer une différence très-faible dans la coloration des deux moitiés de la plaque de rotation, n'est pas la même pour tous les yeux; pour le plus grand nombre, c'est une nuance bleu violacé qui rappelle celle de la fleur de lin. Il importe donc de produire facilement cette teinte ou toute autre plus sensible à l'œil de l'observateur. Pour cela, en avant du prisme *c*, est d'abord une plaque de quartz *o* taillée perpendiculairement à l'axe, puis une petite lunette de Galilée (31), formée d'un verre biconvexe *g* et d'un verre biconcave *f*, pouvant se rapprocher entre

eux, ou s'écarter suivant la distance de la vue distincte de chaque observateur. Enfin, l'appareil se termine par un prisme de Nicol *a*, fixé dans un tube *t* qu'on tourne à volonté sur lui-même. Or, le prisme biréfringent *c* agissant comme polariseur par rapport au quartz *o*, et le prisme *a* comme analyseur, il en résulte que, lorsqu'on tourne ce dernier à droite ou à gauche, la lumière qui a traversé le prisme *c* et la plaque *o* change de teinte (371), et finit par donner celle que l'expérimentateur a adoptée pour teinte fixe.

**571. Analyse de l'urine des diabétiques.** — Dans la maladie connue sous le nom de *diabète sucré*, les urines sont chargées d'une forte quantité d'un sucre fermentescible qu'on nomme sucre de diabète. Ce sucre, à l'état naturel dans les urines, dévie le plan de polarisation vers la droite. Pour doser la quantité de sucre contenue dans les urines des diabétiques, on commence, si elles ne sont pas assez limpides, par les clarifier par le sous-acétate de plomb; on filtre, on remplit le tube *m* de l'urine ainsi clarifiée, puis on tourne le bouton *b* jusqu'à ce qu'on obtienne, pour la plaque à deux rotations, la même teinte qu'avant l'interposition de l'urine. L'expérience ayant appris que 100 parties de l'échelle du saccharimètre représentent le déplacement à donner aux quartz compensateurs lorsqu'il entre dans l'urine 25<sup>r</sup>,6 de sucre par litre, il en résulte que chaque division de l'échelle représente 2<sup>r</sup>,236 de sucre. Par conséquent, pour obtenir la quantité de sucre contenue dans une urine donnée, il faut multiplier 2<sup>r</sup>,236 par le nombre qu'indique le vernier au moment où l'on retrouve la teinte primitive.

#### \* COULEURS PRODUITES PAR L'INTERFÉRENCE DES RAYONS POLARISÉS.

**375. Lois de l'interférence des rayons polarisés.** — Après la découverte de la polarisation, Arago et Fresnel cherchèrent si les rayons polarisés présentaient entre eux les mêmes phénomènes d'interférence que les rayons non polarisés, et ce fut ainsi qu'ils arrivèrent à découvrir les lois suivantes: sur l'interférence de la lumière polarisée, et en même temps les brillants phénomènes de coloration décrits ci-après (376 et 381).

**1<sup>re</sup> Loi.** — Deux rayons polarisés dans le même plan interfèrent entre eux absolument comme deux rayons naturels.

**2<sup>e</sup> Loi.** — Deux rayons polarisés dans deux plans perpendiculaires n'interfèrent pas dans le cas où interféreraient deux rayons naturels.

**3<sup>e</sup> Loi.** — Deux rayons polarisés d'abord dans des plans perpendiculaires peuvent être amenés dans le même plan de polarisation, sans acquérir pour cela la propriété d'interférer entre eux.

**4<sup>e</sup> Loi.** — Deux rayons polarisés dans des plans perpendiculaires, et ramenés ensuite au même état de polarisation, interfèrent comme de la lumière ordinaire, s'ils ont été primitivement polarisés dans un même plan.

**5<sup>e</sup> Loi.** — Dans les phénomènes d'interférence par des rayons qui ont subi la double réfraction, le lieu des franges colorées n'est pas déterminé uniquement par la différence des routes ou des vitesses, car dans certaines circonstances il faut tenir compte d'une demi-ondulation en plus ou en moins.

Ces lois sont d'une grande importance, car ce sont elles qui donnent l'explication des diverses circonstances dans lesquelles les rayons polarisés donnent ou ne donnent pas lieu aux phénomènes de coloration qui vont être décrits.

**376. Teintes produites par la lumière polarisée en traversant les lames minces biréfringentes.** — En étudiant les propriétés de la lumière polarisée (364), on a vu qu'un faisceau de lumière polarisée par sa réflexion sur un premier miroir, ne se réfléchit plus sur un second, si les deux plans de réflexion sont perpendiculaires entre eux; ou encore que la lumière polarisée ne peut traverser une plaque de tourmaline dont l'axe est parallèle au plan de polarisa-

tion; enfin, que la lumière polarisée par son passage au travers d'un prisme biréfringent ne donne qu'une seule image quand le plan de la section principale de ce prisme est perpendiculaire ou parallèle au plan de polarisation. Or, dans ces diverses expériences, il suffit que la lumière, après être polarisée, traverse une lame mince de mica, de sulfate de chaux, de cristal de roche, de chaux carbonatée, ou de toute autre substance biréfringente, pour que les phénomènes soient entièrement changés.

Pour observer les effets qui se produisent alors, l'appareil le plus commode est celui de Noremborg (fig. 429 et 430). En *g* (fig. 430), est un prisme biréfringent, ou une tourmaline, ou un prisme de Nicol. La plaque mince cristallisée est placée sur l'écran *e*, ou en *p*, sur la glace étamée; mais il est à remarquer que, dans ce dernier cas, la lumière polarisée sur la glace non étamée *n* traverse deux fois la lame cristallisée placée en *p*, et que par suite on obtient le même effet que si la plaque n'était traversée qu'une fois par la lumière polarisée, elle avait une épaisseur double.

Or, l'analyseur placé en *g* étant un prisme biréfringent, on a vu (569) que tant qu'aucune lame cristallisée n'est encore placée sur l'appareil, le faisceau polarisé sur la glace *n* et renvoyé vers le prisme le traverse en subissant une double réfraction, d'où il résulte que l'œil placé au-dessus voit deux images de l'ouverture *e* percée au centre du diaphragme *a*. Ces deux images sont blanches et d'intensités inégales, et en faisant tourner le prisme sur son support, chacune d'elles s'affaiblit successivement et s'éteint toutes les fois que la section principale du prisme devient perpendiculaire ou parallèle au plan de polarisation du faisceau.

Cela posé, lorsqu'on interpose au-dessous du prisme une lame biréfringente, taillée parallèlement à l'axe, voici les phénomènes qu'on observe :

1° La section principale de la lame étant parallèle ou perpendiculaire au plan de polarisation du faisceau, l'œil aperçoit toujours deux images blanches qui subissent, lorsqu'on fait tourner le prisme biréfringent, les mêmes variations d'intensité que si la lame n'existait pas.

2° Lorsque la section principale de la lame n'est ni parallèle, ni perpendiculaire au plan de polarisation, les deux images sont colorées, et leurs couleurs sont complémentaires, car lorsqu'elles se superposent par leurs bords, la partie commune est blanche.

3° La lame restant fixe, si l'on fait tourner le prisme, les teintes des images ne changent pas, mais leur intensité varie, et le maximum d'éclat a lieu quand la section principale du prisme fait avec celle de la lame un angle de 45° ou de 135° degrés, c'est-à-dire dans les positions intermédiaires à celles qui correspondent au cas où les deux images sont blanches; de plus, les images échangent successivement entre elles leurs couleurs, en passant par le blanc, ce qui a lieu lorsque les sections principales du prisme et de la lame sont parallèles ou perpendiculaires entre elles.

En employant, pour analyseur, une tourmaline ou un prisme de Nicol au lieu d'un prisme biréfringent, on observe encore les mêmes phénomènes de coloration, seulement on n'a qu'une image.

577. **Influence de l'épaisseur des lames.** — Pour des lames de même substance, les teintes changent avec l'épaisseur et diminuent d'intensité à mesure que les lames sont plus épaisses. Il est même une limite d'épaisseur au delà de laquelle on n'obtient plus de coloration. Pour le mica, cette limite est de 88 centièmes de millimètre; pour la chaux sulfatée et le cristal de roche, de 45 centièmes; et pour le spath d'Islande, de 25 millièmes. C'est ce qui rend la coloration très-difficile à obtenir avec cette substance, à cause de la difficulté de la tailler en lames assez minces. Au contraire, pour le mica et la chaux sulfatée, qui se clivent facilement en lames extrêmement minces, l'expérience réussit très-bien.

On obtient d'une même lame des teintes différentes, en l'inclinant plus ou

moins par rapport au faisceau polarisé qui la traverse. Cela revient, en effet, à faire varier son épaisseur.

Pour une même substance, avec des lames d'épaisseur croissante, les teintes varient suivant les mêmes lois que les teintes des anneaux colorés de Newton correspondant à des couches d'air de plus en plus épaisses (562); seulement l'épaisseur de la lame cristallisée doit l'emporter de beaucoup sur celle de la couche d'air. En effet, pour une teinte de même ordre, l'épaisseur du mica doit être 440 fois celle de la couche d'air; pour le cristal de roche et la chaux sulfatée, 230 fois; et pour le spath d'Islande, 13 fois seulement.

578. **Théorie de la coloration produite par la lumière polarisée.** — En se fondant toujours sur la théorie des ondulations, Fresnel a donné une explication simple et complète des teintes produites par la lumière polarisée lorsqu'elle traverse des lames biréfringentes, en faisant voir que ces teintes ont pour cause l'inégale vitesse des rayons ordinaire et extraordinaire, après qu'ils ont traversé la lame biréfringente, inégalité d'où résultent, entre les deux systèmes d'ondulations, des retards ou des avances qui les placent dans des conditions convenables pour interférer, et par suite pour développer des couleurs (560).

Pour se rendre compte de la formation des couleurs par l'interférence des rayons polarisés qui ont traversé une lame biréfringente, considérons ce qui se passe dans l'expérience de l'appareil de Noremborg, décrite plus haut (569), et supposons que la lame cristallisée étant à un seul axe, cet axe fasse un angle de 45° avec le plan de polarisation du faisceau incident. A son passage au travers de la lame biréfringente, ce faisceau se partage en deux faisceaux, ordinaire et extraordinaire, d'égal intensité, et polarisés chacun dans un plan faisant avec le plan de polarisation primitif des angles de + 45° et - 45°; d'où il résulte que ces deux faisceaux sont polarisés dans deux plans rectangulaires entre eux, et que par suite il ne peut y avoir interférence d'après la deuxième loi d'Arago et Fresnel (375). Cela posé, soient *O* et *E* les deux faisceaux ordinaire et extraordinaire qui, sortant de la lame mince, viennent tomber sur le prisme biréfringent, dont nous supposons la section principale dans le plan de polarisation primitif; chacun des faisceaux *O* et *E*, en traversant le prisme, se divise respectivement en deux autres que nous désignerons par *O*<sub>0</sub> et *O*<sub>e</sub> pour le premier, et par *E*<sub>0</sub> et *E*<sub>e</sub> pour le second, ces quatre faisceaux ayant du reste la même intensité. Or, les faisceaux *E*<sub>0</sub> et *O*<sub>e</sub> sont parallèles, comme ayant le même indice de réfraction, et ne diffèrent entre eux que par un certain intervalle *d*; les faisceaux

*E*<sub>0</sub> et *O*<sub>0</sub> sont aussi parallèles, mais diffèrent par un intervalle  $d \pm \frac{1}{2}$  ondulation,

d'après le principe qu'en passant du rayon ordinaire au rayon extraordinaire, il faut tenir compte d'une demi-ondulation en plus ou en moins (375, 5<sup>e</sup> loi). Or, comme les rayons de chaque couple sont ramenés dans un même plan de polarisation, savoir, les rayons ordinaires *O*<sub>0</sub> et *E*<sub>0</sub> dans le plan de la section principale du prisme, et les rayons *O*<sub>e</sub> et *E*<sub>e</sub> dans un plan perpendiculaire au premier, il n'y a plus d'obstacle à l'interférence des rayons d'un même couple, et l'on voit apparaître des couleurs complémentaires dans les faisceaux qui correspondent aux intervalles *d* et *d* + un nombre impair de demi-ondulations.

Si l'on conçoit maintenant que la lame cristallisée soit traversée par un second faisceau polarisé dans un plan perpendiculaire au plan de polarisation ci-dessus, ce nouveau faisceau subira les mêmes divisions et subdivisions que le précédent, mais les intervalles de retard seront différents. En effet, le plan de polarisation du nouveau faisceau se rapportant maintenant à celui de la réfraction ordinaire, tandis que celui du premier faisceau se rapportait au plan de la réfraction extraordinaire, il en résulte une différence d'une demi-ondulation dans la position relative des deux systèmes d'ondes *O* et *E* à leur émergence; c'est-à-dire que l'intervalle qui était *d* dans le cas précédent, sera maintenant *d* moins un nombre

impair de demi-ondulations; et après la transmission au travers du prisme, les intervalles de retard des deux faisceaux seront respectivement  $d - \frac{n}{2}$  et  $d$ , au lieu de  $d$  et  $d + \frac{n}{2}$  qu'ils étaient d'abord,  $n$  étant un nombre impair. Ceci explique comment les deux faisceaux font un échange de couleurs lorsqu'on fait tourner le plan de polarisation de 90 degrés.

Il reste à chercher pourquoi il ne se produit pas de couleurs dans l'expérience ci-dessus, lorsque la lame cristallisée, au lieu d'être traversée par de la lumière polarisée, l'est par de la lumière naturelle. Or, on a vu (566) que la lumière naturelle peut toujours être regardée comme formée de deux faisceaux égaux polarisés à angle droit; d'où il résulte, d'après ce qui a été dit ci-dessus, que, lorsque la lame cristallisée est traversée par de la lumière naturelle, chaque faisceau émergent O et E donne lieu à deux couleurs complémentaires qui se superposent, et qui, étant de même intensité, produisent de la lumière blanche.

579. **Anneaux colorés produits par la lumière polarisée en traversant les lames biréfringentes.** — Dans l'expérience faite avec l'appareil de Noremberg et décrite précédemment (370), la lame cristallisée étant traversée perpendiculairement à ses faces par un faisceau de lumière parallèle, toutes les parties de la



Fig. 438.



Fig. 439.

lame agissent de la même manière, et l'on a partout la même teinte. Or, les effets ne sont plus les mêmes lorsque les rayons incidents traversent la lame sous des obliquités différentes, car cela revient à des épaisseurs inégales; d'où résultent des anneaux tout à fait semblables aux anneaux de Newton (562).

Le meilleur appareil pour observer ces nouveaux phénomènes est la *pince à tourmaline*. On nomme ainsi un petit instrument qui se compose de deux tourmalines taillées parallèlement à l'axe, et enchâssées chacune dans un disque de cuivre. Ces deux disques, qui sont percés à leur centre et noircis, sont eux-mêmes montés dans deux anneaux de fil de cuivre argenté, lequel s'enroule sur lui-même, comme le montre la figure 439, de manière à former ressort et à faire appliquer l'une contre l'autre les deux tourmalines. Celles-ci tournant avec les disques, on les dispose à volonté, de sorte que leurs axes soient parallèles ou perpendiculaires entre eux.

Cela posé, le cristal sur lequel on veut expérimenter étant fixé au centre d'un disque de liège (fig. 438), on place celui-ci entre les deux tourmalines, puis on applique la pince en avant de l'œil de manière à recevoir la lumière diffuse du ciel. La tourmaline opposée à l'œil agit alors comme polariseur, et l'autre comme analyseur (568). Si le cristal qu'on observe ainsi, étant à un seul axe et taillé perpendiculairement à l'axe, est éclairé par une lumière simple, de la lumière rouge, par exemple, on voit se produire une série d'anneaux circulaires alternativement rouges et obscurs. Avec une autre couleur simple, on obtient des anneaux semblables, mais leur diamètre augmente avec la réfrangibilité de la couleur. Au contraire, le diamètre des anneaux diminue quand l'épaisseur des lames augmente, et au delà d'une certaine épaisseur il ne s'en produit plus. Si, au lieu d'éclairer les lames avec de la lumière homogène, on les éclaire avec de la lumière blanche, comme les anneaux de différentes teintes qui se produisent alors n'ont pas le même diamètre, ils se superposent en partie, en produisant des anneaux irisés très-brillants.

La position du cristal est sans influence sur les anneaux, mais il n'est pas de

même de la position relative des deux tourmalines. Par exemple, en expérimentant sur un spath d'Islande taillé perpendiculairement à l'axe, et de 1 à 20 millimètres d'épaisseur, lorsque les axes des tourmalines sont perpendiculaires entre eux, on observe une belle série d'anneaux vivement colorés et traversés par une croix noire, comme le montre la figure 440; si les axes des tourmalines sont parallèles, les anneaux se colorent de teintes complémentaires de celles qu'ils avaient d'abord, et ils sont alors traversés par une croix blanche (fig. 441).



Fig. 440.



Fig. 441.



Fig. 442.

Pour se rendre compte de la formation des anneaux par la lumière polarisée en traversant les lames biréfringentes, il faut observer que, dans le cas que nous considérons, ces lames sont traversées par un faisceau conique convergent dont le sommet est l'œil de l'observateur. D'où il suit que l'épaisseur de la lame que doivent traverser les rayons augmente avec leur divergence, mais que pour des rayons de même obliquité, cette épaisseur est la même; d'où résultent des différences de vitesse du rayon ordinaire et du rayon extraordinaire qui expliquent la formation des couleurs et leur disposition circulaire autour de l'axe du faisceau et du cristal. Quant à la croix noire, elle est due à ce que la lumière polarisée est absorbée dans le plan de la section principale de la tourmaline et dans le plan perpendiculaire.

On observe des effets analogues avec tous les cristaux à un axe, comme la tourmaline, l'émeraude, le corindon, le beryl, le mica, le phosphate de plomb, le prussiate de potasse, le cristal de roche. Toutefois, avec ce dernier, la croix disparaît par un effet de polarisation rotatoire (571).

580. **Anneaux dans les cristaux à deux axes.** — Dans les cristaux à deux axes, il se produit encore des anneaux colorés, mais d'une forme plus compliquée. Les bandes colorées, au lieu d'être circulaires et concentriques, présentent alors



Fig. 443.

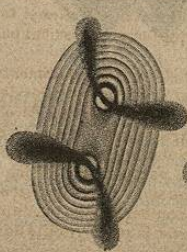


Fig. 444.



Fig. 445.

la forme de courbes à deux centres, le centre de chaque système correspondant à l'un des axes du cristal. Les figures 443, 444 et 445 représentent les courbes que donne avec la pince à tourmaline l'azotate de potasse taillé perpendiculairement à

l'axe. Quand les axes des deux tourmalines sont rectangulaires, on a la figure 443; puis, en tournant lentement le cristal, sans changer les tourmalines, on passe par la figure 444, pour arriver à la figure 445, lorsqu'on a tourné de 45 degrés. Si les axes des tourmalines sont parallèles, on obtient les mêmes courbes colorées, mais leurs teintes sont supplémentaires et la croix noire se change en croix blanche. Si l'angle des deux axes du cristal dépasse 20 à 25 degrés, on ne peut voir à la fois les deux systèmes de courbes : c'est ce qui arrive, par exemple, pour l'aragonite, qui donne la figure 442.

Herschel, qui a mesuré avec soin les anneaux donnés par les cristaux à deux axes, es rapporte au genre de courbe connu en géométrie sous le nom de *lemniscate*.

581. **Coloration produite par le verre trempé ou comprimé.** — Le verre ordinaire n'est pas doué de la double réfraction, mais il acquiert cette propriété si, par une cause quelconque, son élasticité est modifiée dans une direction plus que dans l'autre. Pour cela, il suffit de le comprimer fortement dans un sens, de le

Fig. 446.



Fig. 447.

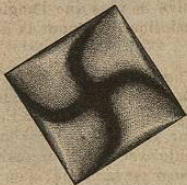


Fig. 449.

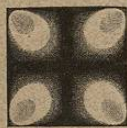
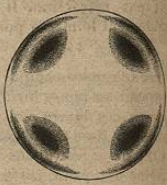


Fig. 448.

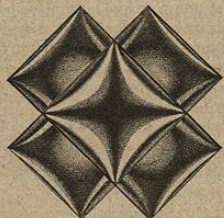


Fig. 451.

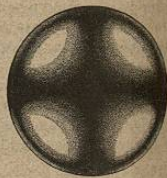


Fig. 450.

courber, ou de le tremper, c'est-à-dire de le refroidir rapidement après l'avoir chauffé. Si le verre est alors traversé par un faisceau de lumière polarisée, on obtient des effets de coloration tout à fait analogues à ceux observés ci-dessus dans les cristaux biréfringents, mais beaucoup plus variés, selon la forme circulaire, carrée, rectangulaire, triangulaire, qu'on donne aux plaques de verre, et suivant le degré de tension de leurs particules.

Le polariseur étant une glace de verre noir sur laquelle on reçoit la lumière des nues, et l'analyseur un prisme de Nicol au travers duquel on regarde les plaques de verre traversées par la lumière polarisée, les figures 446, 447 et 448 représentent les dessins qu'on observe en faisant tourner successivement, dans son propre plan, une plaque carrée de verre trempé. Les figures 449 et 450 représentent les dessins que donne, dans le même cas, une plaque circulaire, et la figure 451 le dessin fourni par deux plaques rectangulaires superposées; dessin qui varie, lui aussi, lorsqu'on fait tourner le système des plaques.

Les verres comprimés, ou courbés, présentent des effets de même genre, et qui varient dans les mêmes conditions.

582. **Polarisation du calorique.** — De même que la lumière, le calorique peut se polariser par réflexion et par réfraction (364); mais les recherches à ce sujet présentent de grandes difficultés. Les premières furent faites en 1810 par Bérard et Malus lui-même; ce dernier étant mort, Bérard les continua seul.

Dans les expériences de ce savant, les rayons calorifiques réfléchis sur une première glace étaient reçus sur une deuxième, comme dans l'appareil de Noremberg (fig. 429), et de là tombaient sur un petit réflecteur métallique qui les concentrait sur la boule d'un thermomètre différentiel. Bérard observa ainsi un minimum d'intensité quand le plan de réflexion, sur la seconde glace, était perpendiculaire au plan de réflexion sur la première. Ce phénomène étant le même que celui que présente la lumière dans la même expérience (364), Bérard en conclut que le calorique se polarisait en se réfléchissant sur la première glace.

Melloni a appliqué son thermo-multiplicateur à l'étude de la polarisation du calorique, et en faisant passer les rayons calorifiques au travers de deux tourmalines parallèles, ou au travers de deux piles de mica, il a constaté qu'ils se polarisent par réfraction. Il a trouvé de plus que l'angle de polarisation (365) est sensiblement le même pour le calorique que pour la lumière.